



Universidades Lusíada

Castro, Bruno Miguel Pinto Coelho de

Análise emergética em edifícios de construção em madeira

<http://hdl.handle.net/11067/5973>

Metadados

Data de Publicação

2020

Resumo

A sustentabilidade é um tema de ampla discussão nos dias de hoje, muito motivado pelos impactos negativos que as diversas atividades humanas provocam no meio ambiente. A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade do ser humano interagir no mundo, preservando o meio ambiente, de modo a não comprometer a disponibilidade de recursos naturais para as gerações futuras. A sustentabilidade deve ser analisada recorrendo ao estudo de diversas variáveis interdependentes, pois integra, entre out...

Sustainability is a topic of wide discussion these days due to the negative impacts that the different human activities have on the environment. Sustainability can be described as the ability of humans to interact with the world while preserving the environment without compromise the availability of natural resources for future generations. Sustainability has to be analyzed and understood through the study of several interdependent variables, since it integrates, among other aspects, social, eco...

Palavras Chave

Gestão industrial, Emergia, Sustentabilidade, Madeira

Tipo

masterThesis

Revisão de Pares

no

Coleções

[ULF-FET] Dissertações

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-10-02T02:36:11Z com informação proveniente do Repositório



FACULDADE DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS
Universidade Lusíada – Norte, *Campus* de Vila Nova de Famalicão

**ANÁLISE EMERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE
CONSTRUÇÃO EM MADEIRA**

Bruno Miguel Pinto Coelho de Castro

Relatório Final, realizado no âmbito da Dissertação de Mestrado em
Engenharia e Gestão Industrial

novembro, 2020

FACULDADE DE ENGENHARIAS E TECNOLOGIAS
Universidade Lusíada – Norte, *Campus* de Vila Nova de Famalicão

**ANÁLISE EMERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE
CONSTRUÇÃO EM MADEIRA**

Bruno Miguel Pinto Coelho de Castro

Relatório Final, realizado no âmbito da Dissertação de Mestrado em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientador: Professor Doutor Carlos Rego de Oliveira

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Carlos Rego por todo o apoio prestado na execução deste trabalho.

À minha família, a minha grande fonte de inspiração.

Aos colegas, colaboradores, parceiros de negócio e demais pessoas com quem me cruzei ao longo do meu percurso profissional e académico, que foram fundamentais no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Resumo

A sustentabilidade é um tema de ampla discussão nos dias de hoje, muito motivado pelos impactos negativos que as diversas atividades humanas provocam no meio ambiente. A sustentabilidade pode ser entendida como a capacidade do ser humano interagir no mundo, preservando o meio ambiente, de modo a não comprometer a disponibilidade de recursos naturais para as gerações futuras. A sustentabilidade deve ser analisada recorrendo ao estudo de diversas variáveis interdependentes, pois integra, entre outros aspetos, questões ambientais, económicas e sociais.

Nos países industrializados, cerca de 30 a 40% dos seus recursos naturais são usados no setor da construção, logo é relevante analisar este setor do ponto de vista da sustentabilidade. Este é um setor que consome de forma intensiva um vasto conjunto de recursos naturais, materiais e energia. Trata-se, contudo, de um setor importantíssimo para a economia de qualquer país, pois, além de ser gerador de empregos diretos, impulsiona indiretamente vários setores de atividade.

A análise emergética é uma metodologia que permite quantificar e comparar todos os recursos necessários para produzir um determinado bem ou serviço, considerando todas as transformações energéticas que deram origem ao mesmo. Para isso, todos os recursos, naturais e económicos, são convertidos numa unidade única, o joule de energia solar (sej). Da avaliação emergética resulta uma série de índices que caracterizam um sistema em termos energéticos, ambientais e económicos e avaliam a sua sustentabilidade.

Este trabalho consiste na avaliação emergética de soluções construtivas em madeira, para o mercado residencial, especificamente de construções do tipo estrutura ligeira e do tipo troncos de madeira.

Da análise efetuada resultou um conjunto de valores e índices emergéticos, sendo que os mais relevantes e mais facilmente comparáveis com os de trabalhos de outros autores são o fluxo anual de energia, a energia total por unidade de área e a energia total por unidade de volume. Os valores obtidos foram: para a construção do tipo estrutura ligeira, $1,43E+17$ sej, $1,55E+15$ sej/m² e $5,75E+14$ sej/m³, respetivamente; e, para a solução construtiva em tipo troncos de madeira, $1,38E+17$ sej, $1,50E+15$ sej/m² e $5,54E+14$ sej/m³, respetivamente. Pode-se concluir que a solução construtiva do tipo troncos de madeira é menos onerosa em termos ambientais e mais eficiente no uso de recursos do que a construção do tipo estrutura ligeira.

Os resultados obtidos são consistentes com os da literatura e contribuem para aumentar a base de dados de referência para análises emergéticas e promover a aplicação da metodologia na análise de sistemas, em particular no setor da construção.

Palavras-Chave: Energia, Sustentabilidade, Construção, Madeira

Abstract

Sustainability is a topic of wide discussion these days due to the negative impacts that the different human activities have on the environment. Sustainability can be described as the ability of humans to interact with the world while preserving the environment without compromise the availability of natural resources for future generations. Sustainability has to be analyzed and understood through the study of several interdependent variables, since it integrates, among other aspects, social, economic and environmental issues.

In industrialized countries, 30 to 40% of their natural resources are used in the construction sector, therefore it is relevant to analyze this sector from the sustainability point of view. As previously mentioned, the construction sector is in its genesis a sector that intensively consumes a vast set of natural resources, materials and energy. However, it is an extremely important sector for any country's economy because in addition to directly generation of wealth, indirectly drives various sectors of activity.

Emergy analysis is a methodology that allows the quantification of all the resources needed to produce a product or service, considering all the energy transformations. To attain that, all resources used in the activity to be analyzed, natural and economic resources are converted into a single unit, the Solar Emergy Joule (sej). This results in a series of indexes that characterize a system in energy, environmental and economic terms and assess its sustainability.

This work consists of the emergy evaluation of construction solutions in wood, for the residential sector, specifically construction in timber frame and in wood logs.

The analysis carried out resulted in a set of values and emergy indexes, the most relevant and most easily comparable with the works of other authors are, total emergy, emergy per area and emergy per volume.

From this analysis results in a total emergy value of $1,43E+17$ sej, $1,55E+15$ sej/m², and $5,75E+14$ sej/m³ for the timber frame construction. In the construction on wood logs, the total emergy value results of total emergy value of $1,38E+17$ sej and the value of $1,50E+15$ sej/m² and $5,54E+14$ sej/m³. It can be concluded that the constructive solution in wood in logs is less expensive in environmental terms than the timber frame construction.

The results obtained are consistent with those of the literature and contribute to increase the reference database for emergy studies and promote the application of the methodology in systems analysis, particularly in the construction sector.

Key Words: Sustainability, Construction, Emergy, Wood

Índice

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract	v
Índice.....	vi
Lista de figuras.....	viii
Lista de tabelas.....	ix
Lista de abreviaturas	x
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos	2
1.3 Metodologia	2
1.4 Estrutura do relatório.....	3
2. Sustentabilidade	5
2.1 Ambiente e sustentabilidade.....	5
2.2 Alterações climáticas.....	5
2.3 Aquecimento global	7
2.4 Consequências do aquecimento global.....	9
2.5 Urgência na luta contra as alterações climáticas	10
2.6 Sustentabilidade na sociedade	12
2.7 A análise emergética como ferramenta para a sustentabilidade.....	13
3. Energia	14
3.1 Introdução à teoria emergética	14
3.2 Bases teóricas da metodologia emergética.....	15
3.3 Conceito de transformidade	18
3.4 Cálculo do valor emergético	21
4. Metodologia emergética.....	23
4.1 Construção do diagrama de fluxos de energia.....	23
4.2 Método de construção da tabela de avaliação emergética.....	26
4.3 Cálculo dos índices emergéticos	27
4.3.1 Diagrama agregado dos fluxos de energia	28
4.3.2 Índices emergéticos.....	29
5. Sustentabilidade em edifícios.....	32
5.1 Certificação energética.....	32

5.2	Sistemas de certificação de sustentabilidade em edifícios	34
5.3	Conceito de ciclo de vida de elementos construtivos	36
5.3.1	Fases do ciclo de vida.....	37
5.3.2	Custo total do ciclo de vida do edifício.....	37
5.4	Aplicação da metodologia emergética em edifícios.....	38
5.5	Apresentação dos dados recolhidos.....	38
6.	Análise emergética de construções em madeira.....	43
6.1	Madeira como material de construção.....	43
6.2	Definição da tipologia da construção a analisar	44
6.3	Consulta ao mercado	45
6.4	Memória descritiva.....	50
6.5	Mapa de quantidades e conversão de valores.....	51
6.6	Aplicação da metodologia emergética	54
6.6.1	Construção do diagrama de fluxos de energia.....	54
6.6.2	Construção da tabela de avaliação emergética.....	55
6.6.2.1	Habitação em madeira do tipo Estrutura Ligeira.....	55
6.6.2.2	Habitação em madeira do tipo Troncos de Madeira.....	59
6.6.3	Cálculo dos índices emergéticos	63
6.7	Comparação dos resultados obtidos com os de outros trabalhos	65
6.8	Análise dos índices obtidos	67
7.	Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros	69
	Referências bibliográficas	71
	Anexo A – Fichas técnicas de alguns materiais de construção	77
	Apêndice A – Elementos construtivos	90

Lista de figuras

Figura 2.1 - Planisfério representando o aquecimento global (IPCC, 2013).....	7
Figura 2.2 - Comportamento da radiação solar incidente na superfície terrestre (Houghton <i>et al.</i> , 1990).	8
Figura 2.3 - Planisfério da vulnerabilidade à desertificação (United States Department of Agriculture, 1998).	11
Figura 2.4 - Evolução da subida do nível médio da água do mar (Blunden, 2019).	11
Figura 2.5 - As três áreas da Sustentabilidade (adaptado de Henriques, 2008).	12
Figura 3.1 - Sistema formado pelo ambiente, energia e geo-biosfera (Odum, 1996).	14
Figura 3.2 - Diagrama de uma transformação energética (adaptado de Odum, 1998).....	19
Figura 3.3 - Diagrama da hierarquia dos processos de transformação energética (Odum, 1988)...	20
Figura 4.1 - Diagrama de fluxos energéticos de uma cidade (Brown, 2010).	24
Figura 4.2 - Símbolos da Linguagem dos Sistemas de Energia (Martins, 2010).	25
Figura 4.3 - Ilustração de um diagrama agregado de fluxos de energia (Martins, 2010).....	28
Figura 5.1 - Processo do ciclo de vida de um edifício sustentável (Santo, 2010).	37
Figura 6.1 - Planta de uma habitação tipo T2.....	45
Figura 6.2 - Construção Pré-Fabricada (Adria, s.d.).	45
Figura 6.3 - Construção Modular (DiscoverCasa, s.d.).	46
Figura 6.4 - Casa tipo cabana (Avrame, s.d.).	46
Figura 6.5 - Construção em Blocos de Madeira 1 (BRICAWOOD, s.d.).	46
Figura 6.6 - Construção em Blocos de Madeira 2 (BRICAWOOD, s.d.).	47
Figura 6.7 - Construção de Casa Modular em Papel (WINKKLEHOUSE, s.d.).	47
Figura 6.8 - Casas tipo Troncos de Madeira (LOGDOMUS, s.d.).....	47
Figura 6.9 - Casas tipo Estrutura Ligeira (Rusticasa, s. d.).	48
Figura 6.10 - Diagrama emergético de construção da habitação (adaptado de Pulselli <i>et al.</i> , 2007).	55
Figura 6.11 - Gráfico com distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso – tipo Estrutura Ligeira.....	58
Figura 6.12 - Gráfico com distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso económico – tipo Estrutura Ligeira.	59
Figura 6.13 - Gráfico com distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso – tipo Troncos de Madeira.....	62
Figura 6.14 - Gráfico com a distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso económico – tipo Troncos de Madeira.	63
Figura 6.15 - Diagrama agregado da construção (adaptado de Pulselli <i>et al.</i> , 2007).	64

Lista de tabelas

Tabela 4.1 - Formato de uma tabela típica usada na avaliação energética (Martins, 2010).....	26
Tabela 5.1 – Comparação entre os valores de energia da construção de vários autores	42
Tabela 6.1 - Mapa de quantidades das construções de madeira em estudo.....	52
Tabela 6.2 - Tabela de conversão de quantidades para a unidade de massa (kg).....	53
Tabela 6.3 - Tabela energética da construção em tipo Estrutura Ligeira.	57
Tabela 6.4 - Fluxos económicos de mão de obra e materiais na construção tipo Estrutura Ligeira.	58
Tabela 6.5 - Tabela energética para construção tipo Troncos de Madeira.	61
Tabela 6.6 - Fluxos económicos de mão de obra e materiais na construção tipo Troncos de Madeira.	62
Tabela 6.7 - Resumo dos fluxos energéticos económicos e da natureza na construção tipo Estrutura Ligeira.	64
Tabela 6.8 - Resumo dos fluxos energéticos económicos e da natureza na construção tipo Troncos de Madeira.....	65
Tabela 6.9 - Valores de energia dos recursos agregados e dos índices energéticos.....	65
Tabela 6.10 - Comparação dos resultados obtidos com os de Carvalho <i>et al.</i> (2009a).....	65
Tabela 6.11 - Comparação dos resultados obtidos com os de Carvalho <i>et al.</i> (2009a), excluindo os recursos não renováveis.	66
Tabela 6.12 - Comparação dos resultados obtidos com os de outros trabalhos.	67

Lista de abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
AEA	Agência Europeia do Ambiente
BEPAC	Building Environmental Performance Assessment Criteria
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
CASBEE	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency
CCE	Centro para a Conservação da Energia
CNUCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
EER	Razão de Intercâmbio Emergético
EIR	Razão de Investimento Emergético
EIS	Índice de Sustentabilidade
ELR	Razão de Carga Ambiental
EYR	Razão de Rendimento Emergético
F	Recursos Provenientes da Economia
HQE	Haute Qualité Environnementale des Bâtiments
IMPIC	Instituto dos Mercados Públicos do Imobiliário e da Construção
IPCC	Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas
ISO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy & Environmental Design
LESO	Solar Energy Physics Laboratory
LiderA	Liderar pelo Ambiente
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LSE	Linguagem dos Sistemas de Energia
M	Materiais
MDF	Medium Density Fiberboard
N	Recursos Não Renováveis da Natureza
NABERS	National Australian Buildings Environmental Rating System
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NZEB	Net Zero Energy Building
ONU	Organização das Nações Unidas
OSB	Oriented Strand Board
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PANCD	Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação
PIB	Produto Interno Bruto

PVC	Policloreto de Vinilo
R	Recursos Renováveis da Natureza
RCCTE	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
REN	Renovabilidade emergética
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
RSECE	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios
S	Serviços
SCE	Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios
Tr	Transformidade solar dos produtos
SI	Sistema Internacional
UE	União Europeia
UEV	Valor Unitário Emergético
XPS	Poliestireno Extrudido
Y	Fluxo de Saída (Produto ou Serviço)

1. Introdução

1.1 Enquadramento

A sustentabilidade é um tema que assume elevada importância nos dias de hoje, existindo uma mobilização generalizada, nos mais diversos setores da sociedade, para esta problemática. A sensibilização para este tema é muito motivada pelas graves consequências de fenómenos climatéricos extremos que ocorrem a uma escala global, sendo urgente agir concertadamente. Nas últimas décadas tem-se verificado, com elevada frequência, fenómenos climatéricos extremos e de grande dimensão que provocam elevados danos materiais e tragédias humanas. Estas catástrofes projetam junto da opinião pública um cenário crítico que motiva a que algo tenha de ser feito, de forma urgente e concreta, com vista a minimizar o impacto da ação do homem no planeta.

Citando Hans Bruyninx, Diretor executivo da Agência Europeia do Ambiente (AEA), *“Attention is often on efforts to reduce greenhouse gas emissions, and for good reason. But adaptation is inevitable, so it is positive that there is now political focus on this issue across Europe. Many countries now need to turn plans into action”* (European Environment Agency, 2014), constata-se que a necessidade de reduzir a emissão de gases com efeito de estufa é urgente, pelo que devem ser tomadas ações nesse sentido.

A indústria da construção civil nos países industrializados é responsável pela extração de 30 a 40% dos recursos naturais (Pulselli *et al.*, 2007), sendo por isso importante analisar este setor de atividade quanto ao seu impacto no meio ambiente. É necessário analisar a atividade da construção em termos de sustentabilidade, em particular no que diz respeito aos edifícios ao longo do seu ciclo de vida.

Segundo o Relatório Semestral do Setor da Construção em Portugal, correspondente ao 1.º Semestre de 2018, realizado pelo Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção (IMPIC, 2018), organismo da dependência do Ministério do Planeamento e das Infraestruturas em Portugal, face à retoma económica dos últimos anos, constata-se que, no referido semestre, foram licenciados cerca de 10.983 edifícios, representando uma subida de 12,6% face ao período homólogo. O mesmo relatório refere que os licenciamentos para construções no segmento residencial registaram um aumento de 25%.

A atividade da construção impulsiona diversas empresas industriais e de serviços ao longo da sua cadeia de negócio. Resultando daí que seja considerado um dos setores impulsionadores da economia nacional, não só pelo seu peso específico na geração de riqueza, mas também como setor gerador de emprego.

Segundo o relatório “Energia em Números” (Observatório da Energia, DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia, e ADENE – Agência para a Energia, 2019), em Portugal existiam em 2017, cerca de 3,5 milhões de edifícios, representando o seu consumo energético cerca de 30% do consumo total de energia primária do país. Estes dados vêm reforçar a ideia de que os edifícios são consumidores intensivos de energia, pelo que, durante o seu ciclo de vida, devem ser considerados os seus custos e impactos no meio ambiente. Este perfil de consumo energético pode ser melhorado, recorrendo a soluções técnicas e construtivas mais eficientes, preferencialmente definidas na fase de projeto, mas devendo também ser adotadas aquando os trabalhos de reconstrução.

Num momento em que temas como sustentabilidade, descarbonização da atividade humana, alterações climáticas, economia circular e ambiente, estão fortemente presentes na atualidade como prioridades governativas e de grande parte da sociedade, a existência de ferramentas de análise, como a metodologia emergética, tem um papel relevante no auxílio à tomada de decisões no sentido de aumentar a eficiência e a sustentabilidade no setor da construção.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é fazer uma análise emergética de construções em madeira e, deste modo, determinar índices que caracterizem essas construções em termos energéticos, ambientais e económicos e que avaliem a sua sustentabilidade.

Pretende-se comparar os valores dos índices energéticos de soluções construtivas em madeira, com os de outros tipos de construções, obtidos em trabalhos e publicações científicas internacionais.

O foco deste trabalho é na fase de construção, nos materiais e metodologias construtivas.

Pretende-se, de uma maneira geral, aumentar a base de dados de referência para análises energéticas e promover a aplicação da metodologia na análise de sistemas, mais concretamente, no setor da construção.

1.3 Metodologia

Este trabalho consistiu na realização de um estudo exploratório da teoria fundamentada sobre Energia, com base na revisão de conceitos e de literatura. Este conhecimento foi aplicado a um estudo de caso para análise de estruturas construtivas em madeira. Iniciou-se com uma revisão bibliográfica sobre o tema da análise emergética aplicada a edifícios, tendo sido feita uma

compilação de diversos artigos científicos, maioritariamente de publicações internacionais, visto que os trabalhos realizados em Portugal sobre emergia são escassos. Seguidamente foi realizada uma pesquisa bibliográfica sobre o tema da sustentabilidade em edifícios e sobre as soluções construtivas em madeira existentes, para a área residencial.

Feita a relação entre emergia e sustentabilidade em edifícios, e selecionados os tipos de construção em madeira a analisar, foi então aplicada a metodologia emergética de modo a caracterizar as construções em termos energéticos, ambientais e económicos e avaliar a sua sustentabilidade.

Na metodologia emergética começa-se por se fazer um levantamento de todos os materiais e serviços requeridos pelo sistema em estudo, neste caso, às soluções construtivas em madeira. Seguidamente constrói-se o diagrama de fluxos de energia e a tabela emergética correspondente, agregam-se os diferentes recursos por categorias e calculam-se os índices emergéticos.

Uma vez efetuada a análise emergética, os resultados obtidos foram comparados com os recolhidos na revisão bibliográfica, relativa a construções em madeira e também em outras soluções construtivas.

1.4 Estrutura do relatório

O presente trabalho está organizado em sete capítulos, incluindo o presente. O segundo capítulo consiste no enquadramento do tema sustentabilidade e a sua importância nos dias de hoje, face à urgência de mitigar os efeitos das alterações climáticas. Salienta-se a importância da avaliação deste parâmetro no setor da construção civil, visto que este setor de atividade tem na sua génese o uso intensivo de recursos naturais e energia.

No terceiro capítulo, faz-se a introdução à teoria da emergia, criada por Howard T. Odum, partindo das suas bases teóricas, a teoria dos sistemas e a termodinâmica, até aos últimos desenvolvimentos. A metodologia emergética apresenta-se no quarto capítulo, referenciando a simbologia, a construção dos diagramas de fluxos de energia, tabelas de avaliação emergética e, por último, a explicação dos diferentes índices que podem ser obtidos. Segue-se, no quinto capítulo, a introdução do conceito de sustentabilidade no setor da construção, particularmente nos edifícios, descrevendo as metodologias e sistemas já implementados. Ainda neste capítulo, aborda-se o conceito de ciclo de vida.

No sexto capítulo, aplicando metodologia emergética, desenvolve-se a análise da construção de um edifício residencial em madeira, utilizando dois sistemas distintos e comparam-se os valores obtidos com os valores da revisão bibliográfica.

No sétimo capítulo são apresentadas as conclusões e, por fim, encontram-se as referências bibliográficas, anexos e apêndices.

2. Sustentabilidade

2.1 Ambiente e sustentabilidade

São diversas as publicações oficiais da Organização das Nações Unidas (ONU) nas quais são apresentadas evidências de que a pressão que a sociedade moderna exerce sobre o planeta influencia de forma negativa, e muitas das vezes de forma irreversível, os ecossistemas.

O relatório da ONU sobre biodiversidade, liderado por Robert Watson, apresentado na conferência sobre Biodiversidade, em Paris, no mês de maio de 2019 (ONU, 2019), refere que 75% do meio ambiente terrestre foi severamente prejudicado pelas atividades humanas, desde a desflorestação, agricultura intensiva, pesca excessiva, urbanização desenfreada, entre outros. O mesmo estudo salienta ainda que 66% do ambiente marinho foi igualmente lesado, podendo-se assim constatar que a ação humana tem impactos extremamente negativos em todos os ecossistemas. Como resultado disso, entre as oito milhões de espécies (animais e vegetais), que se estima existirem no planeta Terra, cerca de um milhão, estão ameaçadas de extinção, citando o referido autor, o qual afirma, "muitas delas já nas próximas décadas".

Com base nestes dados, constata-se que o meio ambiente está comprometido, a preservação das espécies animais e vegetais atingiu pontos de rotura, sendo que, em alguns casos, demorar-se-á décadas a repor o equilíbrio dos ecossistemas e outros são totalmente irreversíveis e a extinção iminente.

Os desenvolvimentos económicos e sociais devem ter critérios de ação que garantam a preservação do meio ambiente. Assim sendo, a sustentabilidade visa regular as diferentes atividades humanas de modo a que as necessidades atuais sejam suprimidas, contudo sem nunca comprometer a disponibilidade de recursos para as gerações futuras (Brundtland, 1987).

A sustentabilidade está diretamente relacionada com o desenvolvimento económico e social sem danificar o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma racional para que eles se mantenham no futuro.

2.2 Alterações climáticas

As alterações climáticas caracterizam-se por uma mudança significativa e prolongada na distribuição estatística dos padrões meteorológicos que decorre ao longo de um período de tempo, de décadas ou até de milénios. Este fenómeno pode manifestar-se numa mudança das condições

atmosféricas médias, ou numa distribuição de estados do tempo em torno das mesmas, com a maior ou menor ocorrência de fenómenos climáticos extremos (União Europeia, 2016).

O clima resulta da variação de elementos meteorológicos, tais como: a temperatura, a humidade, a pressão atmosférica, o vento, a precipitação, a concentração de partículas atmosféricas, entre outros. Estas variações ocorrem numa dada região e durante longos períodos de tempo. Uma particularidade do clima são as suas variações naturais, que se verificam anualmente, como é o caso da irregularidade das estações do ano. Esta variabilidade climática é normal e é o resultado do próprio sistema terrestre, da inconstância das correntes marítimas, da atividade vulcânica, da radiação solar, entre outros fatores. Além disso, o clima manifesta-se também pela ocorrência de fenómenos extremos, tais como: trombas de água, temperaturas elevadas (ou baixas) prolongadas no tempo, queda de granizo, tornados e furacões. De referir que estes fenómenos funcionam como mecanismos de equalização e regularização dos sistemas climáticos.

Nas últimas décadas, são vários os estudos de diversas organizações que têm demonstrado que o clima está a aquecer numa dimensão global. Exemplo disso é apresentado na “Síntese do Quinto Relatório de Avaliação” do Painel Intergovernamental para as Alterações Climáticas (IPCC) (2013), dirigido aos decisores políticos, publicado em outubro de 2013, que declara: “O aquecimento do sistema climático é inquestionável. Desde a década de 1950, têm-se vindo a observar inúmeras mudanças sem precedentes, comparativamente às últimas dezenas ou mesmo milhares de anos. A atmosfera e os oceanos aqueceram, a quantidade de neve e de gelo diminuiu, o nível médio das águas do mar subiu e a concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera aumentou” (IPCC, 2013).

O mesmo relatório ilustra as variações da temperatura global desde o final do século XIX através das imagens fornecidas pela National Aeronautics and Space Administration (NASA), conforme a figura 2.1 (a) e (b).

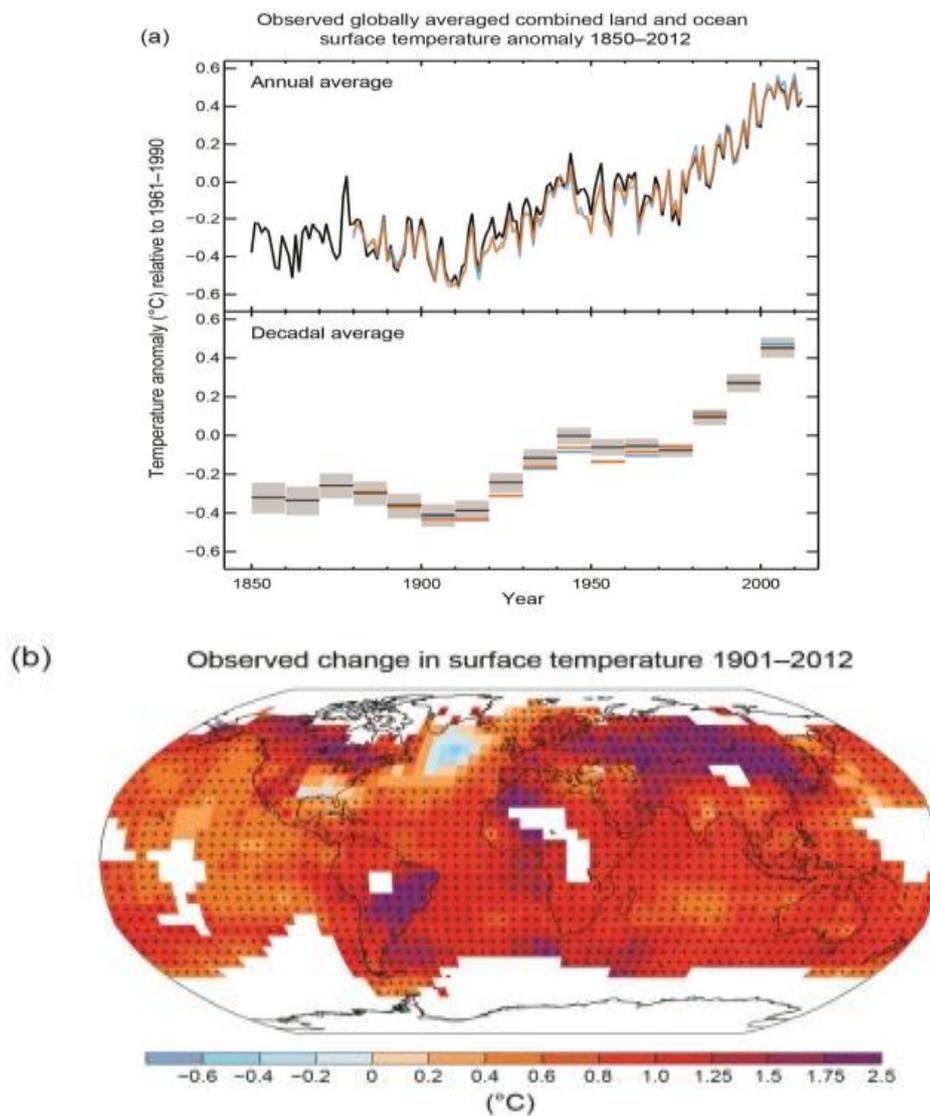


Figura 2.1 - Planisfério representando o aquecimento global (IPCC, 2013).

Com base neste relatório, torna-se evidente que, no último século, a temperatura média ambiente aumentou significativamente, podendo-se também constatar a existência de zonas do planeta em que este aumento é severo, como é caso do continente Sul Americano, Ásia e nos oceanos.

2.3 Aquecimento global

A vida na Terra só é possível devido ao chamado “efeito de estufa”, um fenômeno natural que é responsável por manter as temperaturas na superfície do planeta em valores adequados para as diferentes formas de vida. Quando a radiação solar atinge a atmosfera terrestre, uma parte é

refletida de volta para o espaço e outra parte atravessa-a, sendo absorvida pela superfície do planeta, provocando o seu aquecimento (figura 2.2). O calor assim gerado é emitido em direção ao exterior, sendo que uma parte se escapa para o espaço e outra parte é retida pelos gases presentes na atmosfera, designados por “gases com efeito de estufa”. Este fenómeno impede que a totalidade do calor se disperse para o exterior, mantendo uma temperatura média à superfície de cerca de +15°C, garantia para a existência de vida no planeta Terra.

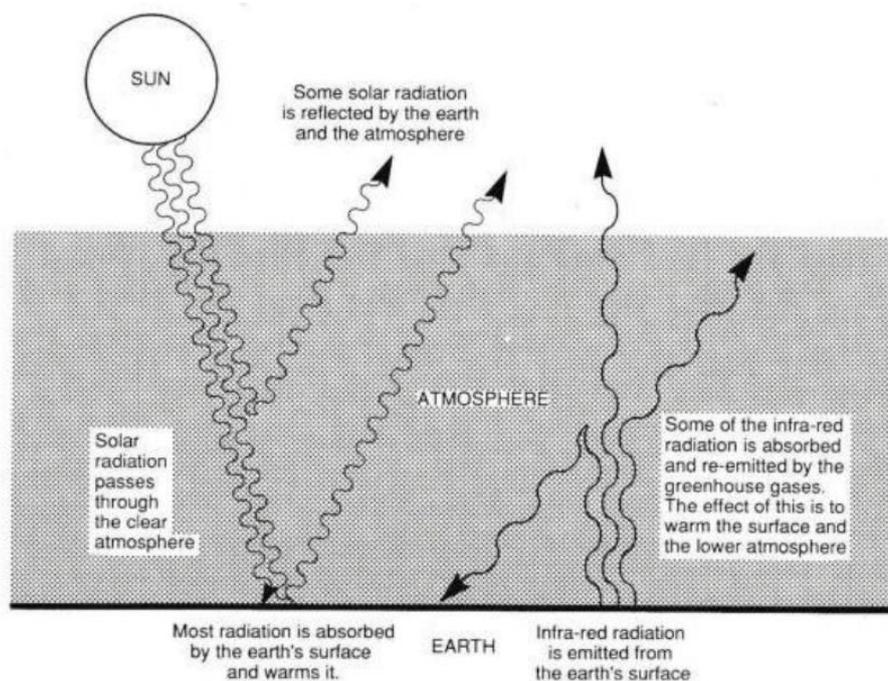


Figura 2.2 - Comportamento da radiação solar incidente na superfície terrestre (Houghton *et al.*, 1990).

Para além do efeito de estufa natural, existem diversos gases que têm o mesmo efeito. São estes os gases responsáveis pelo aquecimento adicional da atmosfera, sendo que a produção dos mesmos é recorrente da atividade humana. De todos os gases presentes na atmosfera, o principal responsável pelo aquecimento global é o dióxido de carbono (CO₂), cuja produção resulta da queima de combustíveis fósseis, maioritariamente utilizados no setor energético e dos transportes. No entanto, é de referir a existência de outros gases que também contribuem para o mesmo fenómeno: o metano libertado nos aterros sanitários e na atividade agropecuária, o óxido nitroso libertado pelos fertilizantes, e os gases utilizados em processos industriais e de refrigeração.

A desflorestação, para exploração da madeira ou para atividades agropecuárias, traz igualmente consequências, na medida em que menos árvores estão disponíveis para “absorver” o CO₂, impedindo assim a captura natural do carbono. Salienta-se que as manchas florestais funcionam também como mecanismos de regulação de temperatura e humidade, prestando o seu contributo na regulação climática.

Citando o Quinto Relatório de Avaliação do IPCC – “A interferência humana no sistema

climático é indiscutível, sendo evidenciada pela crescente concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera, pela força radiativa positiva, pelo aquecimento experienciado, bem como pela compreensão que temos do sistema climático. É extremamente provável que a interferência humana tenha sido a causa dominante do aquecimento a que se tem vindo a assistir desde meados do século XX. As emissões contínuas de gases com efeito de estufa contribuirão para agravar este aquecimento e causarão alterações em todos os componentes do sistema climático. Para travar as alterações climáticas será necessário apostar numa redução substancial e progressiva das emissões de gases com efeito de estufa” (IPCC, 2013). O termo “extremamente provável” diz respeito a uma probabilidade de ocorrência de 95 a 100%.

2.4 Consequências do aquecimento global

As alterações climáticas estão a causar mudanças a vários níveis, desde logo na biodiversidade, economia, segurança e saúde, de uma forma genérica prejudicando a sociedade. Segundo algumas linhas de pensamento científico, citadas anteriormente, se não travarmos desde já, e de forma significativa, este fenómeno, os resultados poderão ser devastadores.

Caso o planeta continue a aquecer, poderão ocorrer os seguintes cenários:

- subida do nível médio das águas do mar, devido principalmente ao degelo das calotas polares, podendo algumas regiões costeiras ficar submersas;
- algumas zonas do planeta, com climas amenos e mesmo frios, poderão tornar-se predominantemente quentes ou áreas desertas;
- alterações drásticas na hidrografia de rios e lagos;
- fenómenos de secas poderão aumentar em periodicidade e em dimensão, com graves perdas na produção agrícola e pecuária, logo podendo ocorrer cenários de carência de alimentos;
- diminuição das reservas de água potável;
- extinção de diversas espécies animais e vegetais;
- fenómenos climáticos extremos, como furacões, tornados e outras tempestades, poderão tornar-se mais frequentes e com um maior nível de destruição.

Face ao descrito, constata-se que se nada for feito para mitigar o aquecimento global e as consequentes alterações climáticas, a manutenção da vida na Terra tornar-se-á difícil ou mesmo impossível. O modelo de sociedade em que vivemos será drasticamente e irreversivelmente transformado e a escassez de recursos poderá dar origem a tensões políticas entre nações.

2.5 Urgência na luta contra as alterações climáticas

Os desafios da sociedade moderna são enormes, nomeadamente a escassez de recursos que potencia o surgimento de graves tensões sociais a um nível global. Torna-se urgente agir de forma concertada de modo a mitigar este problema, prevenindo maiores (ou mesmo irreversíveis) danos. Considerando o Acordo Climático de Paris de 2015, no qual os signatários se comprometeram a manter o aumento da temperatura média global a menos de 2 °C acima dos níveis industriais e promover esforços para limitar o aumento da temperatura a 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais (ONU, 2015)

Constata-se, contudo, a dificuldade para que estas medidas se concretizem com eficácia, pois existem dinâmicas políticas e económicas que muitas das vezes comprometem a concretização de todas estas iniciativas, provocando o descrédito do tema junto da opinião pública.

Além dos fenómenos climatéricos, verificam-se atualmente na Europa, América do Sul e em África, movimentos migratórios intensos, alguns originados por conflitos armados, mas outros pela escassez de recursos e consequente falta de condições de vida nesses locais. Nalgumas regiões do planeta em que atividade agrícola era possível, e mesmo abundante, no presente isto já não se verifica, visto que essas zonas são atualmente áridas, sendo exemplo disso o Sudão e Etiópia.

A ONU criou a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CNUCD), organismo que se dedica a esta problemática e que estabelece linhas orientadoras para cada país. Em Portugal materializa-se pelo Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação (PANCD), conforme Resolução do Conselho de Ministros n.º 69/99, (Decreto-Lei n.º 69/99, de 12 de março).

O relatório “*Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector*”, realizado em 2012 pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) demonstra que, não se contendo a subida da temperatura a 1,5° C, comparativamente ao período pré-industrial, a região mediterrânica poderá ser um deserto em 2100. A figura 2.3 demonstra a vulnerabilidade de desertificação em termos mundiais (OCDE, 2012).

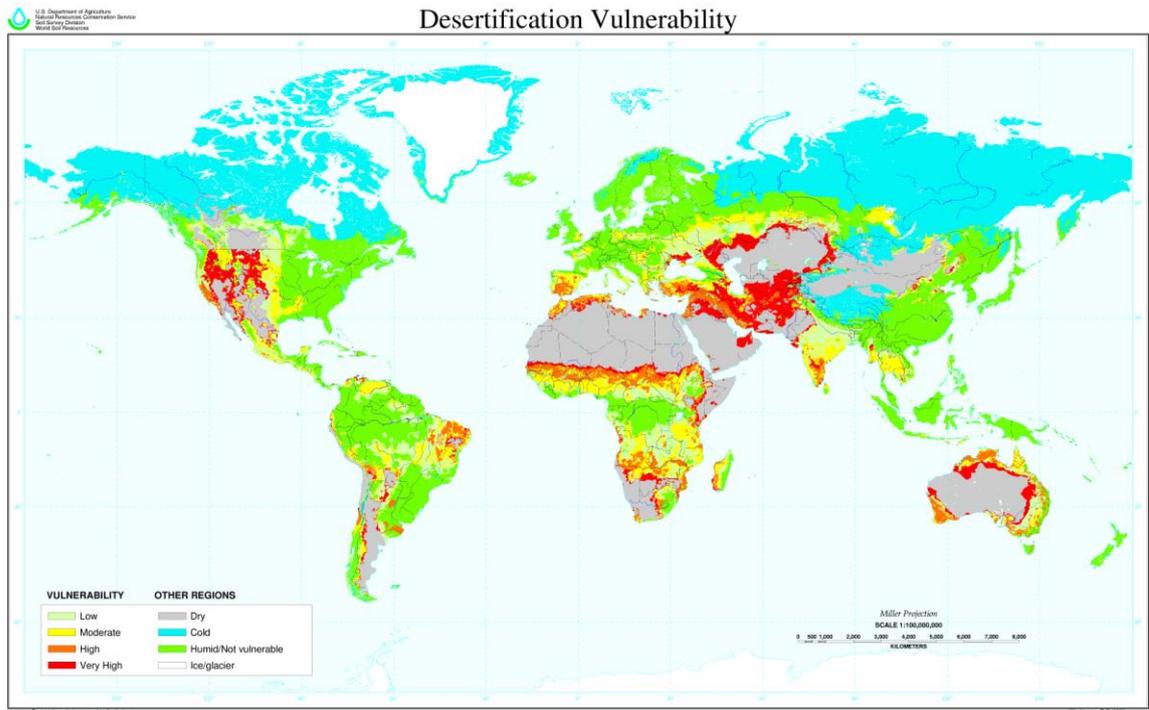


Figura 2.3 - Planisfério da vulnerabilidade à desertificação (United States Department of Agriculture, 1998).

Uma outra consequência das alterações climáticas consiste na subida do nível das águas do mar, tratando-se de um fenómeno que no último século se tem intensificado, principalmente provocado pelo degelo nas calotas polares. Como consequência disso, algumas regiões do globo densamente povoadas tal como o Bangladesh e a Indonésia, entre outras zonas do mundo, poderão deixar de ser habitáveis, implicando graves consequências como a deslocação dessas populações para outras regiões. A figura 2.4 demonstra a evolução da subida do nível das águas do mar desde 1993 a 2018.

Sea level change (1993-2018)

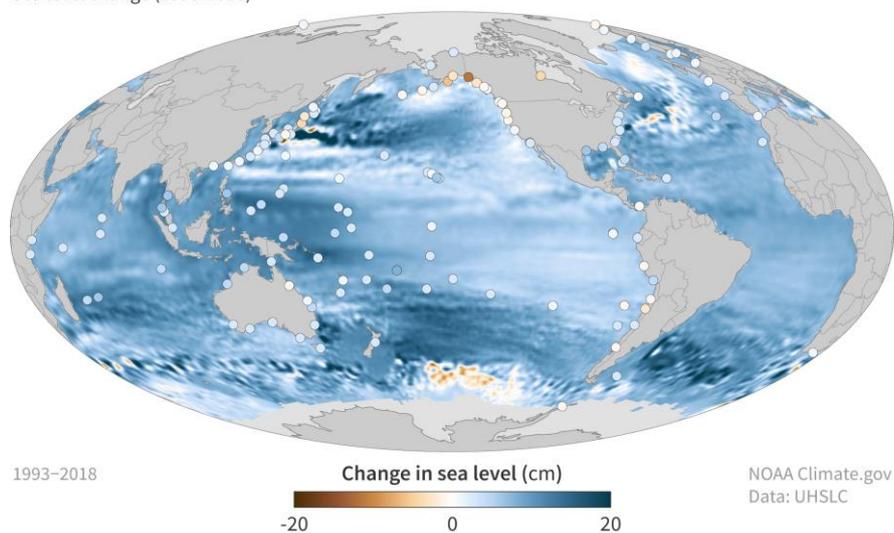


Figura 2.4 - Evolução da subida do nível médio da água do mar (Blunden, 2019).

A escassez de água potável será um dos maiores problemas que a humanidade irá enfrentar nas próximas décadas, tendo o Sr. Secretário Geral da ONU, Eng.º António Guterres, no discurso sobre o Dia Mundial da Água, em 22 de março de 2019, referido: “A procura crescente, associada a uma má gestão, aumentou a pressão sobre os recursos hídricos em muitas partes do mundo. A mudança global do clima vem somar-se dramaticamente a essa pressão. Em 2030, estima-se que 700 milhões de pessoas, em todo o planeta, poderão ter de se deslocar das suas terras em função da intensa escassez de água” (Estratégia ODS, 2019).

2.6 Sustentabilidade na sociedade

Nos últimos anos verifica-se que em todos os setores de atividade existe uma maior preocupação na implementação de políticas e práticas sustentáveis. Isto é motivado pelo facto de que os impactos causados pelas empresas no meio ambiente se refletem nos seus mercados e na imagem das organizações perante a opinião pública. Face a este cenário, as organizações passaram a incorporar o tema sustentabilidade nos seus relatórios corporativos, a adotar sistemas de gestão ambiental e a investir em procedimentos que reduzam os impactos que as suas atividades causam ao meio ambiente (Rover *et al.*, 2008).

O investimento em práticas sustentáveis reflete-se positivamente na criação e fortalecimento da imagem das empresas (Melo e Vieira, 2003). Com isto, pode-se afirmar que a adoção de boas práticas de sustentabilidade tem como base a consciência de que o “rótulo verde” começa a ser apelativo e mesmo obrigatório para determinados consumidores.

São várias as organizações que estudam de forma bastante profunda as questões relacionadas com a sustentabilidade, como é o caso da OCDE, ONU, União Europeia (UE), entre outros. É de salientar que o tema sustentabilidade abrange as áreas social, económica e ambiental, fazendo parte do mesmo sistema e interagindo entre si (figura 2.5).

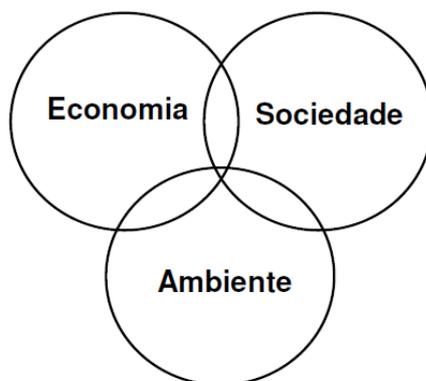


Figura 2.5 - As três áreas da Sustentabilidade (adaptado de Henriques, 2008).

2.7 A análise emergética como ferramenta para a sustentabilidade

A análise emergética é uma metodologia que, de forma objetiva, permite aferir a totalidade dos recursos que foram necessários na produção de um determinado bem ou serviço. A compreensão do conceito e da grandeza “emergia” e a sua aplicação à análise de sistemas possibilita avaliar e decidir, com base em indicadores ou índices, sobre as ações a tomar para melhorar a performance económica e ambiental em qualquer atividade.

Pese embora a análise emergética seja uma metodologia recente, iniciada a discussão na passada década de 80, e em constante desenvolvimento, existe um potencial elevado de aplicabilidade na valorização económica e ecológica de produtos ou serviços.

De referir que, nos anos 80 do século passado, não existia a classificação energética de eletrodomésticos, na primeira década do século XXI ainda não eram divulgados os valores das emissões CO₂ das viaturas e os certificados energéticos nas habitações tornaram-se obrigatórios apenas a partir de 2013. No presente, além de alguns impostos estarem indexados aos valores das emissões de CO₂, o próprio consumidor já toma decisões com base neles. Mesmo não sendo apenas a motivação financeira a base da escolha, constata-se que existe na generalidade uma maior sensibilidade para este tema. Num futuro próximo, poderemos ter, à imagem da taxaço de CO₂, um conjunto de impostos associados à sustentabilidade de um produto ou serviço, pelo que a análise emergética pode ser uma das ferramentas a ser utilizada.

Verifica-se, com algum grau de certeza, que existe uma mobilização para a questão da sustentabilidade em todas as suas vertentes, uma compreensão clara de que os recursos naturais são finitos, a consciência de que os sistemas ambientais estão a ressentir-se e de que as ações do passado e do presente estão a ter efeitos negativos, sendo agora o momento de agir de forma a não comprometer o futuro das próximas gerações.

3. Emergia

3.1 Introdução à teoria emergética

Falar sobre emergia implica falar sobre Howard T. Odum (1924 - 2002). Odum, como é habitualmente referenciado, foi um cientista norte-americano que se distinguiu pelo seu trabalho desenvolvido na área da ecologia. Aprofundou os seus estudos na aplicação dos princípios de funcionamento dos sistemas naturais aos sistemas humanos, identificando um denominador comum que consiste no facto de que ambos dependem de trocas de energia para o seu desenvolvimento. No seu livro, editado após a sua morte, “*Environment, power, and society for the twenty-first century; the hierarchy of energy*” (Odum, 2007), refere que estudar a humanidade e a natureza significa estudar sistemas de energia, de matéria, de moeda e de informação e as redes de troca de matéria e de energia entre as pessoas e a natureza.

A figura 3.1 mostra o sistema formado pelo ambiente, energia e sociedade na geo-biosfera, em que estão assinalados os fluxos de energia solar e os fluxos de energia da terra (recursos da natureza) e verifica-se a circulação de materiais e moeda (recursos económicos). Como resultado de todas essas interações obtêm-se produtos ou serviços.

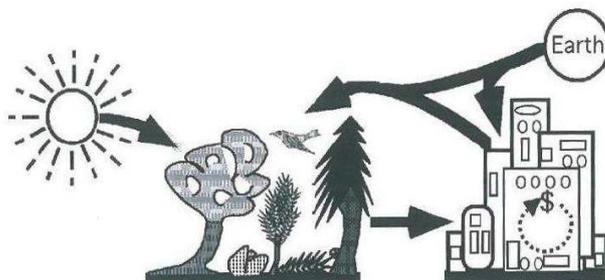


Figura 3.1 - Sistema formado pelo ambiente, energia e geo-biosfera (Odum, 1996).

As dimensões dos sistemas dependem do grau de complexidade dos processos produtivos, dependendo sempre de recursos económicos e da natureza para se obter o resultado final.

A constatação da dependência energética para o funcionamento dos sistemas, sejam estes da natureza ou humanos (genericamente considera-se sistemas humanos aqueles que dizem respeito à sociedade e à sua economia), faz com que possam ser estudados com o auxílio das leis da termodinâmica e com a aplicação da teoria geral de sistemas.

A Engenharia Ecológica, tal como foi concebida por H.T. Odum (1988), analisa os fluxos de energia e materiais nos ecossistemas e nas atividades desenvolvidas pelo homem. Deste modo, possibilita a demonstração, através de um conjunto de índices, da dependência dos sistemas

produtivos humanos em relação ao trabalho desenvolvido pela natureza, cujos recursos podem ser renováveis ou não renováveis. Esta metodologia permite identificar quais as melhores possibilidades de equilíbrio entre economia e natureza, condição fundamental para garantia da sustentabilidade de qualquer atividade. A sua aplicação implica a conversão de todos os recursos que entram no sistema a analisar, numa grandeza comum, a emergia solar, cuja unidade é o joule de energia solar (sej). Deste modo é possível a comparação dos fluxos dentro de um sistema e mesmo entre sistemas, podendo-se aferir qual o contributo do ambiente e da economia de uma determinada atividade e aferir assim quais os índices de sustentabilidade.

Odum (1996) usou o tronco de uma árvore como exemplo para demonstrar a diferença entre exergia e emergia, visto que exergia já era um termo de aplicação comum, enquanto que o termo emergia era inovador na sua abordagem. O mesmo autor define que o tronco de uma árvore contém potencial energético que pode produzir trabalho, podendo ser libertado sobre a forma de calor, isto através da queima da biomassa. Ou seja, a exergia consiste na energia potencial de um tronco, podendo ser medida em calorias, joules, ou outra unidade energética. A emergia, por outro lado, avalia a totalidade da energia investida para que o tronco se desenvolvesse. Deste modo, a emergia pode ser encarada como sendo a memória ou o registo energético para a obtenção de um produto ou serviço. Em termos energéticos, a queima de biomassa deve considerar o trabalho que a natureza realizou na produção da madeira e a energia libertada neste processo.

3.2 Bases teóricas da metodologia emergética

As bases teóricas da metodologia emergética são a teoria geral de sistemas e a termodinâmica. A teoria emergética foi desenvolvida ao longo de três décadas e está descrito por H. T. Odum no capítulo “*Energy Systems and the Unification of Science*” do livro “*Maximum Power*” (Hall, 1995), e de forma mais aprofundada no livro “*Environmental Accounting: emergy for environmental decision-making*” (Odum, 1996).

A termodinâmica estuda a variação de energia de um sistema, sendo considerada a ciência da energia (Cöngel et Boles, 2013).

O termo “sistema” é parte integrante da metodologia emergética, sendo definido como a parte, porção, quantidade ou área que será alvo de estudo ou análise. Tudo que é externo ao sistema considera-se vizinhança e a superfície, real ou fictícia, que separa o sistema da vizinhança, denomina-se fronteira. Um sistema pode ser fechado (também denominado massa de controlo) ou abertos (também denominado volume de controlo). Um sistema fechado é aquele em que a quantidade de massa é fixa, ou seja, não existe troca de massa com o exterior, mas apenas de

energia. Um sistema aberto é definido por uma região no espaço, em que tanto a energia como a massa podem atravessar a fronteira do sistema.

Pela definição da física, energia consiste na capacidade de realizar trabalho, ou seja, gerar força, ação ou movimento num determinado corpo, substância ou sistema físico. Etimologicamente, este termo deriva do grego "ergos", cujo significado original é literalmente “trabalho”.

Primeira Lei da Termodinâmica

A lei de conservação de energia aplicada aos processos térmicos é conhecida como primeira lei da termodinâmica. Ela dá a equivalência entre calor e trabalho e pode enunciar-se da seguinte forma: todo o sistema quimicamente isolado em que há troca de trabalho e calor com o meio externo e em que, durante essa transformação se realiza um ciclo, o estado inicial do sistema é igual ao seu estado final.

Trata-se do princípio da conservação da energia, que diz que a energia tem a capacidade de mudar de forma, mas a sua quantidade permanece constante, ou seja, a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada.

Segunda Lei da Termodinâmica

A tendência do calor a passar de um corpo mais quente para um mais frio, e nunca no sentido oposto (a menos que provocado externamente) é enunciada pela segunda lei da termodinâmica. Essa lei nega a existência do fenómeno espontâneo de transformação de energia térmica em energia cinética.

De acordo com esta lei, num sistema isolado, a entropia nunca diminui. Isso significa que, se o sistema está inicialmente num estado de baixa entropia (organizado), tenderá espontaneamente a um estado de entropia máxima (desordem). Por exemplo, se dois blocos de metal a diferentes temperaturas são postos em contacto térmico, estando o conjunto isolado, a desigual distribuição de temperatura rapidamente dá lugar a um estado de temperatura uniforme à medida que a energia flui do bloco mais quente para o mais frio. Ao atingir esse estado, o sistema diz-se estar em equilíbrio, sendo a sua entropia máxima.

A entropia, que pode ser entendida como decorrente da desordem interna do sistema, é definida por meio de processos estatísticos relacionados com a probabilidade de as partículas terem determinadas características ao constituírem um sistema num dado estado. Assim, por exemplo, as moléculas e átomos que compõem 1 kg de gelo, a 0° C e a 1 atmosfera de pressão, apresentam características individuais distintas, mas do ponto de vista estatístico, como conjunto, definem a possibilidade da existência da pedra de gelo em estado sólido.

A situação de máxima entropia do universo corresponde à chamada morte térmica do universo: toda a matéria estaria distribuída na vastidão espacial, ocupando uniformemente todos os

estados possíveis da energia. A temperatura seria constante em toda a parte e nenhuma forma de organização energética seria possível.

Terceira Lei da Termodinâmica

O conceito de temperatura entra na termodinâmica como uma quantidade matemática precisa que relaciona calor e entropia. A interação entre essas duas grandezas é descrita pela terceira lei da termodinâmica, segundo a qual é impossível reduzir qualquer sistema à temperatura do zero absoluto mediante um número finito de operações. De acordo com esse princípio, também conhecido como teorema de Nernst, a entropia de todos os corpos tende a zero quando a temperatura tende ao zero absoluto.

A abordagem a estas três leis torna-se relevante para enquadrar princípios de fluxos de energia no trabalho de Odum.

Contudo, convém também referir que o mesmo defendia a existência de mais três leis, sendo esta formulação uma das críticas que se aponta à teoria da emergia (Tilley, 2004).

Quarta, Quinta e Sexta Leis da Termodinâmica

Na quarta lei da termodinâmica, Odum fundamenta-se nos estudos sobre sistemas energéticos, de Lotka (1920), e na teoria da seleção natural das espécies de Charles Darwin (Tilley, 2004). Esta lei refere que os sistemas energéticos que prevalecem são os que maximizam a potência ou fluxo de energia útil (Odum, 1996). Este é o critério essencial nos processos de seleção natural das espécies aplicada aos sistemas energéticos (Tilley, 2004).

A quinta lei menciona que o fluxo de energia no universo está organizado numa hierarquia de transformações energéticas e que a posição hierárquica da energia é medida através das transformidades (Odum, 1996).

A sexta lei associa os ciclos geoquímicos com as hierarquias das transformações energéticas. Odum apresentou esta lei na primeira reunião internacional dedicada à emergia, sendo que o próprio a considera uma extensão da lei anterior, logo, capaz de ser apenas um corolário da quinta lei. Este propôs que os ciclos de materiais são organizados hierarquicamente num processo avaliado através da emergia por unidade de massa que determina os fluxos de massa, concentrações, processos de produção e frequência de reciclagem ou regenerações (Brown *et al.*, 2000).

Se não existisse vida na Terra, a energia incidente do sol produziria apenas um aquecimento da crosta e parte do calor seria dissipado durante o período noturno, sendo este processo repetido continuamente. Devido à existência de vida, considera-se que existe um fenómeno de auto-organização (Lovelock, citado por Odum, 1983), e pressupõe-se que toda a energia incidente é aproveitada na sua totalidade para colocar em movimento a maior quantidade possível de fluxos de energia. Este é o processo que torna possível gerar e manter a vida de todos os seres vivos na biosfera. Considera-se também que esse processo atende ao princípio da máxima potência (Lotka, 1920, citado por Odum, 1966), segundo o qual toda a energia tende a ser aproveitada ao máximo pelo ambiente em que esta incide.

Refere-se dois princípios mencionados no subcapítulo anterior, a auto-organização e maximização do fluxo de energia, que podem completar as três leis fundamentais da Termodinâmica.

Como referido anteriormente, a energia solar impulsiona vários sistemas, nomeadamente o ciclo da água e da biomassa. A energia solar aquece os oceanos, que provoca a evaporação da água, aquece o ar e muda a sua densidade. A diferença de densidades em diferentes locais gera ventos que arrastam o vapor e geram ondas no mar que oxigenam as águas. Nas camadas mais elevadas da atmosfera o vapor condensa e precipita-se em forma de chuva, necessária para a existência da flora.

A energia solar é fixada na forma de biomassa pelas algas do oceano e pelas plantas terrestres, processo que consome dióxido de carbono e produz oxigénio. A biomassa é posteriormente consumida por cadeias de seres vivos, entre os quais o ser humano. Sendo o sol a forma de energia mais abundante e geradora de todos os fluxos, que dão origem à vida, na metodologia emergética usa-se a energia solar equivalente como unidade de referência para representar todas as outras formas de energia.

3.3 Conceito de transformidade

O conhecimento das transformações das energias primárias permite-nos calcular a soma de todas as energias necessárias para produzir um determinado produto ou serviço. O trabalho realizado, com o conceito de energia necessária ou incorporada, conduz na engenharia ecológica, aos conceitos de energia e de transformidade.

Uma das abordagens nos trabalhos de H. T. Odum, consiste no conceito de riqueza real. Este afirma que a verdadeira riqueza não está no dinheiro nem nos mercados de capitais, sendo que o dinheiro e os mercados medem o que o consumidor está disposto a pagar por um produto ou serviço, mas não medem o valor real do mesmo. O mesmo autor defende que a forma de se medir

realmente um serviço ou produto consiste em medir os contributos da economia, mas também os contributos da natureza, sendo a soma destes o valor da energia total.

Por definição, segundo Odum (1996), “*emergy is the availability of energy (exergy) of one kind that is used up in transformation directly and indirectly to make a product or service*”, ou seja, energia é a energia disponível de um determinado tipo e que é usada, direta ou indiretamente, para a fazer um produto ou serviço.

O conceito de transformidade, introduzido por Odum, é definido como sendo a energia solar necessária para realizar um joule de um produto ou serviço, sendo a unidade correspondente o joule de energia solar equivalente por joule (sej/J) (Odum, 1996). A transformidade é a razão entre a energia solar total, que determinado produto ou serviço necessitou, e a energia nele contida. Na figura 3.2 (Odum, 1998), a transformidade do *output* é 10 joules de energia solar tipo A por Joule (100 sej/10J = 10sej/J).

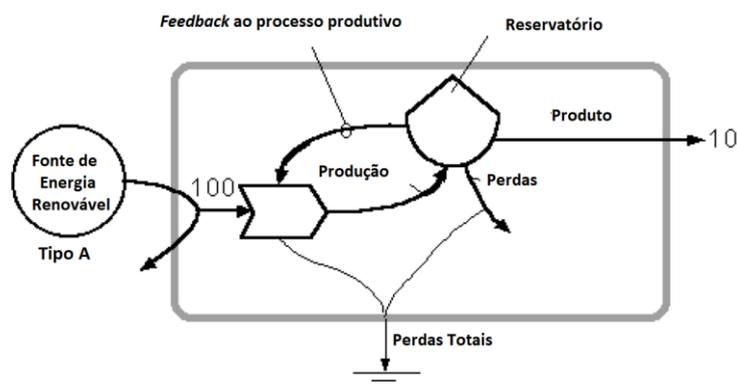


Figura 3.2 - Diagrama de uma transformação energética (adaptado de Odum, 1998).

Quantas mais transformações existirem num determinado processo, maior é a proporção de energia da natureza envolvida na realização do produto ou serviço. Para uma mesma saída, no sentido ecológico, um sistema com baixa transformidade é, do ponto de vista ecológico, mais eficiente.

O diagrama da figura 3.3 demonstra o comportamento da transformidade e as hierarquias de energia de um sistema ecológico. Da margem esquerda para a direita, verifica-se que a energia que se encontra dispersa e de diferentes origens vai-se concentrando, e com isto a transformidade aumenta, enquanto o fluxo de energia disponível diminui, mas consequentemente aumentando a sua qualidade. A transformidade mede a posição de cada tipo de energia na hierarquia universal da energia disponível, constatando-se que esta aumenta com a escala. Nos diagramas de estudo dos sistemas, os processos são colocados nas suas posições hierárquicas de acordo com a sua transformidade. E, escalas de tempo, espaço e transformidade aumentam da esquerda para a direita. Este tema será abordado no capítulo 4, na aplicação da metodologia.

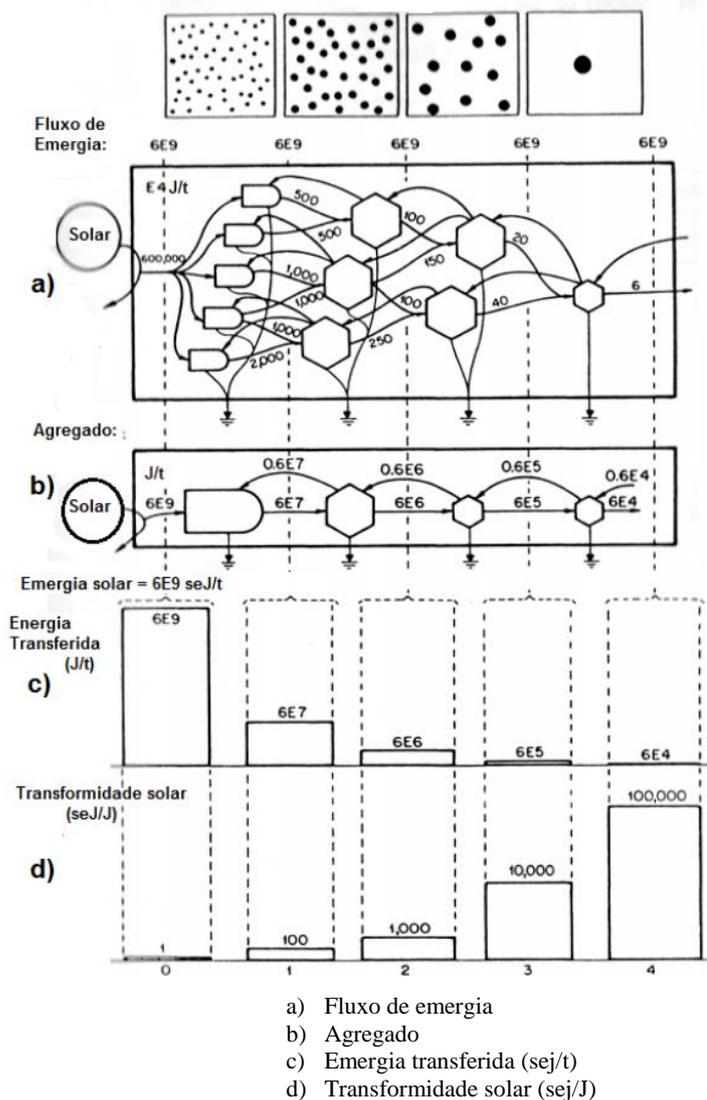


Figura 3.3 - Diagrama da hierarquia dos processos de transformação energética (Odum, 1988).

Considerando todas as formas de energia, existe uma posição apropriada, para o uso mais eficiente de cada forma de energia (Lotka, 1920). Em teoria, a cada processo corresponde um mínimo de transformidade, consequência da maior eficiência possível na produção, consistente com as condições de operação à máxima potência ou fluxo de energia útil - 4ª lei da termodinâmica proposta por Odum (1996).

A transformidade é uma medida de intensidade da energia e o conceito é aplicado não só à energia, mas também à matéria, serviços e informação, em súpula a tudo o que é produzido pela natureza e pelo homem. Assim, o conceito generaliza-se e mede-se a intensidade da energia de várias formas, através do Valor Unitário Emergético (UEV) de um produto ou serviço (Brown e Ulgiati, 2004), tais como:

- (i) Transformidade, definida como a energia admitida por unidade de energia disponível (exergia) à saída, normalmente expressa em joule de energia solar por joule (sej/J);
- (ii) Energia Específica, definida como a energia admitida por unidade de massa à saída, normalmente expressa por joule de energia solar por grama (sej/g);
- (iii) Energia por unidade monetária, definida como a energia necessária à geração de uma unidade de produto económico (moeda), normalmente expressa por joule de energia solar por unidade monetária (sej/\$, sej/€);
- (iv) Energia por unidade de trabalho, definida como a energia necessária ao *input* de uma unidade de trabalho diretamente no processo, normalmente expressa como joule de energia solar por unidade de tempo (sej/ano, sej/h), ou energia solar por unidade de valor monetário ganho (sej/€) ou ainda energia solar por unidade de energia gasta pelo trabalhador (sej/J).

Os UEVs das entradas de um dado sistema podem ser calculados considerando os seus processos transformativos associados, sendo, no entanto, comum recorrer aos valores publicados na literatura, tal como foi realizado neste trabalho.

3.4 Cálculo do valor emergético

A energia total de um fluxo é calculada pela multiplicação da quantidade do fluxo pelo seu UEV:

$$\text{Energia (sej)} = \text{Quantidade disponível (J, g, €)} \times \text{UEV (sej/J, sej/g, sej/€)}$$

Tal como referido anteriormente pela hierarquia universal da energia, a transformidade solar aumenta com a diminuição da energia disponível. A forma de energia correspondente ao nível de energia mais baixo, é a energia solar e a transformidade da radiação solar é, por definição, igual a 1 sej/J.

Na base de cálculo de todas as transformidades é considerada uma referência de energia global, onde se incluem a energia das três fontes de energia da Terra: energia solar absorvida, energia térmica da crosta terrestre e energia das marés. Assim, o fluxo de energia total anual para a Terra, designado de *baseline*, é usado como base de referência para outros cálculos de energia de acordo com os princípios da hierarquia universal da energia.

Detalhes sobre o cálculo desse fluxo de energia para a Terra são apresentados por Odum (1996), tendo obtido o valor de 9.44E+24 sej/ano. Esta base de cálculo inicial da energia da terra foi posteriormente revista por Odum (2000) e foi estabelecido um novo valor de 15.83E+24

sej/ano. Brown e Ulgiati (2010) indicam nova correção para 15,23E+24 sej/ano. O último valor para o valor emergético da Terra foi obtido por Campbell D. (2016), sendo de 1.16 E+25 sej.

Neste trabalho foi utilizada a *baseline* de 15,83E+24 sej/ano, visto que a maior parte dos valores dos UEVs das entradas dos sistemas estudados neste trabalho foram recolhidos do trabalho de Pulselli *et al.* (2007) que usa este valor de referência.

A utilização de UEVs cujas *baselines* de energia sejam diferentes da usada neste trabalho implica a conversão para a mesma, multiplicando-os por um fator de correção dado por:

$$\text{Fator de Correção} = \frac{15,83\text{E}+24}{\text{baseline particular}} \quad (1)$$

4. Metodologia emergética

Como referido anteriormente, a metodologia emergética tem como base científica a teoria geral dos sistemas e a termodinâmica, analisando e contabilizando a memória energética de todos os fluxos de energia e dos contributos que foram necessários na realização de um determinado produto ou serviço.

Na metodologia emergética, o joule de energia solar é a unidade de energia utilizada, possibilitando o tratamento, numa base de medida comum, dos diferentes contributos, sejam eles recursos naturais ou económicos.

A metodologia emergética inova ao realizar esta abordagem integral de todos os contributos envolvidos no processo de execução de um produto ou serviço. Permite aferir, entre outros parâmetros, a sustentabilidade, pela ponderação do contributo da natureza no processo produtivo, facultando dados sobre como melhorar os balanços entre sistemas económicos e sistemas ambientais.

A aplicação da metodologia emergética desenvolve-se em três etapas distintas (Odum, 1996):

Primeira Etapa - construção do diagrama de fluxos de energia do sistema;

Segunda Etapa - construção da tabela de avaliação emergética;

Terceira Etapa - cálculo de índices emergéticos.

4.1 Construção do diagrama de fluxos de energia

Após selecionado o sistema a analisar, procede-se à construção do diagrama de fluxos de energia, como exemplificado na figura 4.1, sendo este diagrama realizado com recurso a uma simbologia específica - a da Linguagem dos Sistemas de Energia (LSE) (Odum, 1996), como se apresenta na figura 4.2.

A construção do diagrama deve representar, de forma mais exata possível, todos os componentes do sistema, representando cada um dos diferentes símbolos diferentes funções, o que permite, de uma forma detalhada, identificar todas as entradas e interações energéticas no sistema.

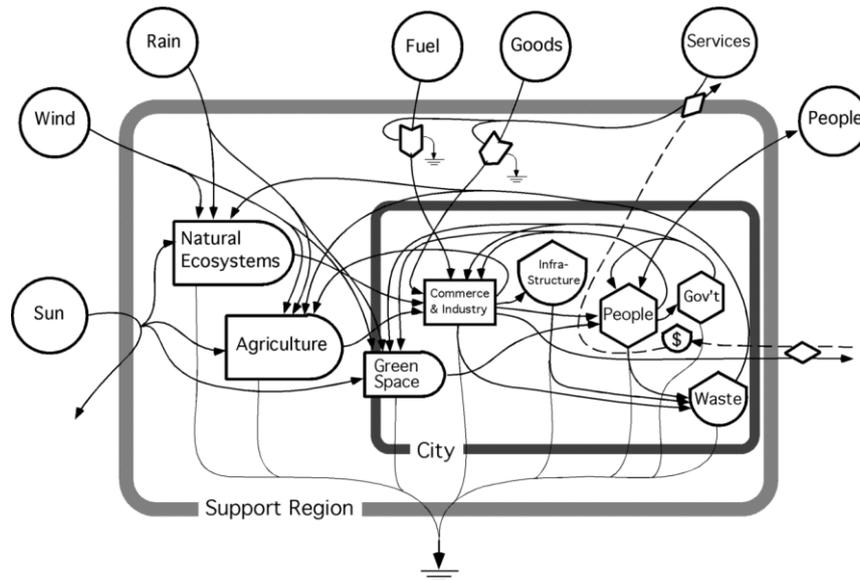


Figura 4.1 - Diagrama de fluxos energéticos de uma cidade (Brown, 2010).

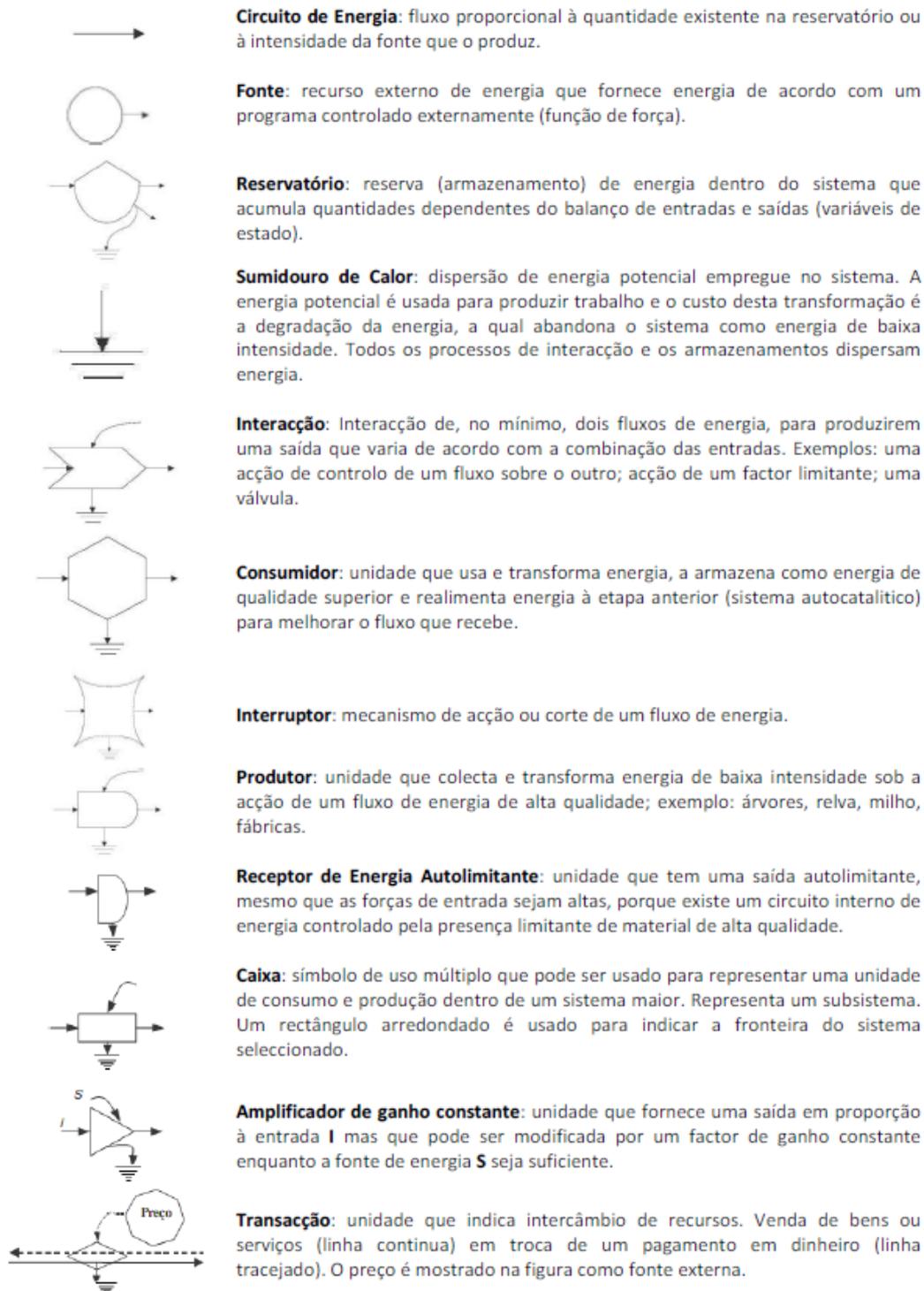


Figura 4.2 - Símbolos da Linguagem dos Sistemas de Energia (Martins, 2010).

Devem ser considerados os seguintes procedimentos na construção do diagrama energético:

- definição da fronteira do sistema a analisar (deve ser representado por um retângulo);

- dentro do diagrama emergético são representadas todas as entradas, saídas e interações de fluxos de energia;

- deve-se incluir a informação necessária, de modo a que graficamente seja possível o entendimento do sistema em análise. Trata-se do mapeamento de todas as entradas, saídas, interações, identificação e quantificação dos diferentes processos e perdas existentes.

As fontes e os componentes do sistema têm de ser colocados da esquerda para a direita, obedecendo assim à ordem hierárquica da qualidade da energia, indicada pela transformidade.

4.2 Método de construção da tabela de avaliação emergética

Com a informação representada no diagrama do sistema constrói-se a tabela de avaliação emergética. Nesta tabela são calculados todos os fluxos de energia que ocorrem no sistema, devendo ser representada, respeitando o formato apresentado na tabela 4.1 (Martins, 2010).

Tabela 4.1 - Formato de uma tabela típica usada na avaliação emergética (Martins, 2010).

1 Nota	2 Item	3 Fluxo, Unidades (J, g ou \$)	4 Emergia Solar /Unidade (sej/unidade)	5 Emergia Solar (sej/ano)
1	Nome 1...	Valores 1...	IE_1	Col.3*Col.4
2	Nome 2...	Valores 2...	IE_2	"
3...	Nome 3...	Valores 3...	IE_3	"
n	Nome n...	Valores n...	IE_n	"

Cada uma das linhas da tabela devidamente identificada representa, uma entrada, uma interação, um processo ou material, em sùmula, um fluxo de energia que foi utilizado no processo (Odum, 1996).

Os fluxos são normalmente analisados nas suas unidades numa base anual.

As colunas descrevem o procedimento para os cálculos dos fluxos de energia de todos os itens.

Coluna 1:

Nota - por questões de organização fornece o número da linha em que é avaliado cada item e referencia a nota de rodapé, onde são sumariadas as fontes dos dados e os cálculos de avaliação da energia.

Coluna 2:

Item - contém o nome das diversas entradas no sistema.

Coluna 3:

Fluxo, Unidades - fornece os valores de cada fluxo de entrada apresentado na coluna 2, nas suas unidades usuais para materiais (gramas), para energia (Joules) e para dinheiro (a moeda do país em análise).

Coluna 4:

UEV - Energia Solar / Unidade - fornece a intensidade de energia das entradas; normalmente são valores retirados de estudos prévios, bases de dados ou calculados à parte.

Coluna 5:

Energia Solar - fornece os fluxos de energia solar, obtidos pela multiplicação dos dados da coluna 3 pelos valores da coluna 4.

Resumidamente, o procedimento geral consiste em converter as quantidades dos fluxos de entrada de materiais, energia e dinheiro, expressos em gramas, joules e em unidades monetárias, respetivamente, para sej. Para isso multiplicam-se as entradas pelos seus UEVs. Após essa conversão, todos os fluxos de energia são somados, resultando assim um fluxo total de energia ou uma reserva total emergética que foi necessária para a produção do bem ou serviço em estudo.

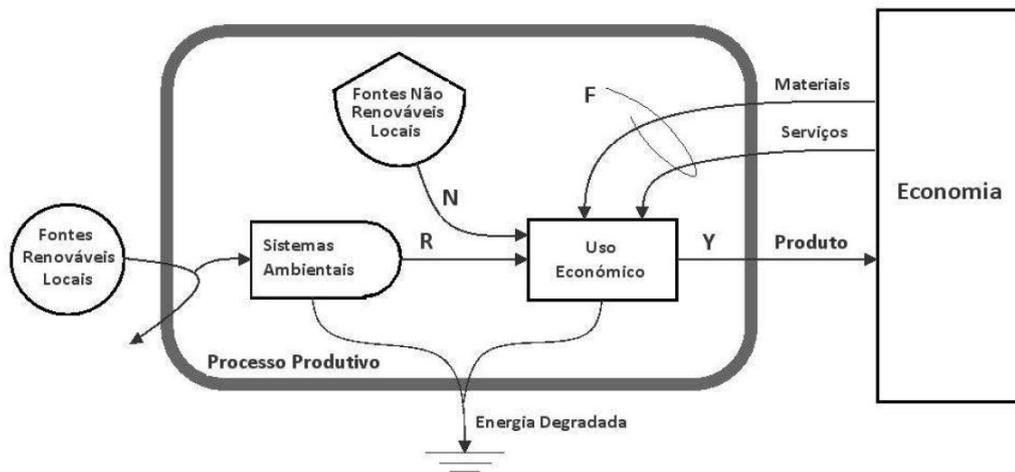
4.3 Cálculo dos índices emergéticos

Os índices de energia permitem aferir os pesos dos vários fluxos de entrada, contabilizando os recursos renováveis e não renováveis e da economia na composição de um produto ou serviço. Deste modo, os processos produtivos podem ser aferidos na sua sustentabilidade, sendo que, em primeira análise, quando o uso de recursos renováveis é preponderante, comparativamente ao uso dos recursos económicos envolvidos, pode-se depreender que se está perante um sistema sustentável. De outro modo, quando recursos económicos são massivamente utilizados, reavemos uma sobrecarga no ecossistema.

O uso destes índices permite elaborar estratégias para proceder aos ajustes necessários para um desenvolvimento sustentável. A metodologia em estudo não será de todo a única metodologia para garantir um desenvolvimento sustentável, mas permite obter dados que podem ser uma ferramenta útil na identificação do equilíbrio no uso de recursos económicos e da natureza.

4.3.1 Diagrama agregado dos fluxos de energia

A metodologia emergética permite obter um conjunto de índices que possibilitam a avaliação e interpretação quanto ao desempenho global de um processo produtivo. Para isso, a partir do diagrama de fluxos de energia, referido em 4.1., constrói-se um diagrama agregado do sistema em estudo, em que se discriminam os diferentes contributos da economia e da natureza e as suas interações no processo produtivo em estudo, conforme se apresenta na figura 4.3.



Legenda: R (Renováveis) + N (Não Renováveis) – Entradas ambientais

F – Entradas económicas

Y – Saídas ($Y=R+N+F$)

Figura 4.3 - Ilustração de um diagrama agregado de fluxos de energia (Martins, 2010).

Os fluxos de energia das entradas ambientais são divididos em duas rubricas:

- fontes renováveis da natureza (R), por exemplo: fluxos de energia solar, fluxo de energia das marés, fluxos de energia hídrica, eólica e solar, pesca, agricultura entre outros.
- Fontes não renováveis da natureza (N), podemos dar exemplos: fluxos de perda de solo na atividade agrícola, fluxos de exploração florestal, mineral, de um modo geral atividades que não permitem a regeneração da natureza.

Os fluxos de energia na categoria das entradas económicas (F) são divididos em duas áreas:

- Aquisição de bens materiais (M) – combustíveis, minérios, formas de energia fóssil, máquinas, equipamentos, produtos processados.

- Aquisição de serviços (S) – podem ser descritos como serviços e trabalho humano.

4.3.2 Índices emergéticos

A agregação dos fluxos emergéticos, de um determinado sistema, por tipo de fluxo, permite evidenciar quais as interações entre o ambiente e a economia. O cálculo de índices emergéticos permite obter informação sobre qual a sobrecarga ambiental, uso de recursos económicos, qual a intensidade de uso dos recursos renováveis e não renováveis, entre outros.

Os índices emergéticos mais comuns são os seguintes:

Razão de Rendimento Emergético

$$\text{EYR} - (\text{Emergy Yield Ratio}) = \frac{Y}{F} \quad (2)$$

Consiste na relação entre a emergia incorporada no produto ou serviço e emergia das entradas provenientes da economia. O seu valor mede o grau de contribuição do processo para a economia, devido à exploração dos recursos locais (Brown e Ulgiati, 2004).

Quanto mais alta esta razão, maior é a intensidade de uso de recursos locais, renováveis e não renováveis.

Razão de Intercâmbio de Emergia

$$\text{EER} - (\text{Emergy Exchange Ratio}) = \frac{Y}{(\text{€ Pagos}) * (\text{sej/€})} \quad (3)$$

É a razão entre a emergia fornecida e a emergia recebida, correspondente ao custo monetário, no comércio ou na transação de bens (Brown e Ulgiati, 2004). Avalia se há benefício ou não no intercâmbio de emergia com o mercado. Um país que recebe a maior emergia recebe uma maior riqueza real, assim tem a sua economia mais estimulada (Ulgiati *et al.*, 1995), indicando que os seus processos produtivos estão a ser devidamente custeados.

As matérias-primas, como minerais, produtos agrícolas, produtos da pesca e silvicultura, tendem a ter valores de emergia maiores do que as resultantes do pagamento. Este facto deve-se a que nestes processos apenas é custeado o custo de extração e não o custo que a natureza realizou na obtenção do mesmo. Qualquer economia local é prejudicada quando no resultado da venda de produtos fornece mais emergia do que aquela devolvida em termos monetários. Considere-se o exemplo das nações desenvolvidas que ao comprarem matérias-primas de países menos desenvolvidos conseguem um saldo de emergia a seu favor, pois a emergia do dinheiro usado no intercâmbio é muito menor que a contida nas matérias-primas adquiridas (Martins, 2010).

Razão de Investimento Emergético

$$\text{EIR} - (\text{Emergy Investment Ratio}) = \frac{F}{R} \quad (4)$$

É a razão entre as entradas provenientes da economia e as entradas ambientais. Valores próximos de zero indicam um elevado potencial de uso de recursos locais renováveis.

Razão de Carga Ambiental

$$\text{ELR} - (\text{Environmental Load Ratio}) = \frac{N+F}{R} \quad (5)$$

Indica a pressão dos processos de transformação sobre o ambiente e pode ser considerada uma medida do impacto ambiental causado pelo processo produtivo. Quanto maior for a fração de energia renovável usada num sistema económico ou processo produtivo, menor é o ELR. Exemplo: países cujas economias que são altamente dependentes de recursos externos apresentam valores altos neste índice, devido ao peso dos recursos económicos nos seus sistemas.

Índice de Sustentabilidade Emergética

$$\text{ESI} - (\text{Emergy Sustainability Index}) = \frac{\text{EYR}}{\text{ELR}} \quad (6)$$

Valores altos de ESI indicam que a energia, usada no processo produtivo, provém de fluxos de energia renováveis e, conseqüentemente, indica um processo mais sustentável. Um baixo valor de ESI indica o oposto. Este índice pode ser útil para comparar processos que resultam no mesmo produto e para avaliar a inovação tecnológica resultante de modificações introduzidas no mesmo, por exemplo uma unidade fabril em que foram instalados painéis solares fotovoltaicos.

Renovabilidade Emergética

$$\text{REN} - (\text{Percent Renewable Emergy}) = \frac{R}{R+N+F} * 100 \quad (7)$$

O índice de renovabilidade emergética (REN) é a relação entre a energia dos recursos renováveis e a energia total usada no sistema económico. No longo prazo, somente sistemas ou processos com alta percentagem de R são sustentáveis (Brown e Ulgiati, 2004). Este índice tem particular interesse para processos produtivos com um peso dos fluxos renováveis já elevado, de outro modo não acrescenta informação relevante.

Energia por área

$$\text{Energia/Área} - (Emergy/Area) = \frac{R+N+F}{\text{área}} \quad (8)$$

É a razão entre a energia total requerida no processo e a área total - particularmente útil na área da construção. Pode-se também proceder à mesma análise para qualquer um dos fluxos.

Energia por volume

$$\text{Energia/Volume} - (Emergy/Volume) = \frac{R+N+F}{\text{volume}} \quad (9)$$

É a razão entre a energia total requerida no processo e o volume total - particularmente útil na área da construção. Pode-se também proceder à mesma análise para qualquer um dos fluxos.

Transformidade Solar dos Produtos

$$Tr - (Solar Transformaty of Products) = \frac{Y}{E} \quad (10)$$

É a razão entre a energia solar total requerida e a energia do produto.

Razão Energia/Dinheiro (sej/\$)

Este indicador é calculado dividindo o valor total de energia usada pelas atividades económicas, num determinado ano, pelo seu produto interno bruto (PIB). Brown *et al.* (2009) calcularam a razão energia/dinheiro para 133 países, aparecendo os países industrializados com os menores valores, sugerindo que é necessária menor energia por unidade de PIB gerado nas economias desenvolvidas (Japão, com o menor valor de todos, Estados Unidos da América, Suíça, Alemanha, Israel e França) versus economias não desenvolvidas (Nova Guiné, Zimbabué, Guiné, com o maior valor de todos). Isto justifica-se pelo facto de que economias menos desenvolvidas são obrigadas a uma maior dependência de recursos ambientais, setores primários como pescas e agricultura prevalecem à indústria e serviços nesses respetivos países.

5. Sustentabilidade em edifícios

Constata-se que no setor da construção a metodologia energética não é um método comumente utilizado para aferir a sustentabilidade nesta área de atividade económica. Os conceitos de “joule de energia solar” e “contabilidade ambiental” são de certa forma desconhecidos junto do meio empresarial.

No entanto, verifica-se que o tema da sustentabilidade em edifícios é relevante, visto que, além das certificações obrigatórias, existe um conjunto de métodos voluntários que permitem a avaliação do desempenho dos edifícios.

5.1 Certificação energética

No setor da construção, no caso particular dos edifícios, a sustentabilidade é um tema cada vez mais relevante, o que é motivado pela urgência da descarbonização da economia. Denota-se, contudo que, relativamente a medidas concretas, apenas se aplicam as de carácter obrigatório, referidas no Decreto-Lei n.º 78/2006, no qual estão regulamentadas as questões relacionadas com a certificação energética e a qualidade do ar interior de edifícios.

Desde julho de 2007, passou a ser obrigatório a certificação energética para edifícios novos de habitação e as grandes reabilitações em áreas superiores a 1000 m², sendo que, desde janeiro de 2009, todos os edifícios estão abrangidos pelo Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior de Edifícios (SCE) (ADENE, s.d.).

Este tipo de certificação, que resulta da transposição de uma Diretiva Europeia, consiste numa iniciativa promovida pela UE com o objetivo de motivar a implementação de novas práticas no setor da construção nos países membros. De acordo com a diretiva 2002/91/CE, a Comissão Europeia impõe aos estados membros a aplicação de um sistema de certificação energética aos seus edifícios, tendo como finalidade a promoção da melhoria do desempenho energético dos mesmos. São consideradas as condições climáticas dos diferentes contextos, bem como as exigências no que se refere à qualidade do ar interior e fatores económicos. Além destes objetivos, no referido documento, são definidos requisitos e também valores de referência para o desempenho energético de edifícios, sejam eles novos ou não. Salienta-se que os edifícios já existentes estão obrigados a estes regulamentos quando sujeitos a obras de requalificação.

A certificação energética é uma medida que proporciona, de forma prática, o acesso a informação relevante quanto ao desempenho energético do edifício, permitindo ao consumidor ter

este parâmetro em conta quando vai escolher a habitação que deseja adquirir ou arrendar. Deste modo, o mercado beneficia da melhoria do desempenho energético-ambiental dos edifícios, garantindo aspetos como o conforto, salubridade e controlo dos custos energéticos.

No que respeita a Portugal, a ADENE é a entidade gestora do sistema nacional de certificação energética e da qualidade do ar interior nos edifícios.

Esta entidade surge após várias reestruturações, desde o ano de 1984, quando foi criado o Centro para a Conservação da Energia (CCE), que desenvolvia o seu trabalho na adoção de uma política de utilização racional e eficiente de energia.

A ADENE tem como missão o desenvolvimento de atividades de interesse público no âmbito das energias renováveis e da utilização racional de energia, assumindo-se junto dos consumidores como ferramenta de intervenção e dinamização de atividades e comportamentos que conduzam à gestão do consumo de energia e ao aproveitamento dos recursos endógenos.

Os regulamentos nacionais têm por base normativas desenvolvidas pelo Parlamento Europeu, tais como:

- Diretiva 2001/77/CE, de 27 de setembro de 2001, relativa à utilização da eletricidade produzida a partir de fontes de energia renovável no mercado interno de eletricidade.
- Diretiva 2002/358/CE, de 25 de abril de 2002, Protocolo de Quioto da Convenção no Quadro das Nações Unidas das Alterações Climáticas. Portugal ao assinar o Protocolo de Quioto elaborou um plano estratégico para o cumprimento dos compromissos internacionais onde a diretiva 2001/77/CE teve especial importância.

Esse plano estratégico designado do Programa E4 (Eficiência energética e energias endógenas) tem como função promover as fontes de energia renováveis, melhorar a eficiência energética dos edifícios, implementar a certificação energética das construções e reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Tem também como objetivo atualizar os dois regulamentos já existentes:

- Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) (Decreto-Lei n.º 80/2006). Este visa a melhoria do desempenho térmico da envolvente dos edifícios, com o objetivo de garantir melhores condições de conforto sem aumento do consumo de energia, embora não inclua cuidados com o aspeto visual nem com a qualidade do ar interior.

- Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE) (Decreto-Lei n.º 79/2006). Aplica-se em edifícios com climatização e visa o cumprimento das exigências de conforto e de qualidade do ambiente em condições de eficiência energética.

O Decreto-lei n.º 118/2013, de 20 de agosto, veio substituir os anteriores diplomas legais, transpondo a Diretiva n.º 2010/31/EU, de 19 de maio de 2010, que engloba, num único diploma:

- Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE).
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH).
- Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

A Certificação Energética é sem dúvida uma ferramenta importante na avaliação da sustentabilidade de um edifício, contudo foca-se apenas no desempenho energético do mesmo. Neste sistema são considerados aspetos construtivos nomeadamente isolamentos térmicos, localização, adoção de sistemas de energia renovável, entre outros, contudo a sua análise não vai além do uso de energia, importante sem dúvida, mas de certa forma limitado.

5.2 Sistemas de certificação de sustentabilidade em edifícios

Considera-se que um edifício sustentável deve utilizar de forma eficiente todos os recursos utilizados na sua construção, mantendo o seu desempenho constante ao longo de todo o seu ciclo de vida nas condições para que foi projetado e construído.

A nível internacional têm sido realizadas várias abordagens para a certificação da construção sustentável, sendo uma das mais notórias, a avaliação e ponderação ambiental de lógica voluntária e de mercado, desenvolvida por Raymond J. Cole (1993, 1997 e 2000). Em diversos trabalhos, o autor refere a existência de um sistema voluntário de certificação ambiental da sustentabilidade da construção e evidencia a necessidade da presença de um conjunto de componentes:

- conjunto declarado de critérios de desempenho ambiental, organizado de modo lógico e numa estrutura apelativa;
- atribuição de um número de critérios pontuação de desempenho, ao atingir um determinado nível obtém-se uma determinada pontuação;
- modo de demonstrar a pontuação total através do desempenho ambiental do edifício ou unidade - Output;
- denominação específica que possa ser aplicada, por exemplo uma marca registada ou denominação;
- sistema de reconhecimento que envolve uma forma de avaliação e assegura a veracidade da certificação;
- interesse do mercado na sua aplicação.

Atualmente verifica-se a existência de certificações referentes à sustentabilidade e ambiente que, embora não sendo obrigatórias, conseguem ter alguma relevância, pois são formas de diferenciação das organizações, salientando-se dois sistemas: o Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) e o Leadership in Energy & Environmental Design (LEED):

- BREEAM - Building Research Establishment Environmental Assessment Method
Sistema de certificação de edifícios originário do Reino Unido, que incide essencialmente na avaliação com estratégias de mercado, através de “*benchmarks*” e contempla aspetos relacionados com a energia, impacto ambiental, saúde e produtividade (BREEAM, s.d.).
- LEED - Leadership in Energy & Environmental Design
Desenvolvido pelo United States Green Building Council (USGBC), nos Estados Unidos da América, estabelece uma série de critérios para a preservação do meio ambiente, bem como regras para a construção sustentável. De entre todos os sistemas este é o mais reconhecido a nível mundial (U.S. Green Building Council, Inc., s.d.).

Existem outros sistemas tais como: NABERS - National Australian Buildings Environmental Rating System, Sistema Australiano (NABERS; s.d.); HQE - Haute Qualité Environnementale des Bâtiments, Sistema Francês (HQE, s.d.); BEPAC - Building Environmental Performance Assessment Criteria, Sistema Canadano (Cole *et al.*, 1993); CASBEE - Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency, Sistema Japonês (CASBEE, s.d.).

A referir que Portugal tem o LiderA - Liderar pelo Ambiente, desenvolvido no Departamento de Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico, desde o ano 2000, mas apenas foi apresentado em 2005, com foco essencialmente nas características ambientais do edifício e na sua relação com a envolvente. Posteriormente foi aplicada uma segunda versão, aumentando o seu campo de aplicação, na qual se avaliam as categorias de integração local, recursos, cargas ambientais, conforto ambiental, vivência socioeconómica, gestão ambiental e inovação (LiderA, s.d.).

Estes diferentes sistemas evidenciam que existe uma sensibilização sobre o tema da sustentabilidade nos edifícios. Voluntariamente, as organizações estão a promover estas certificações nos seus ativos, contudo nota-se que ainda se está numa fase embrionária e que faltam criar critérios uniformes com metodologias *standard* que permitam obter dados comparáveis.

Falar sobre certificação implica referir a International Organization for Standardization (ISO), sendo este organismo que fornece ferramentas úteis e eficazes para certificação nas mais diversas áreas, mas que ainda não apresentou uma certificação na área da sustentabilidade. A norma ISO 26000 (ISO, 2018) aborda diferentes temas e assuntos relacionados com a responsabilidade social das empresas segmenta-se em sete pilares:

- Direitos humanos;
- Práticas do trabalho;
- Meio ambiente;
- Práticas leais de operação;
- Questões de consumo;
- Envolvimento comunitário e desenvolvimento;
- Desenvolvimento organizacional.

No entanto, contrariamente às normas ISO 14001 e ISO 9001, que são certificáveis, a ISO 26000 não possui um programa de certificação. Trata-se de uma norma, que nesta fase apresenta apenas um conjunto de recomendações. A proposta de certificação não foi descartada, todavia, por enquanto, trata-se apenas de uma norma de aconselhamento sobre boas práticas em responsabilidade social.

5.3 Conceito de ciclo de vida de elementos construtivos

O conceito ciclo de vida tem relevância quando se fala sobre construção, particularmente de edifícios. Pelas suas características intrínsecas, um edifício é um ativo com um tempo de utilização alargado no tempo. Pese embora a sociedade atual apresentar uma tendência para um consumismo intensivo, em que a substituição de bens é feita com bastante regularidade, o mesmo não se verifica nos bens imóveis. A construção de um imóvel, independentemente do seu fim, é sempre considerada como um ativo de longa duração, em que dificilmente é considerado o seu desmantelamento, considerando-se, ações de manutenção e requalificação de modo a adequar e prolongar ao máximo o tempo de utilização do mesmo.

Atendendo que a emergia contabiliza a totalidade dos recursos da natureza e da economia, que resultam num valor emergético total funcionando como um “stock”, importa considerar qual o tempo que um edifício estará em utilização. O conceito de ciclo de vida importa, na medida em que permite aferir o valor emergético anual de determinada solução construtiva. Soluções construtivas com menores recursos ambientais e económicos envolvidos, mas com ciclos de vida mais curtos,

podem ser menos interessantes que soluções com maiores custos ambientais e económicos, mas com ciclos de vida mais longos, visto que estes se diluem no tempo de uso do edifício.

5.3.1 Fases do ciclo de vida

A análise do ciclo de vida dos edifícios é essencial para avaliar o seu desempenho ambiental ao longo de toda a sua vida útil. Esta análise visa a avaliação de todos os recursos utilizados na construção e operação do edifício, tendo este processo início na fase de projeto e fim na eventual demolição do mesmo. Isso potencia uma melhor tomada de decisões no projeto, construção, operação e manutenção do edifício, permitindo a adequação do desempenho energético do mesmo ao longo da sua vida útil, considerando, por exemplo, que um edifício pode ter diversos tipos de utilização. Como se pode verificar na figura 5.1, pela análise do ciclo de vida desenvolve-se a quantificação dos recursos empregues em todas as fases do edifício, resultando assim o custo total do mesmo (Edwards, 2008).



Figura 5.1 - Processo do ciclo de vida de um edifício sustentável (Santo, 2010).

5.3.2 Custo total do ciclo de vida do edifício

Como referido anteriormente, um dos fatores com relevância no caminho do desenvolvimento sustentável é o fator económico. No que respeita ao setor da construção, os custos relacionados com o edifício, durante todo o seu ciclo de vida, têm um impacto significativo nos mercados, na sociedade, bem como na qualidade de vida de quem usufrui destes espaços.

Deste modo, interessa estudar como podemos sistematizar estes custos e de que forma podemos contribuir para a sua eficiência nas fases de projeto, construção, operação e demolição do edifício.

O custo total do ciclo de vida de um edifício é definido por Addis e Talbot (2001) como sendo “o valor presente do custo total desse ativo durante a sua vida operacional”. Isso inclui o custo do capital inicial do projeto e construção, custos de financiamento (se aplicável), custos operacionais, custos de manutenção e os eventuais custos de alienação do ativo no final da sua vida.

A aplicação do conceito de custo total do ciclo de vida na indústria da construção civil está a aumentar rapidamente e tem-se verificado a importância de melhorar o processo de recolha de dados na fase de projeto, de modo a desenvolver modelos para auxílio na tomada de decisão relativa ao investimento nos projetos imobiliários.

Atualmente constata-se esta visão global do edifício, atendendo a que o mercado já apresenta soluções construtivas, materiais e equipamentos, que tem em consideração a maior eficiência energética e reduzidos custos de manutenção, nomeadamente por reaproveitamentos térmicos e hídricos, entre outros.

5.4 Aplicação da metodologia emergética em edifícios

Como referido anteriormente, a metodologia emergética não é uma ferramenta massivamente divulgada em estudos ou trabalhos práticos para aferir a sustentabilidade no setor da construção, no caso particular de edifícios.

Os trabalhos efetuados sobre a análise emergética em edifícios ainda são poucos (Meillaud *et al.*, 2005; Pulselli *et al.*, 2007; Carvalho *et al.*, 2009a; Carvalho *et al.*, 2009b; Yi *et al.*, 2017; etc.), sendo de referir a existência de alguns trabalhos realizados em Portugal relacionados com este tema (Amaral, 2013; Amoêda, 2012). Com recurso a esta metodologia é possível identificar, numa base científica, quais as metodologias e materiais mais sustentáveis a aplicar na construção de um edifício. Teoricamente, os edifícios podem ser considerados máquinas térmicas que, numa visão simplificada, usam energia para prestar um determinado serviço em condições de conforto e segurança aos seus utilizadores.

5.5 Apresentação dos dados recolhidos

Para elaboração deste trabalho, foram analisadas diversas publicações internacionais, de diferentes países, pelo que existem condições e requisitos de construção muito diversos, como se verifica de seguida.

Carvalho *et al.* (2009a) fazem uma avaliação emergética de uma casa residencial, tipo T2, de construção convencional, com uma área de 66,26 m² e volume 198,78 m³ em que foram necessários 4 meses para a sua conclusão. A energia total da construção é de 2,07E+17 sej, o que resulta num valor de energia/área igual a 3,12E+15 sej/m² e de energia/volume igual a 1,045E+15 sej/m³. Relativamente aos materiais usados, o cimento teve a maior contribuição emergética com 53,1%, seguindo-se a areia com 23,1% e a pedra com 18,9%. A contribuição da mão de obra foi de 14,28% do total. A *baseline* usada foi 15,83E+24 sej/ano.

Num outro trabalho, Carvalho *et al.* (2009b) utilizam a síntese em energia para avaliar e comparar o impacto ambiental causado por três casas com a mesma planta arquitetónica - uma casa construída de madeira de “aproveitamento” a partir de resíduos deste material, a segunda feita de madeira de primeiro uso e uma terceira de alvenaria. Não é indicado nem a área, nem o volume dos edifícios. Os valores totais da energia das construções foram respetivamente de 3,30E+15 sej, 3,30E+15 sej e 1,21E+16 sej. Na construção das casas de madeira a maior contribuição em energia foi da mão de obra, com 54 a 55% do total, seguindo-se o cimento utilizado na laje com cerca de 20%. No caso da casa em alvenaria, a contribuição em mão de obra foi de 21% e o cimento contribuiu com cerca de 71%. Como recursos renováveis foram considerados a energia solar, a energia cinética do vento e a energia química da chuva, sendo a madeira reaproveitada considerada um recurso renovável da economia. Foram calculados vários índices emergéticos para cada uma das construções, tendo-se obtido, respetivamente, para a casa de madeira reaproveitada, para a casa de madeira de primeiro uso e para a casa de alvenaria: EYR = 1,21, 1,01 e 1,00; EIR = 4,88, 132,31 e 487,27; ELR = 4,88, 132,31 e 487,27 e ESI = 0,25, 0,008 e 0,0021. Os melhores valores (primeiros de cada índice) correspondem à casa construída com madeira recuperada, concluindo-se que esta é a construção mais favorável para o ambiente.

Meillaud *et al.* (2005) faz a avaliação emergética de um edifício de investigação científica - Solar Energy Physics Laboratory (LESO), situado na cidade de Lausanne, na Suíça, composto por três andares e tendo sido construído segundo considerações ambientais especiais, com uma fachada solar virada a sul e um sistema de painéis fotovoltaicos instalado no telhado. A avaliação emergética da fase de construção do edifício resultou num valor de energia necessário de 3,18E+16 sej, em que a instalação do sistema de painéis fotovoltaicos representa somente 0,6% desse valor. O valor por unidade de área resulta em 4,16E+13 sej/m². Não foi incluída a energia de recursos renováveis nem da erosão do solo. O trabalho humano representa 27,4% do total, tendo sido calculado com base no salário médio de um trabalhador e na razão energia/dinheiro do país. A energia do betão corresponde a 31,75% do total, seguindo-se o cimento com 27,18%. O consumo de energia, no ano 2000, foi de 232 MJ/m², correspondendo 156 MJ/m² a eletricidade e 76 MJ/m² a aquecimento, para uma área total iluminada e aquecida de 765 m². Setenta por cento do consumo

de eletricidade deve-se ao equipamento de tratamento de dados. Os painéis fotovoltaicos cobrem 9% do consumo de eletricidade.

Pulselli *et al.* (2007) aplicaram a análise em energia a um prédio italiano, moderno, de construção convencional, com 2700 m² de área útil e volume de 10000 m³, para uso comercial e residencial, constituído por um rés-do-chão, uma cave e 4 andares. A análise foi feita separadamente para três processos – construção, manutenção e operação. Relativamente à construção, com duração de dois anos e meio, o seu valor emergético foi de 1,07E+19 sej, correspondendo a um valor de energia/área igual a 3,96E+15 sej/m² e a um valor de energia/volume igual a 1,07E+15 sej/m³. Considerando um tempo de vida do edifício de 50 anos, pode-se considerar que o edifício corresponde a um reservatório de energia de 21,47E+16 sej/ano. Nesta análise foi considerada a erosão do solo como recurso não renovável, representando 0,44% do total de energia. As fases de construção de maior valor emergético correspondem à fundação e à estrutura do edifício, representando 41% do total (betão e aço). Em relação aos materiais usados, o betão deu a maior contribuição com 44,65%, seguindo-se o tijolo (20,07%), as argamassas (6,57%) e depois o aço (5,15%). O valor da mão de obra total foi de 2% da energia total. Foi calculada a razão energia/dinheiro da construção, obtendo-se o valor 1,08E+13 sej/€. O valor emergético anual calculado para a manutenção foi de 15,30E+16 sej/ano e para o uso do edifício de 6,76E+16 sej/ano. Do cálculo da energia/habitante/ano resultou o valor de 7,50E+15 sej/habitante/ano. Assim, pode-se considerar um fluxo emergético anual total de 43,52E+16 sej/ano, correspondendo 49% à construção, 35% à manutenção e 15% ao uso. A *baseline* usada foi 15,83E+24 sej/ano.

Yi *et al.* (2017), aplicaram a metodologia emergética a uma construção com elevados requisitos ambientais - uma casa *Net Zero Energy Building* (NZEB), sendo a construção de um só piso de 315,7 m² e um volume de 722 m³. A solução construtiva tem elevados padrões de isolamento térmico, evidenciado no mapa de quantidades e contempla também a instalação de sistemas de produção de energia elétrica por mini turbina eólica e por painéis fotovoltaicos. Todo o edifício tem instalado um sistema de climatização do espaço, recorrendo a equipamentos de ar condicionado. Apresenta um valor emergético de 1,72E+18 sej, correspondendo a um valor de energia/área igual a 5,45E+15 sej/m² e a um valor de energia/volume igual a 2,83E+15 sej/m³.

A diversidade bibliográfica é grande, dado que são analisados vários tipos de construção, com os mais diversos requisitos, materiais e tipos de utilização.

O presente trabalho consiste na avaliação emergética de uma habitação em madeira, pelo facto de o autor ter experiência com este tipo de construção e, conseqüentemente, mais facilidade a acesso a dados. Foi considerada uma tipologia T2, de aproximadamente 100 m² de área. De modo a

poder comparar os valores obtidos com os da literatura, foram selecionados para o efeito os trabalhos referenciados na tabela 5.1.

A base desta seleção consistiu no tipo de utilização, obrigatoriamente edifícios residenciais, e metodologias construtivas idênticas. As áreas não foram um critério de seleção, pois limitaria a recolha de dados.

Tabela 5.1 – Comparação entre os valores de energia da construção de vários autores

Construção	País	Utilização	Área (m ²)	Ciclo de Vida (anos)	Volume (m ³)	Energia Total (sej)	Energia/ Área (sej/m ²)	Energia/ Volume (sej/m ³)	Energia/Ano (sej/ano)	Referência
Betão e Bloco	Brasil	Moradia unifamiliar	66	50	198	2,07E+17	3,12E+15	1,05E+15	4,14E+15	Carvalho et al. (2009a)
Madeira	Brasil	Moradia unifamiliar				3,30E+15				Carvalho et al. (2009b)
Madeira Recuperada		Moradia unifamiliar				3,30E+15				
Alvenaria		Moradia unifamiliar				1,20E+16				
Betão e Bloco	Itália	Residencial e Escritórios	2700	50	10000	1,07E+19	3,96E+15	1,07E+15	2,14E+17	Pulselli et al. (2007)
Misto	Coreia	Moradia unifamiliar NZB	316	50	722	1,72E+18	5,45E+15	2,38E+15	3,44E+16	Yi et al. (2017)

6. Análise emergética de construções em madeira

No presente capítulo procede-se à avaliação emergética da fase de construção de um edifício para habitação, cujo material base é a madeira. Este edifício consiste numa moradia unifamiliar de um único piso, com uma área compreendida entre os 90 e os 100 m², cumprindo com todos os requisitos legais de modo a ser licenciável. São estas as premissas para a consulta ao mercado de modo a encontrar a solução construtiva que permita a execução do edifício com o previamente definido. Os sistemas construtivos selecionados têm expressão significativa no mercado, consistindo em várias construções já implementadas e em uso, sendo sistemas industrializados, com as vantagens que a produção em escala pode aportar ao produto final, salientando-se, entre outros fatores, a relação qualidade/preço. Apresentada a seleção dos sistemas construtivos, faz-se depois a avaliação emergética dos mesmos. Os valores obtidos neste trabalho são analisados e comparados com outras soluções construtivas que foram alvo de estudos emergéticos.

6.1 Madeira como material de construção

A escolha da madeira como material de construção prende-se com vários fatores, nomeadamente o facto deste material ser na sua génese sustentável, visto que provém diretamente da natureza, de florestas que funcionam como mecanismos naturais de captura de carbono. As florestas são um ativo de elevada importância que exigem uma atenção criteriosa, pois além da matéria-prima que fornecem para os mais diversos setores de atividade, têm uma importância de relevo na preservação da biodiversidade, qualidade do ar, regulação climática, estabilização de solos, lençóis freáticos, entre outros. Em Portugal, segundo o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), nos últimos anos tem-se verificado a ocorrência de incêndios florestais de grandes dimensões, sendo diversos os fatores que potenciaram e ainda potenciam este risco, o que poderia ser mitigado com políticas de gestão florestal que garantissem uma exploração das florestas de forma equilibrada (LNEC, 2011).

Comparativamente com outros materiais de construção, tal como o betão, o aço e o alumínio, a madeira e seus derivados requerem menor energia na sua transformação. Pelo seu processo natural de crescimento, as árvores funcionam como elementos de captura de CO₂, como exemplo, 1 m³ de madeira de eucalipto poderá ter uma massa de aproximadamente 800 kg, destes

aproximadamente 350 kg são carbono e, portanto, 1 kg de madeira contém 0,4444 kg de carbono (Carazo, 2006).

A madeira, pelas suas características intrínsecas, nomeadamente de resistência física, comportamento térmico e acústico e na reação ao fogo, cumpre de um modo bastante satisfatório as legislações em vigor para a construção, superando mesmo alguns destes aspetos, particularmente no que confere à resistência sísmica. Não menos importante, é de referir que a madeira tem um ciclo de vida longo, aproximando-se dos 50 anos quando devidamente tratada. Este valor está em linha com o de materiais de construção convencionais (como o betão e o aço), com a vantagem de que, na fase de desmantelamento, pode ser facilmente reciclada.

Por último, a madeira como matéria prima, é um material de fácil extração, transformação, transporte e entrega como produto final ao consumidor. Pelo que a sua industrialização para soluções construtivas, além das vantagens ambientais, apresenta um elevado potencial económico, proporcionando a criação de empresas de exploração florestal, de processamento da madeira, de fabrico de diferentes soluções construtivas e, por fim, diversifica a oferta no setor imobiliário residencial. Por comparação com outros mercados, nomeadamente o mercado do Norte da Europa, em que estas soluções já estão amplamente difundidas, constata-se que no mercado nacional o parque de habitação em madeira é residual, contudo existe uma procura crescente em todos os segmentos, desde soluções económicas até segmentos médios e altos (LNEC, 2011).

6.2 Definição da tipologia da construção a analisar

A tipologia estabelecida para este trabalho consiste numa moradia térrea com dois quartos, sala e cozinha, com uma área entre 90 e 100 m², devendo cumprir com todos os requisitos legais de conforto e segurança, de modo a poder ser licenciável. Acrescenta-se o facto desta habitação ter uma classe energética entre A ou A+, o que é garantido pelo caderno de encargos apresentado no Apêndice A.

Definiu-se que esta habitação deveria ter um estilo arquitetónico atual, em que a madeira, à cor natural, fosse o elemento predominante no interior e exterior da habitação.

A análise que é feita neste trabalho considera apenas a construção pronta a habitar, excluindo mobiliário interior bem como eventuais sistemas de climatização, aquecimento, painéis solares entre outros, permitindo assim uma melhor comparação com os trabalhos da literatura. O custo total do imóvel não poderá ultrapassar os sessenta mil euros.

A figura 6.1 representa a planta de uma habitação tipo - uma moradia com a tipologia requerida, com 91,21 m² de área de construção.

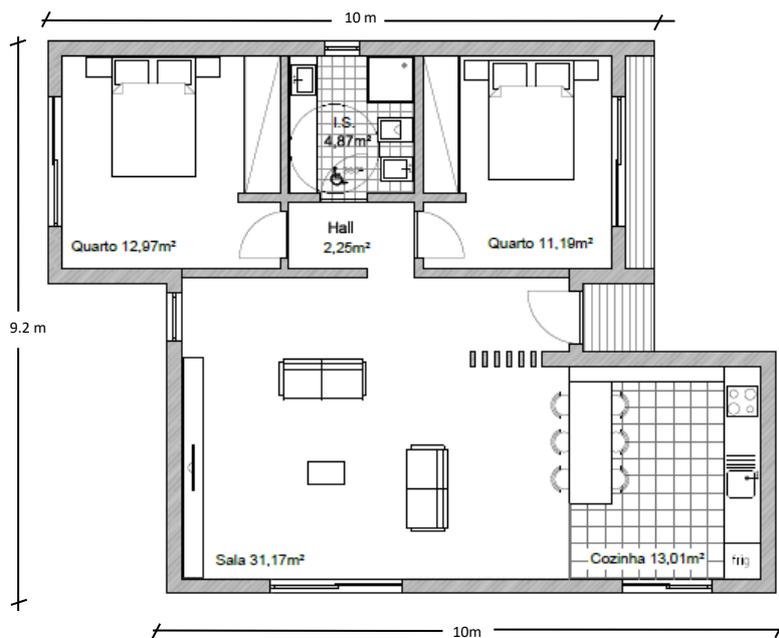


Figura 6.1 - Planta de uma habitação tipo T2.

6.3 Consulta ao mercado

Com os requisitos estabelecidos, realizou-se uma consulta ao mercado e são várias as soluções nacionais e estrangeiras encontradas, que vão desde casas pré-fabricadas (figura 6.2), casas modulares (figura 6.3), modelos tipo cabana *A frame* (figura 6.4), casas em blocos de madeira *BRICAWOOD* (figuras 6.5 e 6.6). De todos estes sistemas construtivos, a referenciar uma solução holandesa, que consiste numa casa de papel, a *WINKKLEHOUSE* (figura 6.7). Trata-se de uma solução construtiva que, pese embora não se enquadre neste trabalho, interessa pela inovação e no processo de produção industrial. O processo construtivo da *WINKKLEHOUSE* é totalmente produzido em fábrica com processos mecanizados e automatizados, recorrendo a reduzida mão de obra nas diferentes fases construtivas. Os diversos módulos *standard* são depois assemblados no local de instalação, permitindo diferentes tipos de configurações e soluções de habitação.



Figura 6.2 - Construção Pré-Fabricada (Adria, s.d.).



Figura 6.3 - Construção Modular (DiscoverCasa, s.d.).



Figura 6.4 - Casa tipo cabana (Avrame, s.d.).



Figura 6.5 - Construção em Blocos de Madeira 1 (BRICAWOOD, s.d.).



Figura 6.6 - Construção em Blocos de Madeira 2 (BRICAWOOD, s.d.).



Figura 6.7 - Construção de Casa Modular em Papel (WINKKLEHOUSE, s.d.).

Para os requisitos deste trabalho existem duas soluções construtivas com especial interesse – construção em tipo Troncos de Madeira e construção por *Timber frame* ou tipo Estrutura Ligeira.

A construção em tipo Troncos de Madeira caracteriza-se por ser o sistema construtivo mais tradicional e, como o nome indica, consiste na montagem de troncos boleados ou com corte reto, fixados com sistemas de encaixe próprios, formando assim as paredes de sustentação de toda a habitação (figura 6.8).



Figura 6.8 - Casas tipo Troncos de Madeira (LOGDOMUS, s.d.).

A construção por *Timber frame* ou tipo Estrutura Ligeira, apresentada na figura 6.9, é o sistema construtivo mais difundido, visto que permite maior liberdade arquitetônica, consistindo na assemblagem de uma estrutura em madeira que funciona como trama, onde são colocados isolamentos, elementos impermeabilizantes e feitos os revestimentos nos materiais pretendidos. A leveza deste tipo de solução construtiva face à construção convencional ou mesmo em tipo Troncos de Madeira, faz com que seja a solução indicada para terrenos com baixa capacidade de carga, quer seja pela inclinação, quer pela má estabilização de solos.



Figura 6.9 - Casas tipo Estrutura Ligeira (Rusticasa, s. d.).

Na pesquisa realizada verificou-se a existência de outros tipos de soluções construtivas, algumas delas com sistemas próprios de painéis pré-fabricados com impermeabilização e isolamento já incluídos. Salienta-se entre estes o sistema construtivo *Post & Beam*, poste e viga. Este sistema consiste na construção de uma estrutura com vigas e postes em madeira que permite a execução de grandes vãos, podendo-se proceder à construção das paredes exteriores e interiores com os mais diversos sistemas e materiais. Face ao objetivo deste trabalho estes sistemas não se adequam, pelo que fica apenas a referência aos mesmos.

Em qualquer tipo de construção, em particular nas construções em madeira, existe um conjunto de conceitos técnicos que importa abordar, que se apresentam a seguir.

Fundações

Dependendo do tipo de solo, e mesmo da solução construtiva, as fundações podem ser feitas em betão, em terraplano ou então elevadas do nível do solo, sendo esta última solução a mais recomendável, uma vez que cria uma caixa de ar que funciona como elemento isolante, impedindo assim a ascensão de humidades por capilaridade para pavimentos e paredes. Existem também soluções em estrutura de ferro ou mesmo sistemas niveladores, pelo que, mais uma vez, este tipo de construção apresenta uma flexibilidade de adaptação a diferentes tipos de terrenos que a construção convencional em betão não permite.

Estanquicidade

A madeira e os seus derivados, usados neste tipo de construção são selecionados, tratados e trabalhados de modo a garantir a estanquicidade aos elementos climatéricos externos, assegurando que não existe entrada nem estagnação de águas ou humidades. No sistema *Timber frame*, tipo Estrutura Ligeira, a impermeabilização é feita pela aplicação de membranas de modo a garantir que não existe entrada de água para o interior do edifício.

A madeira e seus derivados, devido às suas características higroscópicas, são um regulador natural de humidade, o que se aplica diretamente à solução em análise pelo facto de as paredes interiores serem em madeira.

Isolamento

No sistema *Timber frame* o isolamento térmico é inserido entre as paredes exteriores e interiores, dando cumprimento aos requisitos e normas energéticas. No sistema de tipo Troncos de Madeira, o isolamento é garantido pela madeira, que é por si mesmo um isolante natural de elevado desempenho. Contudo, é necessário a garantia de uma espessura mínima nas paredes de 100 mm. Existe sempre a possibilidade de instalação de isolamento térmico adicional pelo exterior e/ou pelo interior, caso os requisitos da habitação assim o exijam.

Revestimento exterior

Este depende da solução construtiva, contudo a seleção do método construtivo definirá muito o material exterior, exemplo disso é que numa casa em tipo Troncos de Madeira não fará muito sentido que o revestimento desta não seja a própria madeira. Já uma opção de tipo Estrutura Ligeira (*Timber frame*) permite a instalação de revestimentos exteriores em madeira ou outros materiais, tal como metal, painéis compósitos, ou mesmo reboco.

Revestimento interior

O revestimento interior pode ser feito com materiais à escolha, contudo, face às características destas casas, o elemento predominante é a madeira, salientando-se que no caso em análise, a casa de banho e a cozinha têm paredes em material cerâmico, uma solução muito comum que garante uma maior facilidade no uso e manutenção destes espaços.

Cobertura

Esta pode ser plana ou inclinada, em tela asfáltica, telha ou outro material, existindo também soluções interessantes de coberturas ajardinadas. Para o caso deste estudo, a cobertura será plana, impermeabilizada com tela asfáltica, com isolamento térmico realizado com material isolante em complemento ao isolamento da própria madeira.

As instalações técnicas são todas embutidas, estão ocultas em paredes, pavimentos e tetos, todos os elementos são construídos e maquinados em fábrica de modo a contemplar passagem de infraestruturas.

O transporte e montagem deste tipo de solução construtiva requer recursos humanos e equipamentos específicos. Pelas suas características construtivas, este tipo de solução requer acessos facilitados a viaturas pesadas, bem como equipamentos para manobra e montagem. Comparativamente com a construção convencional, os recursos humanos capacitados para este tipo de construção são mais escassos e, pese embora a simplicidade que estes processos construtivos possam apresentar, por questões de segurança, garantia de qualidade da construção e custos, importa contratar empresas com recursos técnicos e humanos adequados e devidamente qualificados.

6.4 Memória descritiva

Decorrente da consulta ao mercado, foram facultados pela generalidade das empresas, orçamentos e memórias descritivas bastante completas, pelo que, face aos conhecimentos prévios, foi fácil o entendimento do processo construtivo, a identificação dos materiais utilizados, bem como os princípios e metodologias de montagem.

A elaboração deste trabalho requer a obtenção das quantidades dos diferentes materiais utilizados, constatando-se, alguma relutância por parte destas empresas em facultar estes mesmos dados. Com este facto, tendo como base as memórias descritivas e plantas, realizaram-se as medições e quantificação de todos os materiais utilizados, processo análogo ao de orçamentação nos setores da construção civil e da metalomecânica. De modo a obter valores os mais rigorosos possíveis, foi necessária uma consulta exaustiva e completa a manuais e fichas técnicas dos fabricantes dos materiais discriminados.

No decorrer do trabalho de pesquisa no mercado, com os diferentes orçamentos e soluções construtivas, compilou-se uma memória descritiva base, com a qual se procederá à quantificação de materiais.

A memória descritiva relativa à habitação unifamiliar tipologia T2, conforme requerido para este trabalho, apresenta-se no Anexo I. Foram considerados como elementos de base para elaboração da referida memória descritiva, requisitos no que refere a uma solução construtiva moderna, apelativa para um segmento de mercado médio e médio alto, eventualmente como casa de segunda habitação.

Adotaram-se soluções construtivas, que permitem uma execução perfeita e compatível com a disponibilidade dos recursos materiais existentes no mercado nacional, mas condizente com os requisitos do segmento de mercado que se pretende dar resposta. Obrigatório é o cumprimento de todas as legislações em vigor para licenciamento do referido empreendimento, salientando-se que deverá ter classificação energética A ou A+.

O edifício ocupará uma área aproximada de 92 m², com a seguinte distribuição:

- Cozinha - 13,01 m²
- Sala - 31,17 m²
- Instalações Sanitárias - 4,87 m²
- Quarto - 12,97 m²
- Quarto - 11,19 m²
- Circulação - 2,25 m²
- Alpendre - 10 m²

6.5 Mapa de quantidades e conversão de valores

Com base na planta e memória descritiva realizou-se a quantificação de todos os materiais utilizados na construção. Tal como referido anteriormente, este processo teve como base, técnicas de orçamentação utilizadas na construção civil e na construção metalomecânica. Neste processo, procedeu-se à consulta a fornecedores e fabricantes dos mais diversos artigos. Desta fase do trabalho resultou a tabela 6.1, em que se identificam e especificam as quantidades dos materiais utilizados na construção em estudo.

Tabela 6.1 - Mapa de quantidades das construções de madeira em estudo.

Material	Quantidade	Unidade
Forro de Madeira Pinho	3,76	m ³
Madeira de Pinho Vermelho	3,5	m ³
Madeira de Abeto	4,7	m ³
Madeira de Pinho Tratado	12,7	m ³
Contraplacado 2500x1250x21mm	100,0	m ²
MDF ^{1.1}	0,2	m ³
Aglomerado de OSB 250x125x15mm	263,5	m ²
Pavimento Flutuante	56,9	m ²
Tela Asfáltica	103,5	m ²
Tela para Vapor	325,9	m ²
Tela Impermeabilizante	170,5	m ²
Lã Mineral 1250x600x60mm	202,1	m ²
Lã Mineral 1250x600x45mm	482,9	m ²
XPS ^{1.2} 1250x600x40mm	531,3	m ²
Cerâmico	34,2	m ²
Verniz	50	l
Pintura Metálica	118,7	m ²
Cerâmica Sanitária	58	kg
Ferro Estrutura e Ferragens	3968,3	kg
Chapa 2mm	49,2	m ²
Alumínio	210,2	kg
Fundações Metálicas	1000	kg
Cobre	10	kg
Vidro Duplo	304	kg
PVC ^{1.3}	8	kg
PVC Hidráulico	15	kg

^{1.1} Medium Density Fiberboard

^{1.2} Poliestireno Extrudido

^{1.3} Policloreto de Vinilo

Para a realização da análise emergética é necessário obter as quantidades de materiais usados na unidade de massa do Sistema Internacional (SI) - o quilograma (kg). Assim, converteram-se as quantidades dos materiais referidos na tabela 6.1, expressas em unidades de volume e unidades de área, para a unidade de massa, consultando as fichas técnicas dos materiais em questão. Esse processo de conversão é mostrado na tabela 6.2.

Tabela 6.2 - Tabela de conversão de quantidades para a unidade de massa (kg).

Material	Quantidade	Unidade	Densidade (kg/m ³)	Densidade (kg/m ²)	Valor Kg	Unidade	Fonte
Forro de Madeira Pinho	3,76	m ³	550		2068	kg	sandalo
Lã Mineral 1250x600x60mm	12,0	m ³	30		360	kg	rockwool
Lã Mineral 1250x600x45mm	21,8	m ³	30		654,0	kg	rockwool
XPS 1250x600x40mm	21,0	m ³	32		672,0	kg	danosa
Aglomerado de OSB 250x125x15mm	4,0	m ³	530		2098,8	kg	sandalo
Tela Asfáltica	103,5	m ²		4	414	kg	imperialum
Cerâmico	34,2	m ²		21	717,2	kg	margres
Contraplacado 2500x1250x21mm	2,1	m ³	670		1407,0	kg	sandalo
Tela para Vapor	325,9	m ²		2,5	814,7	kg	imperialum
Tela Impermeabilizante	170,5	m ²		4	681,8	kg	sotecnisol
Pavimento Flutuante AC4	56,9	m ²		5,6	318,4	kg	finfloor
Ferro - Estrutura + Ferragens	3968,3	kg	1		3968,3	kg	oscacer
Metalização	118,7	m ²		1,67	198	kg	tintas-lacca
Verniz	50	l	0,96		48	kg	iberotintas
Madeira de pinho Vermelho	3,5	m ³	550		1914	kg	sandalo
Madeira de Abeto	4,7	m ³	460		2157,4	kg	sandalo
MDF	0,2	m ³	610		122	kg	sandalo
Chapa 2mm	49,2	m ²		16	787	kg	oscacer
Madeira de Pinho Tratado	12,7	m ³	550		6963	kg	sandalo
Vidro	304,0	kg			304	kg	navarra
Alumínio	210,2	kg			210,2	kg	navarra
Cerâmica Sanitária	58	kg			58	kg	roca

Para exemplo demonstrativo do trabalho efetuado, considere-se como exemplo o primeiro material da tabela. Considerando que o total de forro de madeira de pinho utilizado foi de 3,76 m³ e sendo a densidade deste material de 550 kg/m³, tem-se um total de 2068 kg - consulta efetuada no catálogo de um fornecedor (Sandalo, s.d.).

Obtém-se de igual forma massa de tela asfáltica usada na cobertura, em que foi utilizado 103 m² deste material - sendo a densidade deste material de 4 kg/m², obtém-se um total de 414,4 kg.

Finalizado o levantamento dos materiais utilizados na construção da habitação e calculadas as respetivas quantidades, foi feito o cálculo do volume de mão de obra empregue (em horas), e custo dos equipamentos alugados e dos combustíveis consumidos (em euros), com base na experiência do autor, conforme se segue:

Mão de obra

- 1 Engenheiro, 100 horas de trabalho de fiscalização da obra;
- 6 Técnicos, 8 horas/dia, 60 dias de trabalho em fábrica;
- 6 Técnicos, 8 horas/dia, durante 30 dias em trabalhos de montagem;
- 1 Manobrador, durante 15 dias.

Total - 4540 horas de trabalho

Combustíveis

Consumo estimado para equipamentos com regime de funcionamento:

- Gerador, 10 horas/dia durante 15 dias.
- Multifunções, 6 horas de funcionamento por dia.

Custo Total - 792€

Equipamentos

- Multifunções, durante 15 dias;
- Gerador 10 KVA, 15 dias;
- Transporte de Material de Unidade Fabril para local de construção.

Custo Total - 3800€

6.6 Aplicação da metodologia emergética

Finalizado o processo de identificação e quantificação de todos os recursos utilizados na construção, procede-se à aplicação da metodologia emergética. Como referido no capítulo 4.1, a metodologia emergética é composta por três fases distintas, consistindo a primeira etapa na construção do diagrama de fluxos de energia do sistema; a segunda etapa, na construção da tabela de avaliação emergética e a terceira etapa, no cálculo de índices emergéticos. Estas três fases são desenvolvidas em detalhe nos próximos subcapítulos.

6.6.1 Construção do diagrama de fluxos de energia

A construção do diagrama de fluxos de energia deve representar o processo de construção do edifício, de modo a que seja possível graficamente entender o sistema em análise. Para isso, todas as entradas devem ser representadas, sejam estas provenientes da natureza, por uso de recursos renováveis ou não renováveis, ou dos contributos económicos, sejam estes na forma de materiais ou serviços. Deste modo, pela análise do referido diagrama, deverá ser possível, identificar e caracterizar todos os recursos, a sua proveniência, bem como os processos e trabalhos desenvolvidos, e considerar ainda a identificação de perdas. A construção do diagrama emergético permite o mapeamento dos processos e materiais envolvidos, na construção da habitação, como exemplificado na figura 6.10.

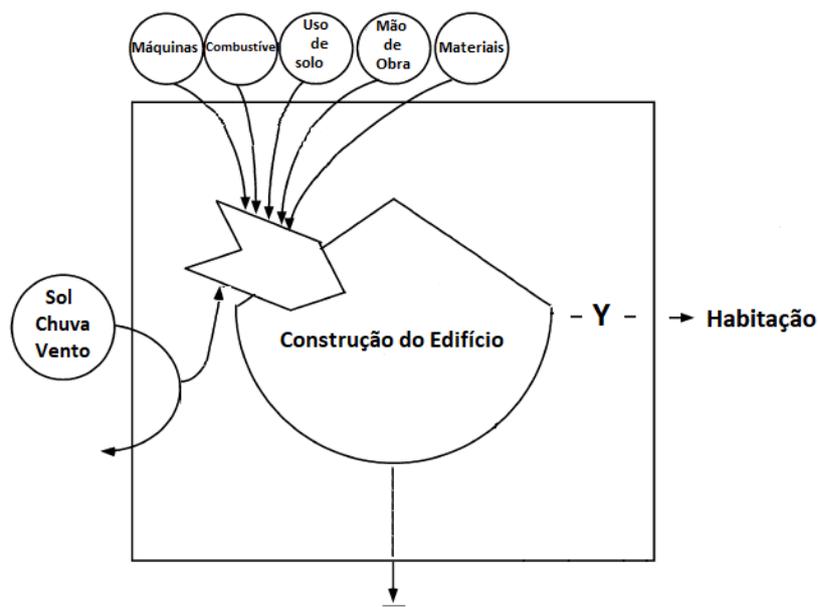


Figura 6.10 - Diagrama emergético de construção da habitação (adaptado de Pulselli et al., 2007).

O resultado deste sistema (Y) corresponde ao fluxo total de energia que foi necessário para a construção da habitação. Este valor corresponde ao somatório dos contributos do ambiente e da economia na construção do edifício.

6.6.2 Construção da tabela de avaliação emergética

Na construção da tabela emergética além dos materiais utilizados no processo construtivo, calculados na tabela 6.4 e de modo a realizar-se uma avaliação integral e o mais rigorosa possível, são considerados outros fatores, nomeadamente, os recursos renováveis, tal como a radiação solar na área de construção, e os recursos não renováveis, sendo neste caso a erosão do solo. Realizar-se-á a avaliação emergética às soluções construtivas em madeira, do tipo Estrutura Ligeira (*Timber Frame*) e do tipo Troncos de Madeira.

6.6.2.1 Habitação em madeira do tipo Estrutura Ligeira

Neste levantamento não são considerados os trabalhos de Arquitetura e Engenharia, pelo facto deste tipo de solução construtiva permitir a utilização de um projeto base para diversos empreendimentos, podendo-se sempre proceder a customizações, mas de forma menos onerosa.

Na tabela 6.3 realiza-se a contabilização emergética total da construção do edifício em avaliação, tendo os valores dos UEVs sido obtidos de trabalhos anteriores nos quais se salientam:

Odum *et al.* (2000); Brown e Buranakarn (2003); Meillaud *et al.* (2005); Odum (1996); Brown & Arding (1991); Bastianoni *et al.* (2005); Ulgiati *et al.* (1994). Com base nestas referências a *baseline* das transformidades para este trabalho foi $15,83E+24/\text{ano}$.

Os valores dos itens de 1 a 5 foram calculados com base no trabalho de Pinheiro (2015), multiplicando os valores (quantidades) desse trabalho pela razão entre a área de implantação das habitações deste trabalho e a área da superfície de Portugal Continental: $120 \text{ m}^2 / 8,91 \times 10^{10} \text{ m}^2 = 1,35 \times 10^{-9}$.

Para o cálculo da energia correspondente ao uso do solo (item 6), considerou-se que, sendo a área de implantação da casa de 120 m^2 , a criação de zona de sombra inutiliza de forma permanente o correspondente a 120 m^3 de solo fértil. O valor de energia obtém-se pela multiplicação do volume pela densidade, pela percentagem de matéria orgânica contida no solo, pela energia por quilograma e pelo fator de conversão de quilocaloria (kcal) para joule (J), correspondendo a $120 \text{ m}^3 \times 1600 \text{ kg/m}^3 \times 0,03 \times 5000 \text{ kcal/kg} \times 4186 \text{ J/kcal} = 1,21 \times 10^{11} \text{ sej}$.

Os itens 33 e 34 correspondem aos custos inerentes ao aluguer de equipamentos, multifunções, gerador e combustíveis.

O item 35 corresponde ao trabalho de fiscalização, tendo-se considerado um valor residual de 100 horas apenas para o acompanhamento da obra. Reforça-se a ideia de que este tipo de solução de construção *standard*, permite a otimização ao nível dos projetos de Arquitetura e Engenharia.

Por fim, os itens 36 e 37 correspondem à mão de obra em fábrica e montagem no local do empreendimento. A equipa de fábrica é composta por seis elementos durante 60 dias úteis, a fase de montagem implica uma equipa de 6 elementos durante 30 dias e um manobrador alocado, por 15 dias, especificamente para as fases da montagem das peças com maior dimensão.

Nas tabelas 6.3 e 6.5 os itens estão organizados quanto ao tipo de recurso, sejam económicos (F) ou ambientais e estes últimos são divididos em renováveis (R) e não renováveis (N).

Tabela 6.3 - Tabela emergética da construção em tipo Estrutura Ligeira.

Item	Material	Quantidade	Unidade	UEV (sej/und)	Referência	Energia (sej)	Porcentagem	Tipo Recurso
1	Radiação Solar	6,92E+11	J	1	Pinheiro, 2015	6,92E+11	0,00%	R
2	Chuva, química (Terrestre),	3,31E+08	J	3,05E+04	Pinheiro, 2015	1,01E+13	0,01%	R
3	Chuva, química (plataforma continental)	7,82E+07	J	3,05E+04	Pinheiro, 2015	2,39E+12	0,00%	R
4	Chuva, química geopotencial	1,24E+08	J	4,66E+04	Pinheiro, 2015	5,76E+12	0,00%	R
5	Vento	3,11E+09	J	2,45E+03	Pinheiro, 2015	7,62E+12	0,01%	R
6	Uso do Solo	1,21E+11	J	124000	Odum et al. 2000	1,49E+16	10,5%	N
7	Forro de Madeira Pinho	2068,0	kg	1,12E+12	Buranakarn, 1998	2,32E+15	1,6%	F
8	Madeira de Pinho Vermelho	1914,0	kg	1,12E+12	Buranakarn, 1998	2,14E+15	1,5%	F
9	Madeira de Abeto	2157,4	kg	1,12E+12	Buranakarn, 1998	2,42E+15	1,7%	F
10	Madeira de Pinho Tratado	6963,0	kg	1,12E+12	Buranakarn, 1998	7,80E+15	5,5%	F
11	Contraplacado 2500x1250x21mm	1407,0	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	2,59E+15	1,8%	F
12	MDF	122,0	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	2,24E+14	0,2%	F
13	Aglomerado de OSB 250x125x15mm	2098,8	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	3,86E+15	2,7%	F
14	Pavimento Flutuante	318,4	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	5,86E+14	0,4%	F
15	Tela Asfáltica	414,0	kg	3,42E+12	Cabezas et al., 2010	1,42E+15	1,0%	F
16	Tela para Vapor	814,7	kg	6,7E+12	Buranakarn, 1998	5,46E+15	3,8%	F
17	Tela Impermeabilizante	681,8	kg	3,42E+12	Buranakarn, 1998	2,33E+15	1,6%	F
18	Lã Mineral 1250x600x60mm	360,0	kg	3,05E+12	Buranakarn, 1998	1,10E+15	0,8%	F
19	Lã Mineral 1250x600x45mm	654,0	kg	3,05E+12	Buranakarn, 1998	1,99E+15	1,4%	F
20	XPS 1250x600x40mm	672,0	kg	8,75E+12	Meillaud et al., 2005b	5,88E+15	4,1%	F
21	Cerâmico	717,2	kg	3,89E+12	Buranakarn, 1998	2,79E+15	2,0%	F
22	Verniz	48,0	kg	1,93E+13	Buranakarn, 1998	9,26E+14	0,6%	F
23	Pintura Metálica	197,0	kg	1,93E+13	Buranakarn, 1998	3,80E+15	2,7%	F
24	Cerâmica Sanitária	58,0	kg	3,89E+12	Buranakarn, 1998	2,26E+14	0,2%	F
25	Ferro Estrutura e Ferragens	3968,3	kg	5,28E+12	Buranakarn, 1998	2,10E+16	14,7%	F
26	Chapa 2mm	787,0	kg	5,28E+12	Buranakarn, 1998	4,16E+15	2,9%	F
27	Alumínio	210,2	kg	1,61E+13	Buranakarn, 1998	3,38E+15	2,4%	F
28	Fundações Metálicas	1000,0	kg	5,28E+12	Buranakarn, 1998	5,28E+15	3,7%	F
29	Cobre	10,0	kg	8,61E+13	Meillaud et al., 2005b	8,61E+14	0,6%	F
30	Vidro Duplo	304,0	kg	1E+13	Buranakarn, 1998	3,04E+15	2,1%	F
31	PVC	8,0	kg	9,68E+12	Pulselli et al. 2008	7,74E+13	0,1%	F
32	PVC Hidráulico	15,0	kg	9,68E+12	Pulselli et al. 2008	1,45E+14	0,1%	F
33	Maquinaria e Transportes Custo (Euro)	3800,0	€	3,66E+12	Amaral, 2013	1,39E+16	9,7%	F
34	Combustíveis (Euros)	792,0	€	3,66E+12	Amaral, 2013	2,90E+15	2,0%	F
35	Fiscalização	4,50E+07	J	1,24E+07	Pulselli et al. 2008	5,58E+14	0,4%	F
36	Mão de obra Fábrica	1,30E+09	J	1,24E+07	Pulselli et al. 2008	1,61E+16	11,2%	F
37	Mão de obra Montagem	7,02E+08	J	1,24E+07	Pulselli et al. 2008	8,70E+15	6,1%	F
							100%	
Energia Total (sej)						1,43E+17		

Valores já convertidos para a *baseline* do trabalho

Como resultado da análise energética para a solução construtiva em estudo resulta uma energia total $1,43E+17$ sej, sendo $1,28E+17$ sej correspondente a recursos económicos, $1,49E+16$ sej correspondente a recursos naturais não renováveis e $2,66E+13$ sej a recursos naturais renováveis, como está ilustrado na figura 6.11, em que é evidente a grande contribuição dos recursos económicos.

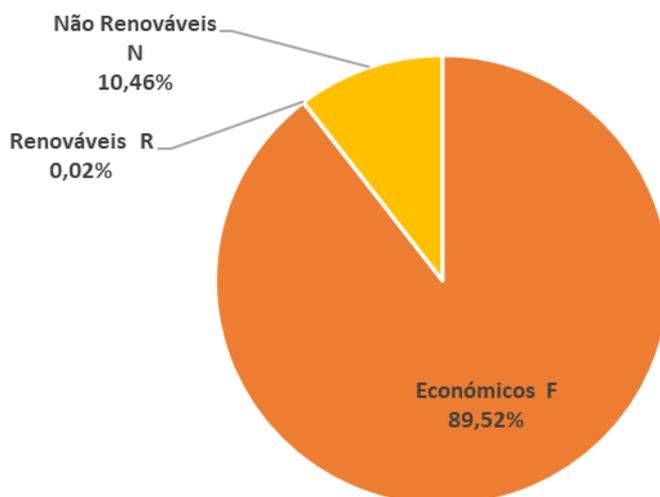


Figura 6.11 - Gráfico com distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso – tipo Estrutura Ligeira.

A tabela 6.4 apresenta os fluxos de energia dos diversos componentes dos recursos económicos, estando estes agregados em oito grupos diferentes, de acordo com a natureza e função dos mesmos.

Tabela 6.4 - Fluxos económicos de mão de obra e materiais na construção tipo Estrutura Ligeira.

Materiais e Mão de Obra	Energia (sej)	Porcentagem
Materiais ferrosos e ligas	$3,46E+16$	24%
Mão de obra	$2,53E+16$	18%
Madeira e derivados	$2,19E+16$	15%
Isolamento e impermeabilização	$1,82E+16$	13%
Maquinaria e transporte	$1,68E+16$	12%
Tintas e vernizes	$4,73E+15$	3,3%
Vidro, PVC, outros compósitos	$3,26E+15$	2,3%
Cerâmico	$3,02E+15$	2,1%

Pela análise desta tabela, verifica-se que 24% da energia dos recursos económicos tem origem em materiais ferrosos e ligas metálicas, sendo que a estrutura da habitação, bem como a estacaria de suporte (que são todas fabricadas em ferro), representam o maior contributo para este tipo de recursos.

A mão de obra representa uma percentagem significativa dos fluxos económicos, 18%, apesar da solução construtiva ser pré-fabricada e produzida em fábrica, em que vários materiais são adquiridos prontos a instalar, nomeadamente o forro de pinho.

A madeira e todos os seus derivados representam 15% da emergência dos recursos económicos, sendo este valor bastante razoável face à solução construtiva. Os materiais de isolamento e impermeabilização têm um peso de 13%.

Estes sistemas construtivos, como referido no capítulo 6.3, têm necessidade na fase de montagem no local de construção, de meios de transporte e de maquinaria com características específicas, representando 12% do total dos recursos económicos.

Tintas e vernizes, materiais cerâmicos e policloreto de vinil (PVC - *Poly Vinyl Chloride*) de tubagens e cablagens representam 3,3%, 2,3% e 2,1% do total respetivamente.

O gráfico da figura 6.12 dá uma perspetiva global e imediata da distribuição da emergência pelos diferentes constituintes dos recursos económicos.

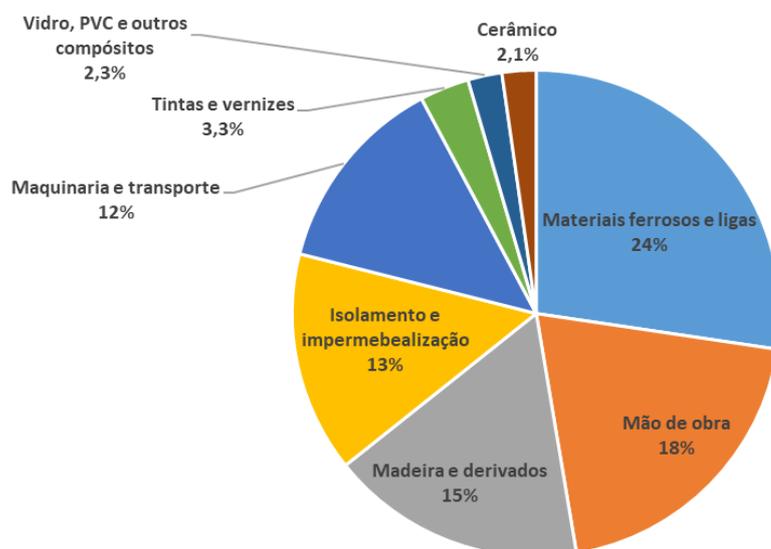


Figura 6.12 - Gráfico com distribuição percentual de emergência requerida por tipo de recurso económico – tipo Estrutura Ligeira.

6.6.2.2 Habitação em madeira do tipo Troncos de Madeira

Esta solução construtiva é idêntica à tipo Estrutura Ligeira, apenas as paredes consistem em peças únicas de madeira maciça de comprimento variável, mas com uma espessura de 140 mm, garantido assim o isolamento térmico, acústico e a estanquicidade, cumprindo com os mesmos requisitos da habitação em estrutura leve de madeira.

Neste sistema há uma redução substancial do material isolante em lã de rocha e um aumento substancial do valor do peso da madeira. A considerar que o peso de um painel de um metro quadrado de madeira maciça com 140 mm de espessura é de 98 kg.

A tabela 6.5 apresenta a contabilidade emergética deste sistema construtivo.

Tabela 6.5 - Tabela emergética para construção tipo Troncos de Madeira.

Item	Material	Quantidade	Unidade	UEV (sej/und)	Referência	Energia (sej)	Porcentagem	Tipo Recurso
1	Radiação Solar	6,92E+11	J	1	Pinheiro, 2015	6,92E+11	0,00%	R
2	Chuva, química (Terrestre),	3,31E+08	J	3,05E+04	Pinheiro, 2015	1,01E+13	0,01%	R
3	Chuva, química (plataforma continental)	7,82E+07	J	3,05E+04	Pinheiro, 2015	2,39E+12	0,00%	R
4	Chuva, química geopotencial	1,23E+08	J	4,66E+04	Pinheiro, 2015	5,75E+12	0,00%	R
5	Vento	3,11E+09	J	2,45E+03	Pinheiro, 2015	7,62E+12	0,01%	R
6	Uso do Solo	1,21E+11	J	124000	Odum et al. 2000	1,49E+16	10,8%	N
7	Forro de Madeira Pinho			1,12E+12	Buranakarn, 1998	0,00E+00	0,0%	F
8	Madeira de Pinho Vermelho			1,12E+12	Buranakarn, 1998	0,00E+00	0,0%	F
9	Madeira de Abeto			1,12E+12	Buranakarn, 1998	0,00E+00	0,0%	F
10	Madeira de Pinho Tratado	18150,0	kg	1,12E+12	Buranakarn, 1998	2,03E+16	14,8%	F
11	Contraplacado 2500x1250x21mm	1407,0	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	2,59E+15	1,9%	F
12	MDF	122,0	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	2,24E+14	0,2%	F
13	Aglomerado de OSB 250x125x15mm			1,84E+12	Buranakarn, 1998	0,00E+00	0,0%	F
14	Pavimento Flutuante	318,4	kg	1,84E+12	Buranakarn, 1998	5,86E+14	0,4%	F
15	Tela Asfáltica	414,0	kg	3,42E+12	Cabezas et al., 2010	1,42E+15	1,0%	F
16	Tela para Vapor	250,0	kg	6,7E+12	Buranakarn, 1998	1,68E+15	1,2%	F
17	Tela Impermeabilizante	681,8	kg	3,42E+12	Buranakarn, 1998	2,33E+15	1,7%	F
18	Lã Mineral 1250x600x60mm			3,05E+12	Buranakarn, 1998	0,00E+00	0,0%	F
19	Lã Mineral 1250x600x45mm			3,05E+12	Buranakarn, 1998	0,00E+00	0,0%	F
20	XPS 1250x600x40mm	672,0	kg	8,75E+12	Meillaud et al., 2005b	5,88E+15	4,3%	F
21	Cerâmico	717,2	kg	3,89E+12	Buranakarn, 1998	2,79E+15	2,0%	F
22	Verniz	48,0	kg	1,93E+13	Buranakarn, 1998	9,26E+14	0,7%	F
23	Pintura Metálica	197,0	kg	1,93E+13	Buranakarn, 1998	3,80E+15	2,8%	F
24	Cerâmica Sanitária	58,0	kg	3,89E+12	Buranakarn, 1998	2,26E+14	0,2%	F
25	Ferro Estrutura e Ferragens	3968,3	kg	5,28E+12	Buranakarn, 1998	2,10E+16	15,2%	F
26	Chapa 2mm	787,0	kg	5,28E+12	Buranakarn, 1998	4,16E+15	3,0%	F
27	Alumínio	210,2	kg	1,61E+13	Buranakarn, 1998	3,38E+15	2,5%	F
28	Fundações Metálicas	1000,0	kg	5,28E+12	Buranakarn, 1998	5,28E+15	3,8%	F
29	Cobre	10,0	kg	8,61E+13	Meillaud et al., 2005b	8,61E+14	0,6%	F
30	Vidro Duplo	304,0	kg	1E+13	Buranakarn, 1998	3,04E+15	2,2%	F
31	PVC	8,0	kg	9,68E+12	Pulselli et al. 2008	7,74E+13	0,1%	F
32	PVC Hidráulico	15,0	kg	9,68E+12	Pulselli et al. 2008	1,45E+14	0,1%	F
33	Maquinaria e Transportes Custo (Euro)	3800,0	€	3,66E+12	Amaral, 2013	1,39E+16	10,1%	F
34	Combustíveis (Euros)	792,0	€	3,66E+12	Amaral, 2013	2,90E+15	2,1%	F
35	Fiscalização	4,50E+07	J	1,24E+07	Pulselli et al. 2008	5,58E+14	0,4%	F
36	Mão de obra Fábrica	6,48E+08	J	1,24E+07	Pulselli et al. 2008	8,04E+15	5,8%	F
37	Mão de obra Montagem	1,35E+09	J	1,24E+07	Pulselli et al. 2008	1,67E+16	12,1%	F
							100%	
Energia Total (sej)						1,38E+17		

Valores já convertidos para a *baseline* do trabalho

Como resultado da análise energética para a solução construtiva, obtém-se o valor global $1,38E+17$ sej, em que $1,23E+17$ sej corresponde a recursos económicos, os recursos naturais não renováveis totalizam o valor de $1,49E+16$ sej e o valor de $2,66E+13$ sej corresponde aos recursos naturais renováveis (figura 6.13).

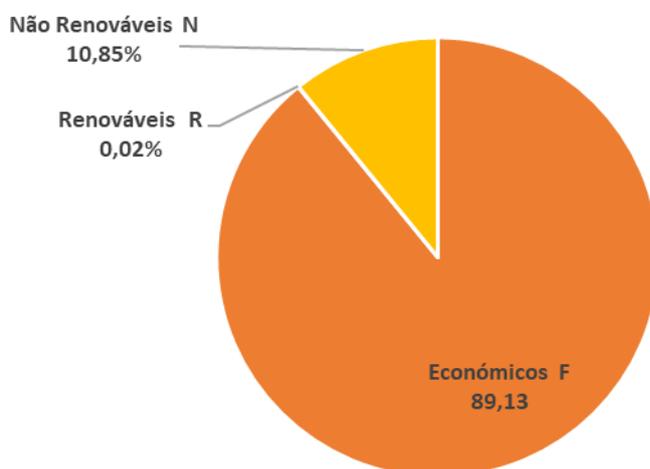


Figura 6.13 - Gráfico com distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso – tipo Troncos de Madeira.

A tabela 6.6 consiste na compilação agregada por tipo e função dos diferentes materiais para a solução construtiva em tipo Troncos de Madeira.

Tabela 6.6 - Fluxos económicos de mão de obra e materiais na construção tipo Troncos de Madeira.

Materiais e Mão de Obra	Energia (sej)	Porcentagem
Materiais ferrosos e ligas	$3,46E+16$	25%
Mão de obra	$2,53E+16$	18%
Madeira e derivados	$2,37E+16$	17%
Maquinaria e transporte	$1,68E+16$	12%
Isolamento e impermeabilização	$7,30E+15$	8%
Tintas e vernizes	$4,73E+15$	3,4%
Vidro, PVC e outros compósitos	$3,26E+15$	2,4%
Cerâmico	$3,02E+15$	2,2%

Pela análise dos valores da tabela, 25% deste sistema construtivo tem origem em materiais ferrosos e ligas, a estrutura de suporte da habitação bem como a estacaria, todas em ferro representam o maior contributo, o que se confirma pelo facto que se manteve a mesma base de construção com fundações e estrutura de suporte no referido material.

A mão de obra representa 18% dos fluxos económicos, em linha com a solução anterior, embora esta solução construtiva seja realizada com peças de maior dimensão e menor número de

fases de trabalho, as montagens e fixações requerem o mesmo volume de mão de obra. A madeira e os seus derivados representam 17%, um aumento justificável pois esta solução construtiva emprega mais madeira. Na fase de montagem no local de construção os meios de transporte e de manobra com características específicas o que representam 12%, os materiais de isolamento representam 8%, esta diminuição face aos 13% da solução de tipo Estrutura Ligeira está em linha pois a solução em tipo Troncos de Madeira reduz o uso destes materiais.

Tintas e vernizes, materiais cerâmicos e PVC de tubagens e cablagens representam 3,4%, 2,2% e 2,4% respetivamente. Esta distribuição de materiais pode ser analisada na figura 6.14.

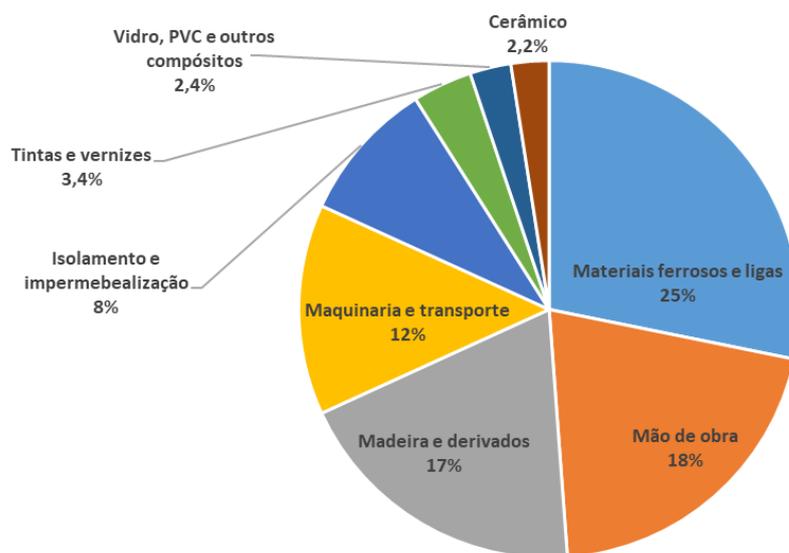


Figura 6.14 - Gráfico com a distribuição percentual de energia requerida por tipo de recurso económico – tipo Troncos de Madeira.

6.6.3 Cálculo dos índices emergéticos

Como referido anteriormente, os índices de energia permitem aferir os pesos dos contributos da natureza e da economia na composição de um produto ou serviço. No caso em análise permitirá aferir a sustentabilidade, o impacto ambiental e consequente sobrecarga no ecossistema que este tipo de construção apresenta.

Com base nestes índices, podem ser estudadas formas de melhorar o desempenho da solução construtiva no melhor uso dos recursos.

Com recurso à construção do diagrama agregado de energia (figura 6.15) consideram-se os fluxos de energia em três grupos, sendo estes os fluxos de entrada ambientais, dividindo-se estes

em renováveis (R) e não renováveis (N) e os fluxos provenientes da economia (F), sendo o resultado da construção o somatório de todas estas entradas ($Y = R + N + F$).

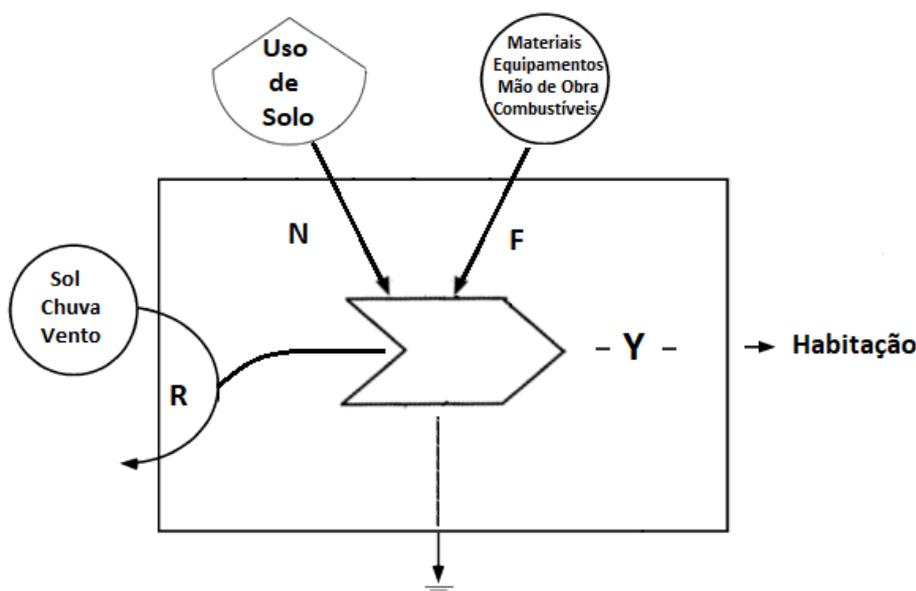


Figura 6.15 - Diagrama agregado da construção (adaptado de Pulselli *et al.*, 2007).

Da análise emergética realizada à solução construtiva de tipo Estrutura Ligeira obtém-se que o valor de energia dos recursos económicos é de $1,28E+17$ sej, correspondente a 89,52% dos recursos utilizados; os recursos não renováveis totalizam $1,49E+16$ sej, correspondente a 10,46% e os recursos renováveis, com $2,66E+13$ sej, correspondem a 0,02% do total de recursos empregues (tabela 6.7).

Tabela 6.7 - Resumo dos fluxos emergéticos económicos e da natureza na construção tipo Estrutura Ligeira.

Fluxo Emergético	Energia (sej)	Percentagem
Total	$1,43E+17$	100%
Económicos	$1,28E+17$	89,52%
Renováveis	$2,66E+13$	0,02%
Não Renováveis	$1,49E+16$	10,46%

Da solução construtiva em tipo Troncos de Madeira obtém-se os valores representados na tabela 6.8, em linha com a solução anteriormente analisada, apenas o valor emergético total difere da solução de tipo Estrutura Ligeira, em que se tem um valor emergético total de $1,43E+17$ sej e na solução com tipo Troncos de Madeira um valor emergético de $1,38E+17$ sej.

Tabela 6.8 - Resumo dos fluxos emergéticos económicos e da natureza na construção tipo Troncos de Madeira.

Fluxo Emergético	Energia (sej)	Percentagem
Total	1,38E+17	100%
Económicos	1,23E+17	89,13%
Renováveis	2,66E+13	0,02%
Não Renováveis	1,49E+16	10,85%

Com estes valores obtém-se os índices ambientais e de sustentabilidade: EYR - Emergey Yield Ratio, EIR - Emergey Investment Ratio, ELR - Environmental Load Ratio e o ESI - Sustainability Index, de acordo com as definições e fórmulas do capítulo 4, cujos resultados se apresentam na tabela 6.9.

Tabela 6.9 - Valores de energia dos recursos agregados e dos índices emergéticos.

Construção	N	R	F	Y	EYR	EIR	ESI	ELR
Estrutura Ligeira	1,49E+16	2,66E+13	1,28E+17	1,43E+17	1,12	8,57	1,3E-01	5,4E+03
Troncos de Madeira	1,49E+16	2,66E+13	1,23E+17	1,38E+17	1,12	8,23	1,4E-01	5,2E+03

Os valores obtidos para os índices emergéticos não evidenciam grandes diferenças entre as duas soluções construtivas, contudo o facto do valor dos recursos económicos (F) ser menor na construção em tipo Troncos de Madeira, permite obter valores mais favoráveis de EIR = 8,23, ESI = 1,4E-01 e ELR = 5,2E+03 comparativamente com EIR = 8,57; ESI = 1,3E-01 e ELR = 5,4E+03, da construção em tipo Estrutura Ligeira. As grandezas destes valores são característicos de sistemas construtivos que requerem grandes quantidades de recursos financeiros.

6.7 Comparação dos resultados obtidos com os de outros trabalhos

Para uma melhor compreensão e referenciação dos valores obtidos, apresenta-se na tabela 6.10 os índices obtidos no trabalho de Carvalho *et al.* (2009a) juntamente com os deste estudo. A escolha deste trabalho prende-se com o facto do respetivo autor apresentar os cálculos dos índices, o que não acontece noutros trabalhos.

Tabela 6.10 - Comparação dos resultados obtidos com os de Carvalho *et al.* (2009a).

Construção	N	R	F	Y	EYR	EIR	ESI	ELR
Madeira Recuperada		2,48E+13	3,33E+15	3,34E+15	1,21	4,88	0,25	4,88
Madeira		2,48E+13	3,28E+15	3,30E+15	1,01	1,3E+02	7,6E-03	1,3E+02
Alvenaria		2,48E+13	1,21E+16	1,21E+16	1,00	4,9E+02	2,1E-03	4,9E+02
Estrutura Ligeira	1,49E+16	2,66E+13	1,28E+17	1,43E+17	1,12	8,57	1,3E-01	5,4E+03
Troncos de Madeira	1,49E+16	2,66E+13	1,23E+17	1,38E+17	1,12	8,23	1,4E-01	5,2E+03

Os valores obtidos nas duas soluções construtivas deste trabalho, apresentam, nalguns casos diferenças significativas, relativamente aos do trabalho de Carvalho *et al.* (2009a). Consta-se que este autor não considerou o contributo dos recursos não renováveis. De modo a melhor poder comparar os trabalhos, excluiu-se da presente análise os recursos não renováveis, obtendo-se a tabela comparativa 6.11.

Tabela 6.11 - Comparação dos resultados obtidos com os de Carvalho *et al.* (2009a), excluindo os recursos não renováveis.

Construção	R	F	Y	EYR	EIR	ESI	ELR
Madeira Recuperada	2,48E+13	3,33E+15	3,34E+15	1,21	4,88	0,25	4,88
Madeira	2,48E+13	3,28E+15	3,30E+15	1,01	1,3E+02	7,6E-03	1,3E+02
Alvenaria	2,48E+13	1,21E+16	1,21E+16	1,00	4,9E+02	2,1E-03	4,9E+02
Estrutura Ligeira	2,66E+13	1,28E+17	1,28E+17	1,00	4,8E+03	2,1E-04	4,8E+03
Troncos de Madeira	2,66E+13	1,23E+17	1,23E+17	1,00	4,6E+03	2,2E-04	4,6E+03

Mesmo com a exclusão dos contributos não renováveis, constata-se que persiste a divergência nos valores dos índices. As construções analisadas no trabalho de Carvalho *et al.* (2009), evidenciam valores de EIR, ELR, e consequentes valores de ESI, que expressam um maior equilíbrio entre os contributos financeiros (F) e da natureza (R). Isto em oposição às construções analisadas neste trabalho em que se evidencia o peso dos contributos financeiros neste tipo de construções. Pela análise da tabela 6.11 verifica-se que os recursos da natureza, renováveis, apresentam valores idênticos em todas as construções sendo o fator diferenciador o peso dos recursos financeiros empregues nas construções tipo Troncos de Madeira e Estrutura Ligeira.

Neste trabalho calcularam-se também os índices de energia por unidade de área (Energia/Área) e energia por unidade de volume (Energia/Volume) e compararam-se estes resultados com os de outros trabalhos selecionados, aquando a pesquisa bibliográfica, que apresentavam esses índices (tabela 6.12), nomeadamente, o da construção de uma moradia unifamiliar em betão e bloco (Carvalho *et al.*, 2009b), de um edifício residencial e de escritórios em betão e bloco (Pulselli, 2007) e de uma moradia unifamiliar NZEB de construção mista (Yi *et al.*, 2017). De referir que estes trabalhos não apresentam os índices EYR, EIR, ELR e ESI, não sendo possível calculá-los com segurança a partir dos respetivos dados. Por outro lado, o trabalho de Carvalho *et al.* (2009a) não apresenta os valores das áreas e dos volumes das construções analisadas, de modo que não foi possível calcular os respetivos índices de Energia/Área e Energia/Volume.

Tabela 6.12 - Comparação dos resultados obtidos com os de outros trabalhos.

País	Construção	Utilização	Energia Total	Energia/Área	Energia/Volume	Energia/Ano
Brasil	Betão e Bloco	Moradia unifamiliar	2,07E+17	3,12E+15	1,05E+15	4,14E+15
Brasil	Madeira	Moradia unifamiliar	3,30E+15			
Brasil	Madeira Recuperada	Moradia unifamiliar	3,30E+15			
Brasil	Alvenaria	Moradia unifamiliar	1,20E+16			
Itália	Betão e Bloco	Residencial e Escritórios	1,07E+19	3,96E+15	1,07E+15	2,14E+17
Coreia	Misto	Moradia unifamiliar NZB	1,72E+18	5,45E+15	2,38E+15	3,44E+16
Portugal	Estrutura Ligeira	Moradia unifamiliar	1,43E+17	1,55E+15	5,75E+14	2,86E+15
Portugal	Troncos Madeira	Moradia unifamiliar	1,38E+17	1,50E+15	5,54E+14	2,76E+15

No mapa comparativo da tabela 6.12, verifica-se que os valores das duas soluções construtivas em análise neste trabalho são muito próximos.

As diferentes soluções construtivas apresentadas têm valores dos índices de energia por área e energia por volume da mesma ordem de grandeza, sendo que os analisados neste trabalho apresentam os valores mais baixos, o que indicia uma maior eficiência no uso de recursos.

6.8 Análise dos índices obtidos

No presente subcapítulo realiza-se a análise dos valores de energia obtidos para as duas soluções construtivas, seus respetivos índices, comparando estes valores entre si e com valores recolhidos na revisão bibliográfica referentes a outras construções.

O valor emergético total da solução construtiva em madeira do tipo Estrutura Ligeira foi de 1,43E+17 sej, valor superior ao da solução do tipo Troncos de Madeira que resultou em 1,38E+17 sej. Esta diferença de valores de energia total tem origem no facto desta última solução construtiva, embora empregue maior quantidade de madeira, utilizar uma menor quantidade de material de isolamento e de impermeabilização. A transformidade da madeira de pinho é de 1,12E+12 sej/kg e a transformidade do isolamento de lã de rocha é de 3,05E+12 sej/kg, pelo que, embora a quantidade de madeira na solução de construção em tipo Troncos de Madeira seja maior, compensa por ter menor valor emergético, face aos materiais de isolamento. A diferença de valor de energia total para estas duas soluções construtivas é de 5,08E+15 sej, e, de modo a referenciar mais facilmente com outras grandezas, este mesmo valor equivale a 4540 kg de madeira de pinho ou 963 kg de ferro.

A diferença verificada entre os valores dos índices EYR, EIR, ELR e ESI obtidos das construções analisadas neste trabalho e os das construções analisadas por Carvalho et al. (2009a) reside no facto das primeiras usarem uma maior quantidade de materiais, conjugados com UEV's mais altos, como é o caso do ferro e dos materiais de impermeabilização e de isolamento.

Quando se comparam os valores dos índices de energia por ano (considerando o ciclo de vida dos imóveis), energia por área e energia por volume, de diferentes autores, incluindo os deste trabalho, verifica-se uma maior coerência entre eles. Isto deve-se ao facto destes trabalhos apresentarem sistemas construtivos e materiais idênticos, contemplando nos seus mapas de quantidades materiais de isolamento e de impermeabilização, bem como um conjunto de soluções construtivas a pensar no desempenho energético do edifício tal como caixilharias e janelas com garantia de estanqueidade e isolamento térmico.

O trabalho de Pulselli *et al.* (2007) este apresenta o valor mais elevado de energia total (1.07E+19 sej), o que reflete a dimensão e tipo do edifício, com um forte uso de betão e ferro na sua construção, sendo, apesar disso, os índices de energia por área e energia por volume da mesma ordem de grandeza dos outros trabalhos.

De referir que os sistemas construtivos utilizados no trabalho de Carvalho *et al.* (2009a) não contabilizam materiais de isolamento e de impermeabilização.

Da análise feita, pode-se inferir que, no caso da construção de imóveis, os índices que permitem comparar de um modo mais simples e mais objetivamente diferentes tipos de construção são os índices de Energia/Área e de Energia/Volume, que traduzem uma eficiência no uso da globalidade dos recursos usados. Estes não permitem, no entanto, fazer comparações das proporções dos vários tipos de recursos entre diferentes trabalhos.

Contudo, neste trabalho evidencia-se que o processo de construção de edifícios tem na sua génese uma grande dependência de recursos financeiros, em detrimento dos recursos renováveis.

Salienta-se que neste estudo foi considerado a perda de solo na implantação do edifício, quantificando deste modo um recurso da natureza não renovável, o que configura com a construção de um edifício que altera de forma definitiva o espaço onde está implantado.

7. Conclusões e perspetivas de trabalhos futuros

A contabilidade em energia foi aplicada a duas soluções construtivas em madeira, do tipo Estrutura Ligeira e do tipo Troncos de Madeira.

Obteve-se, para a construção do tipo Estrutura Ligeira, um valor emergético total de $1,43E+17$ sej, um índice de energia por área de $1,55E+15$ sej/m² e o de energia por volume de $5,75E+14$ sej/m³. Na construção do tipo Troncos de Madeira resultou o valor emergético total de $1,38E+17$ sej, um índice de energia por área de $1,50E+15$ sej/m² e o de energia por volume de $5,54E+14$ sej/m³.

O diferencial emergético total entre as duas soluções construtivas corresponde a $5,08E+15$ sej, que, de modo a referenciar mais facilmente com outras grandezas, se pode fazer corresponder a 4540 kg de madeira de pinho

O facto da solução construtiva em tipo Troncos de Madeira ter um menor valor de *stock* emergético, resulta do facto desta construção utilizar menor quantidade de materiais de impermeabilização e de isolamento, mais especificamente, lâ de rocha e telas impermeabilizantes. Estes materiais apresentam valores emergéticos unitários mais elevados comparativamente à madeira, justificado pelo facto de serem resultado de processos industriais intensivos e de na sua produção serem empregues mais recursos económicos e da natureza.

Confirma-se, no presente trabalho, que soluções construtivas em madeira implicam menor sobrecarga nos sistemas económicos e ambientais, comparativamente com outro tipo de soluções convencionais que recorrem ao betão e bloco. Pode-se também concluir que materiais como ferro e ligas, usados nas fundações e estrutura base, bem como a mão de obra, têm um peso bastante significativo. Os aspetos referidos anteriormente permitem equacionar, por um lado, o uso de materiais ou metodologias construtivas alternativas ao ferro, e por outro lado a diminuição do peso da mão de obra, o que poderia ser obtido com uma mecanização e automação, ou mesmo robotização na produção e montagem (neste tipo de solução construtiva).

Importa referir que a metodologia emergética não é de todo uma metodologia divulgada no setor da construção e que os trabalhos que foram analisados para poder referenciar os valores obtidos, são muito escassos. Acrescenta-se ainda que quando se pretende comparar construções com requisitos e metodologias equivalentes, o número de trabalhos ilegíveis torna-se ainda mais reduzido.

Assim, para que o conceito de energia e a metodologia emergética sejam mais conhecidas e aplicadas, são necessários mais estudos e uma maior uniformização na sua aplicação.

O presente trabalho contribui para divulgar o conceito de energia, a sua aplicação na análise de construções e enriquece a base de dados de referência para futuras análises.

Com o aumento de trabalhos de aplicação da metodologia energética no setor da construção, poderá haver interesse na criação de uma base para uma certificação energética.

Referências bibliográficas

- Addis, B. e Talbot, R. (2001). Sustainable Construction Procurement. A guide to delivering environmentally responsible projects, construction industry research and information association (CIRIA) C571. London.
- ADENE (s.d.). Eficiência Energética nos Edifícios. Acedido em 3, março, 2020 em <https://www.adene.pt/edificios/>.
- Adria (s.d.). Acedido em 3, março, 2020 em <https://www.adria-mobilehome.com/mobile-homes/phoenix>.
- Amaral, L. P. (2013). Gestão da sustentabilidade nas organizações: uma nova metodologia. Dissertação de Doutoramento, Universidade de Aveiro, pp 1-210.
- Amoêda, R. (2012). EMERGY analysis of building construction materials. Em: Proceedings of the 1st International Conference on Building Sustainability Assessment. Porto, Portugal, 23-25 maio. Green Lines Instituto para o Desenvolvimento Sustentável, Barcelos. pp. 483-493.
- Avrame (s.d.). Acedido em 3, março, 2020 em <https://avrame.com/>.
- Bastianoni, S., Campbell, D., Susani, L. e Tiezzi, E. (2005). The solar transformity of oil and petroleum natural gas. Ecological Modelling 86. Elsevier Science BV, Amsterdam, Netherlands, 186: 212-220.
- Blunden, J. (2019). Reporting on the State of the Climate. Acedido em 11, outubro, 2019, em <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/reporting-state-climate-2018>.
- BREEAM (s.d.). Acedido em 1 de fevereiro de 2020 em <https://www.breeam.com/>.
- BRIKAWOOD Écologie Ingénierie (s.d.). Kits maisons passives. Acedido em 3, março, 2020 em <https://www.brikawood-ecologie.fr/maisons-passives-kit-bois/kits/>.
- Brown, M. T. (2010). Emergia. Acedido em 18, Outubro, 2020 em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Emergia>.
- Brown, M.T. e Arding, J. (1991). Transformities working paper. Center for Wetlands. University of Florida, Gainesville.
- Brown, M.T. e Buranakarn, V. (2003). Emergy Indices and Ratios for Sustainable Material Cycles and Recycle Options. Resources Conservation & Recycling, 38, pp. 1-22.
- Brown, M.T., Cohen, M.J. e Sweeney, S. (2009). Predicting national sustainability: The convergence of energetic, economic and environmental realities. Ecological Modelling, 220(23), 3424-3438.
- Brown, M.T. e Ulgiati, S. (2004). Emergy Analysis and Environmental Accounting, in Cutler J.C., (ed.), Encyclopedia of Energy, Nova Iorque: Elsevier, pp. 329-354.

- Brown, M. T. e Ulgiati, S. (2010). Updated evaluation of exergy and emergy driving the geobiosphere: a review and refinement of the emergy baseline. *Ecological Modelling*, 221, pp. 2501-2508.
- Brown, M. T., Ulgiati, S., Brandt-Williams, S. e Tilley, D. (2000). *Emergy Synthesis: An introduction*. Gainesville, University of Florida, pp. 1-14.
- Brundtland G. H. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. Geneva: UN Documents.
- CASBEE (s.d.). Built Environment Efficiency. Acedido em 1 de fevereiro de 2020 em <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/beeE.htm>.
- Campbell, D. (2016). Emergy baseline for the Earth: A historical review of the science and a new calculation. *Ecological Modelling*. Elsevier, vol. 339(C), 96-125.
- Carazo, A. (2006). Cifras básicas de la relación Madera-Fijación de Carbono-CO₂ atmosférico, *Revista Montes. Univ. Politec. Madrid*. 48 - 52
- Carvalho, C. S., Ogura, Y., Grinover, E. e Albuquerque, A. R. P. L. (2009a). Análise comparativa de Construção de Casas, Utilizando a Contabilidade Ambiental em Emergia. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. São Paulo - Brasil.
- Carvalho, J. G. A., Bonilla, S. H. e Almeida, C. M. V. B. (2009b). Contabilidade Ambiental em Emergia da Construção de uma Casa Residencial. Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção - Mestrado e Doutorado - UNIP. Universidade Paulista. São Paulo- Brasil.
- Çengel, Y. A. e Boles, M. (2013). *Termodinâmica*. 7ª edição. McGraw-Hill. São Paulo.
- Cole, R. J. e Larsson, N. (1997). *Green Building Challenge '98. Second International Conference Buildings and the Environment*. Paris.
- Cole, R. J. e Larsson, N. (2000). *Green Building Challenge: Lessons learned from GBC '98 and GBC2000. Sustainable Buildings 2000. Proceedings*. Maastricht, NOVEM/CIB/GBC.
- Cole, R. J., Rousseau, D. e Theaker, I. T. (1993). *Building Environmental Performance Assessment Criteria: Version I - Office Buildings*. The BEPAC Foundation, Vancouver.
- Danosa (s.d.). Acedido em 10, março, 2020 em <https://portal.danosa.com/danosa/CMSServlet?cmd=volverHome&lng=4&site=3>.
- Decreto de Lei nº 118/2013, de 20 de agosto. Diário da República, I Série-A, N.º 159. Ministério da Economia e do Emprego. Regulamento Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços. Lisboa. Acedido em 26, fevereiro, 2020, em <https://dre.pt/application/conteudo/499237>.
- Decreto de Lei nº 79/2006, de 4 de abril. Diário da República, I Série-A, N.º 67. Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE). Lisboa. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <http://www.dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24682513.pdf>.
- Decreto-Lei 78/2006, de 4 de abril. Diário da República, 1ª Série – N.º 67, Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. Lisboa. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <https://dre.pt/application/dir/pdf1sdip/2006/04/067A00/24112415.pdf>.

- Decreto-Lei 80/2006, de 4 de abril. Diário da República, I Série, N.º 67, Ministério das Obras Públicas Transportes e Comunicações. Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE). Lisboa. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <http://www.dre.pt/pdf1s/2006/04/067A00/24682513.pdf>.
- Decreto-Lei n.º 69/99, de 12 de março. Diário da República, I Série-A, N.º 60, Ministério das Finanças. Lisboa. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <https://dre.pt/application/conteudo/145241>.
- Diretiva 2001/77/CE. Jornal oficial das Comunidades Europeias. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia de 27 de setembro de 2001, relativa à promoção da electricidade produzida a partir de fontes de energia renováveis no mercado interno de electricidade. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2001:283:0033:0040:PT:PDF>.
- Diretiva 2002/358/CE. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia de 25 de Abril de 2002, relativa à aprovação, em nome da Comunidade Europeia, do Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas e ao cumprimento conjunto dos respectivos compromissos. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <https://eurlex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32002D0358>.
- Diretiva 2002/91/CE. Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, de 16 de dezembro de 2002. Jornal oficial das Comunidades Europeias, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <https://op.europa.eu/pt/publication-detail/-/publication/b1db9cf4-1906-4f7f-bcdd-3355f36d1c8b/language-pt>
- Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, de 19 de maio de 2010. Jornal oficial das Comunidades Europeias, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Acedido em 11, fevereiro, 2020, em <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32010L0031>
- Discovercasa (s.d.). Casa modular 100 m². Acedido em 3, março, 2020 em <https://www.discovercasa.pt/modelo-t2-100/>.
- Edwards, B. (2008). O guia básico para a sustentabilidade. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Estratégia ODS (2019). Em dia mundial, ONU pede acesso universal a serviços de água e saneamento. Acedido em 27, fevereiro, 2020, em <https://www.estrategiaods.org.br/3788-2/>.
- European Environment Agency (2014). Report from the National adaptation policy processes in European countries. N.º 4/2014. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Finfloor (s.d.). Acedido em 10, março, 2020 em <https://www.finsa.com/publicaciones/doc-prod05.nsf/fichastecdoc/456-pt?OpenDocument&L=ES>.
- Hall, C. (1995). Maximum Power: The ideas and applications of H.T.Odum, Colorado University Press. Niwot. 454 pp.
- Henriques, A. C. (2008). Metodologia para cálculo das emissões de gases de efeito de estufa associadas a edifícios. Dissertação de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa, pp. 1-76
- Houghton, J, T. G. J. Jenkins, e Ephraums, J. J. Eds. (1990). Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Cambridge University Press.
- HQE (s.d.). Acedido em 10, março, 2020 em <https://www.behqe.com/home>.

- Iberotintas - Distribuidores, Lda. (2016). Catálogo de tintas 2016-2017 - Construção Civil.
- Imperialum (s.d.). Impermeabilizações. Acedido em 10, março, 2020 em https://www.imperialum.com/portfolio_category/impermeabilizacoes.
- IMPIC (2018). Relatório Semestral do Sector da Construção em Portugal - 1.º Semestre. Lisboa. Acedido em 20, fevereiro, 2020, em http://www.impic.pt/impic/assets/misc/relatorios_dados_estatisticos/RelConst_2018_S1.pdf
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of the Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. ed. Cambridge, UK and New York, USA: Cambridge University Press.
- ISO (2018). Discovering ISO 26000. Acedido em 4, janeiro, 2020, em <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100258.pdf>.
- LiderA (s. d.). Acedido em 10, março, 2020 em <http://www.lidera.info/>.
- LNEC (2011). Caracterização da oferta de casas de madeira em Portugal - Inquérito às empresas de projecto, fabrico, construção e comercialização. Lisboa.
- Logdomus (s.d.). Casas em troncos. Acedido em 3, março, 2020 em <http://www.logdomus.pt/troncos>.
- Lotka, A.J. (1920). Undamped oscillations derived from the law of mass action. J. Amer. Chem. Soc. 42, 1595–1599. Acedido em 5, novembro, 2019, em www.archive.org.
- Margres (s.d.). Acedido em 10, março 2020 em <https://margres.com/media/Ficha-Tecnica--5f4f6e3f1cc4e.pdf>.
- Martins, C. (2010). Aspectos Gerais de Bibliografia Sobre Teoria e Aplicações do Conceito de Emergia. Estudo de doutoramento em economia. Universidade Lusíada de Famalicão.
- Meillaud, F., Gay, J.-B. e Brown, M.T. (2005). Evaluation of a building using the emergy method. Elsevier. Solar Emergy 79. 204-212. www.elsevier.com/locate/solener.
- Melo, M. S., e Vieira, P. R. C. (2003). Imagem Corporativa e Investimento na Preservação do Meio Ambiente: a nova tendência da agenda estratégica. Encontro anual da ANPAD, 27. São Paulo.
- Navarra (s.d.). N 16 000 Sistema de batente com rutura com ponte térmica. Acedido em 10, março, 2020 em http://www.navarraaluminio.com/arq/fich/SE_DESDOBRAVEL_NAVARRA_N16000_V2.pdf
- NABERS (s. d.). Acedido em 3, março, 2020 em <https://www.nabers.gov.au/about/nabers-international>.
- Observatório da Energia, DGEG - Direção Geral de Energia e Geologia, Direção de Serviços de Planeamento Energético e Estatística e ADENE - Agência para a Energia, Unidade de Informação (2019). Energia em Números. ADENE. Lisboa.
- OCDE (2012). Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. Proceedings of a Joint FAO/OECD workshop 23-24 April 2012. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations Available. Acedido em 1, setembro, 2019 em <http://www.fao.org/docrep/017/i3084e/i3084e.pdf>.

- Odum H. T. (1988). Self-Organization, Transformity, and Information. University of Florida, Gainesville.
- Odum H. T. (2007). Environment, power, and society for the twenty-first century; the hierarchy of energy. Columbia University Press. Local.
- Odum, H. T. (1983). Systems Ecology. John Wiley & Sons inc. Nova Iorque.
- Odum, H. T. (1998). Emery evaluation. Environmental Engineering Sciences, University of Florida, Gainesville.
- Odum, H.T. e Brown, M.T., Brandt-Williams, S. (2000) Folio #1: Introduction and global budget; Handbook of Emery Evaluation: A compendium of data for emery computation issued in a series of folios. Gainesville, FL.; Center for Environmental Policy. University of Florida.
- Odum, H.T. (1996). Environmental Accounting, Emery and Environmental Decision Making. John Wiley & Sons inc. Nova Iorque.
- Odum, H.T. (2000). Folio #2: Emery of global processes; Handbook of Emery Evaluation: A compendium of data for emery computation issued in a series of folios; Gainesville, FL.; Center for Environmental Policy. University of Florida.
- ONU (2015). Acordo Climático de Paris. Acedido em 20, janeiro, 2020, em <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>.
- ONU (2019). Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES/7/10/add.1). Paris. Acedido em 20, janeiro, 2020, em https://ipbes.net/sites/default/files/ipbes_7_10_add.1_en_1.pdf.
- Oscacer (s.d.). Acedido em 10, março, 2020 em <http://www.oscacer.pt/index.html>.
- Pinheiro, P. (2015). Avaliação Emergética de Regiões - Estudo de Caso. Dissertação de Mestrado. Universidade Lusíada de Famalicão, pp. 1-101.
- Pulselli, R.M.; Simoncini, E.; Pulselli, F.M. e Bastianoni, S. (2007). Emery analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building índices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings 39. pp. 620-628.
- Roca (s.d.). Acedido em 10, março, 2020 em <http://www.roca.pt/>.
- Rockwool (s.d.). Soluções de isolamento ROCKWOOL. Acedido em 10, março, 2020 em <https://www.rockwool.pt/produtos-e-solucoes/>.
- Rover, S., Borba, J. A. & Borgert, A. (2008). How do corporations listed in Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE) disclose environmental costs and investments?. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.
- Rusticasa (s.d.). Timber Frame – Estruturas Ligeiras. Acedido em 3, março, 2020 em <https://rusticasa.com/pt/timber-frame/>.
- Sandalo (s.d.). Acedido em 10, março, 2020, em <https://www.sandalo.pt/>.
- Santo, H. M. (2010). Procedimentos para uma certificação da construção sustentável. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, pp. 1-112.

- Sotecnisol (s.d.). Acedido em 10, março, 2020 em https://www.sotecnisol.pt/pesquisa/?searchTerm=impermeabilizante&which_s=CM.
- Tilley, D. R. (2004). Howard T. Odum's contribution to the laws of energy. *Ecological Modelling*, Volume 178, pp. 121-125.
- Tintas Lacca (s.d.). Mobiliário-Vernizes. Acedido em 10, março, 2020 em <http://www.tintas-lacca.com/produtos/mobiliario/vernizes/69/3/20>.
- U.S. Green Building Council, Inc. (2008). LEED 2009 for New Construction and Major Renovations Rating System. Acedido em 1, fevereiro, 2020, em <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?DocumentID=5546>.
- Ulgianti, S., Brown, M.T., Bastianoni, S., e Marchettini, N. (1995), Emergy-based indices and ratios to evaluate the sustainable use of resources. Elsevier. *Ecological Engineering*, 5(4), 519-531.
- Ulgianti, S.; Odum, H. T. e Bastianoni, S. (1994). Emergy use, environmental loading and sustainability an emergy analysis of Italy. Elsevier. *Ecological Modelling*, 73 (3-4), 215-268.
- União Europeia (2016). Climate Policy Explained. Acedido em 23, janeiro, 2020 em https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/eu_climate_policy_explained_en.pdf.
- United States Department of Agriculture (1998). Planisfério da vulnerabilidade à desertificação. Acedido em 1, fevereiro, 2020, em https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/worldsoils/?cid=nrcs142p2_054003.
- Wikkelhouse (s.d.). Acedido em 3, março, 2020 em <https://wikkkelhouse.com/#projects>.
- Yi, H., Srinivasan, R. S., Braham, W. W. e Tilley, D. R. (2017) - An ecological understanding of net-zero energy building: Evaluation of sustainability based on emergy theory. Elsevier. *Journal of Cleaner Production*, 143, 654-671.

Anexo A – Fichas técnicas de alguns materiais de construção

I - Ficha de Características Técnicas

CONCEPT

MARGRES
CERAMIC TILES

TECHNICAL DATA

DONNÉES TECHNIQUES _ TECHNISCHEN EIGENSCHAFTEN _ CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Technical Data Données Techniques Technische Eigenschaften Características Técnicas	Directives Normes Normen Normas	EN 14411_Grupo B1a UGL Directives values Valeur norme Richtlinie werten Valores norma	CONCEPT Margres Typical Value Valeur Typique Margres Margres Typischer Wert Valor Típico Margres
 Thickness Épaisseur Stärke Espessura	ISO 10545 - 2	±5% [max.] [max.] [max.] [máx.]	60x120 NR_A 11mm 90x90 NR_A 11mm ±2% 45x90 NR_A, ASR 9,5mm 60x60 NR_A, ASR 9,5mm 30x60 NR_A 9,5mm
 Modulus of rupture Module de rupture Biegung Modul Módulo de ruptura	ISO 10545 - 4	≥ 35N/mm ² [min.] [min.] [min.]	50N/mm ²
 Breaking strength (S) Résistance à la flexion (S) Biegefestigkeit (S) Resistência à flexão (S)	ISO 10545 - 4	≥ 1300 N	60x120 11mm 3900N 90x90 11mm 3900N 45x90 9,5mm 2900N 60x60 9,5mm 2900N 30x60 9,5mm 2900N
 Linear thermal expansion Dilatation thermique linéaire Lineare Wärmeausdehnung Dilatação térmica linear	ISO 10545 - 8	Manufacturer's standard Valeurs du fabricant Hersteller Werte Valores do fabricante	α ≤ 7,5x10 ⁻⁴ °C ⁻¹
 Chemical resistance Résistance chimique Chemische Beständigkeit Resistência química	Cahier CSTB 3778	Manufacturer's standard Valeurs du fabricant Hersteller Werte Valores do fabricante	3 No alteration Aucune modification Unverändert Sem alteração
 Frost resistance Résistance au gel Frostbeständigkeit Resistência ao gelo	ISO 10545 - 12	Required Nécessaire Anforderung Exigida	Yes Oui Ja Sim
 Water absorption Absorption d'eau Wasseraufnahme Absorção de água	ISO 10545 - 3	≤ 0,5% [max.] [max.] [max.] [máx.]	≤ 0,1%
 Deep abrasion resistance Résistance à l'abrasion profonde Widerstand gegen Tiefenverschleiß Resistência à abrasão profunda	ISO 10545 - 6	≤ 175mm ³ [max.] [max.] [max.] [máx.]	123 mm ³
 Stain resistance Résistance aux taches Beständigkeit gegen Fleckenbildner Resistência a manchas	ISO 10545 - 14	Manufacturer's standard Valeurs du fabricant Hersteller Werte Valores do fabricante	4 - 5 Simple removal Enlèvement simple Einfache Entfernung Remoção simples
 Thermal shock resistance Résistance au choc thermique Temperaturwechselbeständigkeit Resistência ao choque térmico	ISO 10545 - 9	Manufacturer's standard Valeurs du fabricant Hersteller Werte Valores do fabricante	Yes Oui Ja Sim
 Slipping resistance Résistance à la glissance Trittsicherheit-Rutschfestigkeit Resistência ao escorregamento	DIN51130	Manufacturer's standard Valeurs du fabricant Hersteller Werte Valores do fabricante	ASR R11 NR R10
	DIN51097		ASR Class C NR Class B
	BS7976		ASR ≥ 36 NR ≥ 36
 Shade variation Denuançage Farbspiel Destonificação	ANSI A137.1	V0 None _ Null _ Gleich Null _ Nulo V1 Minor _ Léger _ Leicht _ Ligeiro V2 Low _ Faible _ Gering _ Baixo V3 Medium _ Moyen _ Mittelmäßig _ Médio V4 Major _ Elevé _ Stark _ Alto	V3 Moderate Variation Variations Modérées Mäßige Variationen Variação Moderada

PAVIMENTO
EXITUS



FINSA®

FINFLOOR EXITUS

CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM EN 685

Caraterísticas	Símbolo	Requerimento	Método de ensaio
NÍVEL DE USO		Doméstico intenso, Comercial geral	EN 685:95 Anexo A
CLASSE		23 32	EXEMPLOS: Salas de aula, pequenos escritórios, hotéis, pequenas lojas, usos domésticos.

ESPECIFICAÇÕES GERAIS

Caraterísticas	Símbolo	Requerimento	Método de ensaio
Espessura do Elemento (T); T = 7mm		ΔT médio (do Valor Nominal) 0,50 t max - t min 0,5	EN 13329 Anexo A
Comprimento da superfície decorativa $\Delta L = < 0,3$ mm L = 1331mm		Δ 10,5	EN 13329 Anexo A EN 13329 Anexo A
Largura da Superfície decorativa (w) w = 194 mm		Δ W médio (do Valor Nominal) 0,10w max - W min 0,20	EN 13329 Anexo A EN 13329 Anexo A
Esquadria do elemento (Q)		Q max < 0,20 mm	EN 13329 Anexo A
Retidão (s)		S max < 0,36 mm	EN 13329 Anexo A
Empeno Longitudinal (f)		f _{côncavo} = <6mm f _{convexo} = <12mm	EN 13329 Anexo A
Empeno Transversal (F)		F _{côncavo} = <0,28mm F _{convexo} = <0,38mm	EN 13329 Anexo A
Abertura entre elementos (o)		o médio = <0,15mm o max = <0,20mm	EN 13329 Anexo B
Diferença de altura entre elementos (h)		h médio = <0,07mm h max = <0,10mm	EN 13329 Anexo B
Variações dimensionais depois de alterações de humidade relativa (l, w)		Δl medio = < 0,9 dw medio = <0,9	EN 13329 Anexo C
Resistência à luz		Escala de 1 a 4 azul parte B02, maior ou igual a 6 Escala de cinzentos, parte A 02, maior ou igual a 4.	EN-ISO 105/ EN 20105
Perfuração estática		Sem alterações visíveis = 0,0,1mm (de perfuração usando um cilindro reto de aço de 11,30 mm de diâmetro).	EN 433
Arranque da superfície		$\geq 1,25$ N/mm ²	EN 13329 Anexo D

ESPECIFICAÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO, NÍVEIS DE USO

Caraterísticas	Símbolo	Requerimento	Método de ensaio
Resistência à abrasão		ACS	EN 13329 Anexo E
Resistência ao impacto		IC2	EN 13329 Anexo F
Resistência às manchas		5 (gr 1-2) 4 (gr. 3)	EN 438
Resistência à queimadura de cigarro		4	EN 438

FP20.01 | 02/2019 - V1

PAVIMENTO EXITUS



FINSA®

FINFLOOR EXITUS

ESPECIFICAÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO, NÍVEIS DE USO

Caraterísticas	Símbolo	Requerimento	Método de ensaio
Determinação do efeito simulado de um pé de um móvel.		Sem danos visíveis depois do ensaio com um pé do tipo 0.	
Determinação do efeito de uma cadeira com rodas		Nenhuma alteração notória, nem danos visíveis (tal como se estabelece na norma EN 425). Devem utilizar-se rodas individuais articuladas, tal como as definidas na norma EN12529:1998, apartado 5.4.4.2 (Tipo W).	EN 425
Incremento de espessura		=< 18%	EN 13329 Anexo G

PROPRIEDADES ADICIONAIS

Caraterísticas	Símbolo	Requerimento	Método de ensaio
Humidade à saída da fábrica		O conteúdo de humidade dos elementos deve ser entre 4 a 10 %. Qualquer lote deverá manter uma homogeneidade tal como: $H_{max} - H_{min} < 3\%$	EN 322
Aparência, defeitos superficiais		Admitem-se pequenos defeitos	EN 438
Cantos selados		Os cantos são selados para um melhor comportamento face à água e humidade.	INTERNO
Resistência à separação das uniões		$f_{0,2 \text{ long.}} \geq 2 \text{ kN/m}$ $f_{0,2 \text{ transv.}} \geq 2 \text{ kN/m}$	ISO 24334: 2006
Emissão de formaldeído HCHO		$E1 \leq 0,124 \text{ mg / m}^3$ (EN 717-1)	EN 14041 EN 717-1 EN 717-2
Resistência ao fogo		Bfls1	EN 14041 EN 13501-1 EN ISO 9239-1 EN ISO 11925-2
Coefficiente de fricção dinâmica da superfície do pavimento, em condições secas		Classe DS ($\geq 0,3$)	EN 14041 EN 13893
Resistência ao deslizamento		$35 > R_d > 15$ Classe 1	EN 12633: 2003 CTE D8 SUA 1
Resistência térmica		Sem Underlay: 0,06 m ² K/W + FINfloor PE Underlay: 0,154 m ² K/W + FINfloor Silent Underlay: 0,127 m ² apto para piso radiante com água quente de baixa temperatura.	EN 14041 EN 12664
Marcação CE		DOP 08019	EN 14041

FP20.01 | 02/2019 - V1

III - Ficha Técnica de Pavimento Flutuante

10/10/2019

456

 FINSA <i>soluzioni in legno</i>			
FINFLOOR EXITUS			
CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM EN 685 02-2018			Rev: 01-
CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO	REQUERIMENTO	MÉTODO DE ENSAIO
NÍVEL DE USO		DOMÉSTICO INTENSO, COMERCIAL GERAL	EN 685:95 Annex A
CLASSE		32	EXEMPLOS: SALAS DE AULAS, PEQUENOS ESCRITÓRIOS, HOTEIS, PEQUENAS LOJAS, USOS DOMÉSTICOS
ESPECIFICAÇÕES GERAIS			
CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO	REQUERIMENTO	MÉTODO DE ENSAIO
Espessura do Elemento (T): T = 7 mm		ΔT Médio (do Valor Nominal) 0,50 t max - t min 0,5	EN 13329 ANNEX A
Comprimento da superfície decorativa (L) $\Delta L \leq 0,3$ Mm L = 1331 mm		ΔL 10,5	EN 13329 ANEXO A; EN 13329 ANNEX A
Largura da Superfície decorativa (w) w = 194 mm		ΔW Médio (do Valor Nominal) 0,10w max - w min 0,20	EN 13329 ANNEX A; EN 13329 ANEXO A
Esquadria do Elemento (Q)		Qmax $\leq 0,20$ mm	EN 13329 ANNEX A
Retidão (banana) (s)		smax $\leq 0,36$ mm	EN 13329 ANNEX A
Empeno longitudinal (f)		f _{côncavo} ≤ 6 mm f _{convexo} ≤ 12 mm	EN 13329 ANEXO A
Empeno Transversal (F)		f _{côncavo} $\leq 0,28$ mm f _{convexo} $\leq 0,38$ mm	EN 13329 ANEXO A
Abertura entre elementos (o)		o _{medio} $\leq 0,15$ o _{max} $\leq 0,20$	EN 13329 ANNEX B
Diferença de altura entre elementos (h)		h _{medio} $\leq 0,07$ h _{max} $\leq 0,10$	EN 13329 ANNEX B
Variações dimensionais depois de alterações de humidade relativa (l, w)		Δl medio $\leq 0,9$ dw _{medio} $\leq 0,9$	EN 13329 ANNEX C
Resistencia à luz		Escala de lâ azul parte B02, maior o igual a 6 Escala de cinzentos, parte A02, maior o igual a 4	EN-ISO 105 / EN 20105
Perfuração estática		Sem alterações visíveis $\leq 0,01$ mm (de perfuração usando um cilindro reto de aço de 11,30 mm de diâmetro)	EN 433
Arranque da superfície		$\geq 1,25$ N/mm ²	EN 13329 ANNEX D
ESPECIFICAÇÕES DE CLASSIFICAÇÃO, NIVEIS DE USO			
CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO	REQUERIMENTO	MÉTODO DE ENSAIO
Resistencia à abrasão		AC 5	EN 13329 ANNEX E

1/3

Impact resistance		IC 2	EN 13329 ANNEX F
Resistencia às manchas		5 (gr 1 - 2) 4 (gr. 3)	EN 438
Resistencia à queimadura de cigarro		4	EN 438
Determinação do efeito simulado de uma perna de um movel		Sem danos visíveis depois do ensaio com uma perna do tipo 0	EN 424
Determinação do efeito de uma cadeira com rodas		Nenhuma alteração de aspeto nem danos visíveis tal como se estabelece na norma EN 425. Devem utilizar-se rodas individuais articuladas tal como as definidas na norma EN 12529:1998, apartado 5.4.4.2. (Tipo W)	EN 425
Incremento de espessura		=< 18,0%	EN 13329 ANNEX G
PROPRIEDADES ADICIONAIS			
CARACTERÍSTICAS	SÍMBOLO	REQUERIMENTO	MÉTODO DE ENSAIO
Humidade à saída da fábrica		O conteúdo de humidade dos elementos deve ser de 4 al 10%. Qualquer lote deverá manter uma homogeneidade tal como: Hmax- Hmin = <3 %	EN 322
Aparência, defeitos superficiais		Admitem-se pequenos defeitos	EN 438
Edges sealing		Topos completamente vedados para um melhor comportamento face à água	INTERNAL
Resistencia à separação das uniões		f 0,2 long. >=2 KN/m f0,2 transv. >=2 KN/m	ISO 24334:2006
Emisión de formaldehido HCHO		E1<=0.124mg/m3 (EN 717-1)	EN 14041 / EN 717-1 / EN 717-2
Reação ao fogo		Bfls1	EN 14041 / EN 13501-1 / EN ISO 9239-1 / EN ISO 11925-2
Coefficiente de fricção dinâmica da superfície do pavimento, em condições secas.		Classe DS (>=0,3)	EN 14041 / EN 13893
Resistência ao deslizamento		35>Rd>15	EN 12633:2003
		Clase 1	CTE DB SUA 1
Resistência térmica		Sem Underlay: 0,06 m2·K/W + FINfloor PE Underlay: 0,154 m2·K/W + FINfloor Silent Underlay: 0,127 m2·K/W apto para aquecimento radiante de água quente de baixa temperatura	EN 14041 / EN 12664
Marcação CE		DoP 08019	EN 14041



Toda esta informação está submetida a revisões de melhorias futuras

CROSSROCK 209

CROSSROCK 209 

PRODUTO

Painel semi-rígido de lã de rocha não revestido.

APLICAÇÃO

Isolamento termo acústico em partições interiores verticais, entre fogos e divisórias. Isolamento em divisões horizontais sobre tecto falso. Isolamento de câmaras e revestimentos. Absorvente acústico.



Económico, bom comportamento acústico. Medida óptima para reabilitação.

TECHNICAL PROPERTIES

Área	Descrição	Standard	
Densidade nominal	30 kg/m ³	EN1602	
Condutividade térmica	0.037 W/(m*K)	EN 12667	
Resistência térmica	Espesor en mm	R(m2K/W)	
	40	1,05	
	60	1,6	
Tolerancia de espesor	T3	EN 823	
Estabilidad dimensional a una temperatura y humedad específicas	DS(TH)	EN 1604	
Reacção ao fogo	A1	EN 13501.1	
Dimensões	Largo (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
	1250	600	40
	1250	600	60
Absorción de agua a corto plazo	WS Absorción de agua < 1,0 Kg/m ²	EN 1609	
Transmisión de vapor de agua	MU1 μ = 1	EN 12086	

Vantagens

1. Medida óptima para reabilitação
2. Facilidade e rapidez de instalação
3. Segurança em caso de incêndio
4. Melhora notável do isolamento acústico
5. Não hidrófilo nem higroscópico
6. Quimicamente inerte

7. Isento de CFC e HCFC, respeito pelo ambiente

Comportamento em relação a água

Os produtos de lã de rocha não retêm a água e a sua estrutura não é capilar.

Isolamento acústico

A lã de rocha ROCKWOOL graças à sua disposição multidireccional proporciona aos elementos constructivos uma notável capacidade de aumentar o nível de isolamento acústico.

Características químicas

A lã de rocha ROCKWOOL é quimicamente inerte e não pode causar nem favorecer a corrosão de materiais. Não se deforma com a passagem dos anos. Não favorece o desenvolvimento de bactérias.

Manutenção

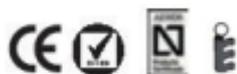
Os produtos ROCKWOOL não precisam de nenhum tipo de manutenção.

Embalagem

Os painéis são fornecidos em pacotes embalados com película plástica retráctil e paletizados. Devem ser armazenados sem contacto com o chão e num lugar coberto.

Generalidades

Os valores mencionados na presente ficha técnica são valores médios obtidos em testes. A ROCKWOOL reserva-se o direito de modificar as especificações dos seus produtos em qualquer momento e sem prévio aviso.



V - Ficha Técnica de Tela Asfáltica

FICHA TÉCNICA

DTC - FT - PA - MA - XI - 005 - PT - 03

POLYXIS® R 40

Descrição do produto

Constituição

Mistura betuminosa:

Betume modificado APP AVANCE.

Mistura betuminosa potenciada para altas temperaturas, com níveis de desempenho entre os -5°C e os +130°C.

Armadura:

Feltro de poliéster reforçado.

Acabamento:

Face superior - Granulado de ardósia colorida ou na cor natural.

Face inferior - Filme de polietileno.

Apresentação:

Rolos de 10.0 m² (1.0 m x 10.0 m), com peso nominal de 40.0 kg e retilinearidade ≤ 20 mm/10 m.

Paletes de 25 rolos.



1328-CPD-0173
NP EN 13707
NP EN 13969
06

Características técnicas:

CARACTERÍSTICAS	VALORES	UNIDADES	ENSAIOS
Massa nominal por unidade de superfície	4.0 ± 0.2	kg/m ²	EN 1849 - 1
Resistência ao escorrimento a elevada temperatura	120	°C	EN 1110
Flexibilidade a baixas temperaturas	- 5	°C	EN 1109
Estabilidade dimensional	≤ 0.5	%	EN 1107 - 1
Resistência ao rasgamento longitudinal	≥ 150	N	EN 12310 - 1
Resistência ao rasgamento transversal	≥ 150	N	EN 12310 - 1
Resistência à tração longitudinal	750 ± 150	N/5cm	EN 12311 - 1
Resistência à tração transversal	450 ± 90	N/5cm	EN 12311 - 1
Alongamento na rotura longitudinal	35 ± 15	%	EN 12311 - 1
Alongamento na rotura transversal	35 ± 15	%	EN 12311 - 1
Aderência de granulado	20 (-20,+10)	%	EN 12039
Resistência à perfuração de raízes	-	(S/N)	EN 13948
Comportamento a fogo externo	B roof (t1)	X roof (t1)	EN 1187 EN 13501 - 5
Reação ao fogo	E	CLASSE	EN ISO 11925 - 2 EN 13501 - 1
Estanquidade à água	S	(S/N)	EN 1928
Resistência a uma carga estática	≥ 15	kg	EN 12730
Resistência ao impacto	≥ 1000	mm	EN 12691 - A
Resistência de juntas ao corte	-	N/5cm	EN 12317 - 1
Durabilidade flexibilidade	5 ± 5	°C	EN 1296 e 1297
Durabilidade comportamento a elevada temperatura	120 ± 10	°C	En 1296 e 1297

Recomendações de manuseamento e armazenamento:

- Evitar quedas e pancadas.
- Transportar e armazenar os rolos na vertical, sempre sob proteção climatérica - i.e. sol, chuva, geada, granizo, neve.
- Elevação dos rolos, sempre paletizados, por meio de grua ou empilhador.
- Para informação mais específica relativa a transporte, manuseamento e outras características, é favor consultar a Ficha de Segurança.

Eco recomendações:

- A separação seletiva e o reencaminhamento dos resíduos decorrentes da aplicação destes produtos, são da inteira responsabilidade do aplicador ou utilizador, e deverão ser efetuadas de acordo com a legislação aplicável.
- Os resíduos de membranas betuminosas da Imperialum foram analisados em laboratório acreditado e classificados como não perigosos, de acordo com o Decreto-Lei n.º 183/2009, que estabelece o Regime Jurídico da Deposição de Resíduos em Aterro.

Os valores apresentados nesta ficha técnica são resultantes dos ensaios de controlo de qualidade realizados pela Imperialum (ISO 9001). POLYXIS é uma marca registada da Imperialum.



sedes regionais

Zona Industrial - Povo Quilombo
2670 - 400 Mendiz
Tel: 212 327 320
Fax: 212 327 324

sedes regionais, setores

Rua de Santo Inácio, 24
4428 - 348 Paredes
Tel: 229 665 666 | 227 860 860
Fax: 227 868 267

sedes regionais, setores

Avenida João Pedroso - Lote 11, Povo 9
Zona Industrial de Pedreira
3026 - 300 Coimbra
Tel: 239 462 396
Fax: 239 450 627

sedes regionais, setores

Rua Sebastião de Almeida, 4 - Remede
2670-746 Odivelas
Tel: 218 334 996
Fax: 218 340 483

sedes regionais, setores

EN 128 - Parque Industrial São Manoel -
Amadora 1
1706 - 023 Odivelas
Tel: 289 703 994
Fax: 289 707 936

VI - Ficha Técnica de Tela a Vapor

FICHA TÉCNICA - IMPERVAP

DTC - FT - PA - MN - PL - 008 - PT - 05

IMPERVAP



Descrição do Produto

Constituição

Mistura betuminosa em Betume modificado APP NEW.
Núcleo, com função barreira à difusão de vapor: Folha de Alumínio.

Acabamento:

Face superior - Filme de polietileno.
Face inferior - Filme de polietileno.

Apresentação:

Rolos de 15.0 m² (1.0 m x 15.0 m), com peso nominal de 37.5 kg e retilinearidade \leq 20 mm/10 m.
Paletes de 25 rolos.

Aplicação:

A membrana IMPERVAP, fruto da sua constituição de betume modificado com polímeros APP e de uma alma em folha de alumínio, apresenta uma extraordinária resistência à difusão de vapor de água e de outros gases, devendo ser considerada a sua aplicação nos seguintes sistemas:

- Como barreira ao vapor, aplicada sob a camada de isolamento térmico, em sistema de impermeabilização de coberturas;
- Como barreira ao vapor de elevadas prestações em pavimentos, paredes e tetos de câmaras frigoríficas e espaços de trabalho ou de armazenamento de materiais sensíveis, com ambientes controlados;
- Como barreira à difusão de vapor de água e de diversos gases compostos orgânicos voláteis (VOC's) e de gás Radão em sistemas de barreira à penetração destes gases dentro dos edifícios a partir dos seus elementos em contacto com o terreno.

Nota: A definição de um qualquer sistema de barreira à entrada de gases no interior dos edifícios a partir do terreno deve sempre conter na sua constituição uma camada de difusão de vapor que permita a ventilação direta de gases para o exterior, diminuindo a pressão sob o elemento construtivo em contacto com o terreno. Como exemplo ver Sistema de Barreira ao gás Radão da Imperialum anexo a esta Ficha técnica.



SEDE EMPRESARIAL
Zona Industrial - Pav. Quatrocentos
2670 - 100 Madeira
Tel.: 212 227 100

DELEGAÇÃO COMERCIAL NORTE
Rua da Verdade Nova, 24
4215-248 Pedrouços
Tel.: 228 961 886 / 227 862 880

DELEGAÇÃO COMERCIAL CENTRO
Amazonas Vagos Pedrouços - Armazém 11, Pav. 0
Zona Industrial da Pedrouços
3620 - 100 Caramelo
Tel.: 228 452 356

DELEGAÇÃO COMERCIAL LITORAL IMPERIAL
Rua Estação dos Semanais, 4
2670-700 Ramallosa Cávado
Tel.: 219 224 880

DELEGAÇÃO COMERCIAL SUL
Estação Nacional 102 - Parque Industrial
Bela Maré - Armazém 1
8150 - 170 Odele
Tel.: 249 702 336

Características Técnicas:

CARACTERÍSTICAS	VALORES	UNIDADES	ENSAIOS
Massa nominal por unidade de superfície	2,5 ± 0,1	kg/m ²	EN 1849 - 1
Resistência ao escorrimento a elevada temperatura	90	°C	EN 1110
Flexibilidade a baixas temperaturas	-5	°C	EN 1109
Estabilidade dimensional	-	%	EN 1107 - 1
Resistência ao rasgamento longitudinal	-	N	EN 12310 - 1
Resistência ao rasgamento transversal	-	N	EN 12310 - 1
Resistência à tração longitudinal	-	N/5cm	EN 12311 - 1
Resistência à tração transversal	-	N/5cm	EN 12311 - 1
Reação ao fogo	Classe E	CLASSE	EN ISO 11925 - 2 EN 13501 - 1
Estanquidade à água	S	(S/N)	EN 1928
Resistência a uma carga estática	-	kg	EN 12730
Resistência ao impacto	-	mm	EN 12691 - A
Resistência de juntas ao corte	-	N/5cm	EN 12317 - 1
Durabilidade flexibilidade	-	°C	EN 1296 e 1297
Durabilidade comportamento a elevada temperatura	-	°C	En 1296 e 1297
Resistência à passagem de vapor / fator de resistência à humidade (μ)	180 000	-	En 13970

Recomendações de Manuseamento e Armazenamento:

- Evitar quedas e pancadas.
- Transportar e armazenar os rolos na vertical, sempre sob proteção climatérica - i.e. sol, chuva, geadas, granizo, neve.
- Elevação dos rolos, sempre paletizados, por meio de grua ou empilhador.
- Para informação mais específica relativa a transporte, manuseamento e outras características, é favor consultar a Ficha de Segurança.

Eco Recomendações:

- A separação seletiva e o reencaminhamento dos resíduos decorrentes da aplicação destes produtos, são da inteira responsabilidade do aplicador ou utilizador, e deverão ser efetuadas de acordo com a legislação aplicável.
- Os resíduos de membranas betuminosas da Imperialum foram analisados em laboratório acreditado e classificados como não perigosos, de acordo com o Decreto-Lei n.º 183/2009, que estabelece o Regime Jurídico da Deposição de Resíduos em Aterro.

IMPERVAP é uma marca registada da Imperialum.



SEDE E FÉRIAS
Zona Industrial - Pav. Quatro
2670 - 100 Montijo
Tel.: 212 327 100

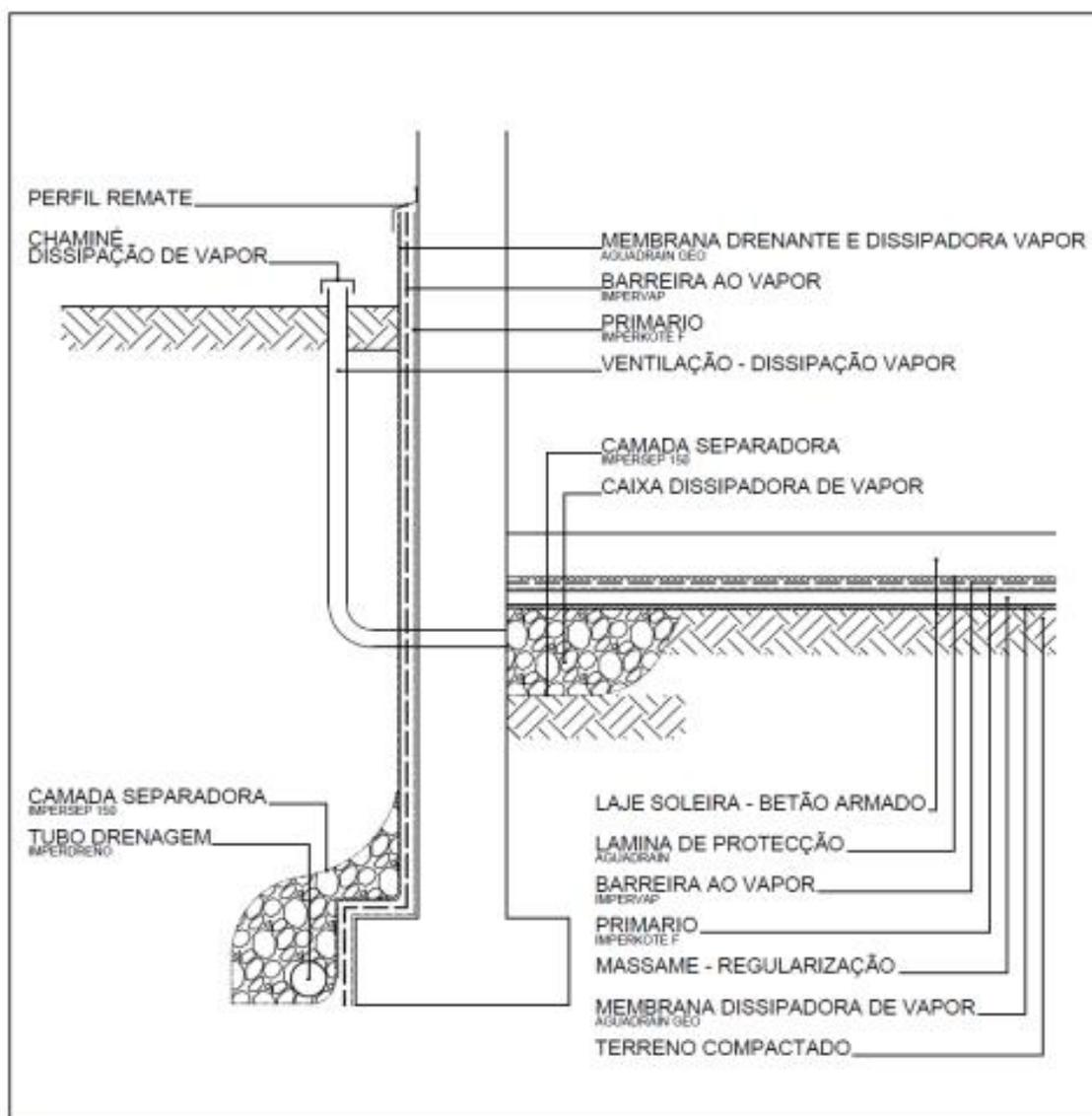
DELEGAÇÃO COMERCIAL NORTE
Rua da Vinha Nova, 24
4415 - 265 Pedreira
Tel.: 228 961 881 / 227 860 840

DELEGAÇÃO COMERCIAL CENTRO
Armazém Vale da Pedreira - Anexo 11, Pav. 2
Zona Industrial da Pedreira
3020 - 320 Coimbra
Tel.: 239 492 366

DELEGAÇÃO COMERCIAL LESTE IMPERLIS
Rua Estádio de Beira-Mar, 4
2670 - 100 Montijo Colinas
Tel.: 219 326 980

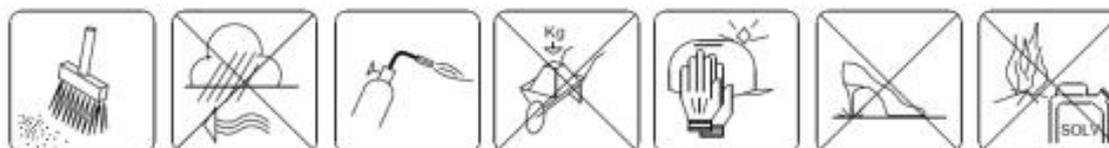
DELEGAÇÃO COMERCIAL SUL
Estrada Nacional 126 - Parque Industrial
Bela Vista - Amadora 1
1510 - 173 Odivelas
Tel.: 218 732 366

FUNDAÇÕES BARREIRA DE DISSIPAÇÃO AO GÁS RADÃO



NOTA:

Membranas de impermeabilização produzidas com betume modificado com polímero plastómero (A.P.P.), resinas e "Filler". Consultar documentos de aplicação DA's concedidos pelo LNEC.



VII - Ficha Técnica de Verniz



FICHA DE INFORMAÇÃO TÉCNICA

Mod.057/D

Página 1 de 1

VERNIZ PARA SOALHOS BRILHO

CONSIDERAÇÕES	Trata-se de um verniz de poliuretano de um só componente, endurecível por reacção com a humidade do ar ambiente. Em virtude desta sua característica, a secagem depende das condições de temperatura e humidade relativa, do meio ambiente, obtendo-se a 25° C e 50% de humidade relativa, uma secagem superficial ao fim de 3 horas.
PROPRIEDADES	É um verniz que dá películas duras, dotadas de boa resistência à água e a produtos químicos. Tem bom brilho, é de fácil aplicação. As suas películas depois de secas são dificilmente inflamáveis.
CARACTERÍSTICAS	
COV (Comp. Orgânicos Voláteis)	Valor limite (Cat.A/i): 500 g/L (2010) Este produto contém no máximo 496 g/L COV. Este valor refere-se ao produto sem diluição.
Densidade	0,950 (+/- 0,050) gr/cm ³
Viscosidade	18 (+/- 2) seg DIN 4 a 20° C
Aspecto da película seca	Brilhante, transparente.
Cor	Ligeiramente amarelado.
Tempos de secagem	Superficial: 3 horas; em profundidade: 6 a 12 horas
Rendimento teórico	8 a 10 m ² /l
APLICAÇÃO	
Preparação do suporte	A madeira a envernizar deve apresentar-se bem limpa, devidamente lixada e sem humidade.
Envernizamento	Viscosidade de aplicação à trincha ou a rolo: 18 seg DIN 4. Recomenda-se a aplicação de 3 demãos.
Condições de aplicação e secagem	Agitar até completa homogeneização. A temperatura ambiente deve situar-se entre os 15° e os 25° C, e a humidade atmosférica deve ser inferior a 70%.
Processos de aplicação	Trincha e rolo.
Diluição	Sem diluição.
Diluyente de limpeza do equipamento	Diluyente Celuloso
Intervalo entre demãos	12 horas.
FORNECIMENTO	½ litro / 5 litros / 25 litros
ARMAZENAGEM	VALIDADE: 6 meses, na embalagem de origem. Armazenar a uma temperatura inferior a 40° C em lugar seco, bem ventilado e afastado de calor e da luz solar directa.
CONSELHOS DE SEGURANÇA	Manter fora do alcance das crianças. Não comer, beber ou fumar nas zonas de aplicação e de secagem. O produto deve armazenar-se longe de fontes de calor e eléctricas. Para evitar derrames, os recipientes que forem abertos, devem ser cuidadosamente fechados e mantidos na posição vertical.

NOTA: Relativamente ao valor de COV, não nos responsabilizamos por produtos obtidos com misturas diferentes do que se recomenda acima. Alertamos para a responsabilidade de todo o agente ao longo da cadeia de fornecimento, devendo cumprir o disposto no Decreto-Lei DL 181/2006 de 6 de Setembro.

EDIÇÃO de 13 de Outubro de 2016

Apêndice A – Elementos construtivos

1. CONSTRUÇÃO GERAL

1.1 BASE DE ASSENTAMENTO

1.1.1 Fornecimento e execução de estrutura de sobre elevação a 20 cm do solo, composta por pilares metálicos, cravados ou chumbados no terreno, garantindo correto nivelamento de toda a estrutura.

1.1.2 Fornecimento de estrutura de suporte composto por marcos perimetrais executado ferro tipo U de 120 mm, cruzetas de tubo de 120 mm e vigas de madeira de pinho maciço de 170 x 40 mm. Todo o chassi é soldado com tratamento anti-corrosão por metalização frio. Sobre o chassi é montado um isolamento reflexivo de alumínio, um painel hidrófugo de 12 mm, placas de poliestireno extrudido (XPS) de 30 mm, segue-se um painel hidrófugo de 19 mm finalizado com manta isolante em espuma de 2 mm.

1.2 PAREDES

1.2.1 Paredes exteriores

Fornecimento e execução de parede de estrutura em madeira, composta por: Forro de Pinho de 22 mm com acabamento de verniz; Tela de impermeabilização; Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB – Oriented Strand Board) de 15 mm; Ripado de madeira 45 x 45; XPS 4 mm; Travessas e montantes de 95 mm de espessura em madeira maciça; Isolamento em lã mineral tipo, com 90 mm de espessura no interior da estrutura de madeira; Tela para-vapor. Forro de Abeto com acabamento de verniz.

1.2.2 Paredes interiores

Fornecimento e execução de parede interior, composta por: Fornecimento e aplicação de isolamento em lã mineral com 60 mm de espessura; Travessas e montantes de 95 mm de espessura em madeira maciça; Forro de Abeto com acabamento de verniz.

1.3 COBERTURA

Fornecimento e execução de sistema cobertura de águas, composta por: XPS de 8 cm; Aglomerado de OSB de 15 mm; Tela asfáltica cruzada.

1.4 Teto interior

Fornecimento e execução de teto interior, composto por: Lã mineral com 120 mm de espessura; Tela para-vapor; Forro de Abeto com acabamento de verniz.

1.5 Teto exterior

Fornecimento e execução de teto exterior, composto por: Forro de Pinho de 22 mm com acabamento de verniz; Tela de impermeabilização.

2. ACABAMENTOS

2.1 Pavimentos

2.1.1 Fornecimento e aplicação de pavimento flutuante tipo AC4, nas zonas dos quartos, sala e espaços de circulação incluindo demais trabalhos.

2.1.2 Fornecimento e aplicação de revestimentos cerâmicos no pavimento das instalações sanitárias, incluindo demais trabalhos.

3. CARPINTARIAS

3.1 Fornecimento e montagem de portas interiores em madeira, incluindo aros e guarnições, ferragens, pintura, e demais materiais e acessórios necessários.

3.2 Fornecimento e montagem de rodapé em painel de fibras de média densidade (MDF - Medium Density Fiberboard)

3.3 Fornecimento e montagem de deck em pinho tratado, classe de risco IV, sobre estrutura de vigamentos de madeira de pinho tratado classe de risco IV, com 150 x 50 mm de secção.

4. INSTALAÇÕES SANITÁRIAS

4.1 Fornecimento e aplicação de revestimentos cerâmicos nas paredes à altura do teto, incluindo demais trabalhos.

4.2 Fornecimento e aplicação de sanita, de descarga ao pavimento, incluindo demais trabalhos e acessórios necessários à sua colocação.

4.3 Fornecimento e aplicação de bidê do tipo de descarga ao pavimento, incluindo demais trabalhos e acessórios necessários à sua colocação.

4.4 Fornecimento e aplicação de conjunto de móvel, lavatório e espelho, incluindo torneira misturadora e os demais trabalhos e acessórios necessários à sua colocação.

4.5 Fornecimento e aplicação de base de duche do tipo 80 x 80cm ou equivalente, incluindo resguardo e demais trabalhos e acessórios necessários à sua colocação.

5. SERRALHARIA/CAIXILHARIA

5.1 Fornecimento e montagem de caixilharias em perfis de alumínio com rotura térmica, incluindo vidros duplos liso 4 + cx12 c/Argon + 5 mm, remates interior e exterior, e com elementos de vedação, vedações com mástique, ferragens e demais materiais e acessórios necessários ao seu perfeito funcionamento:

3 Janelas de correr de 2 folhas com 2,50 x 2,10 m

1 Janela de correr de 2 folhas com 1 x 2 m

1 Janela basculante com 0,60 x 1,10 m

1 Porta de abrir de 1 Folha com vidro fosco de 0,90 x 2,10 m

6. REDES DE INFRA-ESTRUTURAS

6.1 Fornecimento e execução da rede de infraestruturas interiores de abastecimento de águas quentes e frias em tubagem de PP-R, incluindo respetivos acessórios de ligação até ao limite da habitação.

6.2 Fornecimento e execução da rede de infraestruturas interiores da rede de drenagem de águas residuais em tubagem em PVC, incluindo respetivos acessórios de ligação.

6.3 Fornecimento e aplicação de sistema de drenagem de águas pluviais na cobertura a partir da colocação de rufos em chapa lacada e tubos de queda em PVC, incluindo todas as fixações e ligações, até ao limite do edifício.

7. ELETRICIDADE, TV E TELEFONES REDES TÉCNICAS

7.1 Instalação Elétrica: Toda a instalação elétrica será em cabo de 2 x 1,5 no caso da iluminação, numa média de dois/Três pontos de luz por divisão, conforme área. Toda a instalação elétrica será em cabo de 3 x 2,5 no caso das tomadas de alimentação com proteção à terra numa média de duas/três tomadas por cómodo, conforme área. Fornecimento e colocação de uma tomada para TV. Aparelhagem elétrica serie convencional. Quadro parcial convencional, com ligação ao quadro geral.

7.2 Fornecimento e instalação de ITED

8. EQUIPAMENTOS

8.1 – Moveis: Móveis de cozinha em aglomerado de madeira. Portas com substrato em aglomerado de partículas de madeira ou MDF, revestidas a folha de madeira de alta qualidade excluindo eletrodomésticos.

9. TRANSPORTE

Transporte de módulos e materiais até ao local de construção da habitação.

10. EXCLUSÕES

Outros trabalhos e materiais não mencionados.