



**Diana Raquel  
Almeida Couto**

**Declaração Ambiental de Produtos de Construção –  
(Estudo de Caso)**





**Diana Raquel  
Almeida Couto**

**Declaração Ambiental de Produtos de Construção –  
(Estudo de Caso)**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, realizada sob a orientação científica do Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira, Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro e co-orientação da Mestre Marisa Isabel Azevedo de Almeida Fernandes do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro de Coimbra.



## **o júri**

Presidente

**Prof. Doutora Margarida João Fernandes de Pinho Lopes**  
Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

**Prof. Doutora Helena Maria dos Santos Gervásio**  
Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

**Prof. Doutor Victor Miguel Carneiro de Sousa Ferreira**  
Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro

**Mestre Marisa Isabel Azevedo de Almeida Fernandes**  
Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro de Coimbra



## agradecimentos

A minha admiração ao orientador, *Professor Victor Ferreira*, pela excelência profissional, os meus sinceros agradecimentos e reconhecimento pela sua valiosa orientação, transmissão de conhecimentos, pelas sugestões, pela cedência de bibliografia e disponibilidade que me dedicou desde o início deste estudo.

À co-orientadora, *Mestre Marisa Fernandes*, do Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro de Coimbra grata por ter “abraçado” este projecto, facultando-me todas as orientações e informações imprescindíveis, transmissão de conhecimentos e pelas sugestões, constituindo um enorme contributo ao longo deste percurso.

Aos *meus pais, irmão e avós*, o meu profundo agradecimento pela força, coragem, paciência, e compreensão, pelo grande incentivo, ânimo e, em especial, pela presença nos momentos mais difíceis e pela alegria, sorriso e carinho que me ofereceram e sem os quais não teria sido possível. E ainda por me terem proporcionado todas as condições essenciais à concretização desta dissertação.

À memória de *minha avó materna* e o *meu avô paterno* que, infelizmente já não se encontram comigo e, com gratidão e muita saudade, permanecerão eternamente no meu coração.

Aos *meus amigos e amigas*, sobretudo à Carina Rodrigues, Elisabeth Lopes, Joana Gilvaz e à Susana Martins que me acompanharam e apoiaram ao longo de todo o meu percurso académico, o meu sincero agradecimento pelo companheirismo, pela partilha de momentos de alegria e por toda a amizade demonstrada.

E a outros que mereciam ser aqui lembrados,

A todos, o meu muito obrigado!





## **palavras-chave**

construção, sustentabilidade, avaliação do ciclo de vida, declaração ambiental do produto, rotulagem ambiental, impactes ambientais

## **resumo**

Assiste-se hoje a uma forte revolução educacional ao nível das questões ambientais fomentando amplas discussões sobre o assunto, levantando questões sobre o papel do cidadão neste contexto e que têm motivado algumas mudanças e a uma maior consciencialização dos padrões de consumo e a uma influência positiva directa ao nível da consciência ambiental nas intenções de compra dos produtos ecologicamente produzidos e comercializados. Tal significa que as decisões de compra passaram a ser influenciadas pelo aumento da sensibilidade ambiental bem como um consumo sustentável por parte dos consumidores o que estimula também a que as empresas adoptem por uma orientação ambiental nas suas estratégias de negócios.

No âmbito desta crescente consciencialização ambiental de que se fala, surge então a necessidade de esclarecimento de conceitos e o estabelecimento de critérios, recolha de dados, metodologia de cálculo e objectivos que fundamentem a opção de materiais ao nível da construção civil para que se optimizem soluções construtivas e que se aumente o sentido de responsabilidade. Este trabalho desenvolve-se com estas linhas de orientação, destacando o papel importantíssimo que as Declarações Ambientais de Produtos de Construção (DAP's) desempenham na uniformização de critérios, procurando-se esclarecer todo o processo de organização de uma DAP até à fase de publicação da mesma, indicando todos os intervenientes, entidades organizadoras, a quem são destinados e todo o enquadramento normativo aplicável.

Com base em todos os critérios estabelecidos, desenvolve-se uma DAP de um dos produtos utilizados na construção civil, Argamassa Cola, registando-se as dificuldades que naturalmente vão surgindo as quais são analisadas e que suscitarão propostas de possíveis ajustes e melhorias que eventualmente podem ser feitas.

Conclui-se que as DAP's são um instrumento indispensável de informação ambiental do produto a que se referem, que surgem como resposta às exigências ambientais que o mercado de forma gradual tem imposto, cuja organização deve obedecer a processos normativos e estabelecidos que vinculam/transparecem a responsabilidade do sector com o meio ambiente.

Integrado com este mecanismo de informação ambiental, também estes programas de rotulagem ambiental desempenham um papel sinalizador de reconhecimento de correctas práticas ambientais, para além de que sob o ponto de vista do fabricante, constitui um diferencial competitivo em relação aos seus concorrentes.



**keywords**

construction, sustainability, life cycling assessment, environmental product declaration, environmental labelling

**abstract**

Actually, there is a strong educational revolution in terms of environmental issues by promoting extensive discussions on the subject, raising questions about the role of citizens in this context and that have motivated some changes and greater awareness of consumption patterns and a direct positive influence level of environmental awareness on intentions to buy environmentally friendly products manufactured and marketed. This means that purchasing decisions have to be influenced by increasing environmental awareness and sustainable consumption by consumers that it also encourages companies to adopt an environmental orientation in their business strategies.

As part of this growing environmental awareness that is spoken, then there is the need for clarification of concepts and the establishment of objective criteria, data collection, calculation methodology and objectives to justify the choice of materials at the level of construction in order to optimize and to increase the sense of responsibility. This work is carried out with these guidelines, highlighting the important role that Environmental Product Declaration (EPD's) play in the standardization of criteria, seeking to clarify the whole process of organization of an EPD to the stage of publication of the same, indicating all the players, organizers entities, who are for and all applicable regulatory framework.

Based on all the criteria an EPD of a product used in construction was developed, an adhesive mortar, registering the difficulties that naturally arise which are analyzed and that will elicit proposals for possible adjustments and improvements that could eventually be made.

We conclude that the EPD's are an essential tool of environmental information of the product referred to, which come in response to environmental demands that the market gradually has imposed, the organization must comply with regulatory procedures and established binding/ transpire the responsibility of industry to the environment.

Integrated with this mechanism of environmental information, these environmental labeling programs also play a signaling role for the recognition of environmental practices, in addition to that from the manufacturer's point of view, is a competitive advantage over its competitors.



# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	i
Índice de Figuras .....	iii
Índice de Tabelas .....	v
Lista de Símbolos e Acrónimos.....	vii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento.....	1
1.2. Objectivos.....	1
1.3. Motivação .....	2
1.4. Organização da dissertação .....	2
2. Sustentabilidade na Construção.....	5
2.1. Enquadramento.....	5
2.2. Desenvolvimento Sustentável.....	6
2.3. Construção Sustentável .....	8
2.4. Medidas em Portugal e na União Europeia .....	12
2.5. Avaliação da Sustentabilidade.....	20
3. Rotulagem Ambiental.....	23
3.1. Evolução Histórica .....	23
3.2. Definições e Objectivos.....	24
3.3. Programas de Rotulagem.....	27
4. Metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida.....	33
4.1. Evolução Histórica do conceito de Avaliação de Ciclo de Vida.....	33
4.2. Conceito de Avaliação de Ciclo de Vida.....	34
4.3. Princípios da Análise do Ciclo de Vida.....	36
4.4. Metodologia de Análise do Ciclo de Vida.....	38
4.4.1. Definição de Objectivos e Âmbito .....	40
4.4.2. Análise de Inventário.....	43
4.4.3. Avaliação de Impacte Ambiental .....	45
4.4.4. Interpretação de Resultados.....	50
5. Declaração Ambiental de Produtos de Construção .....	53

5.1.	Definições e Objectivos .....	53
5.2.	Enquadramento Normativo .....	54
5.3.	Regras de Categoria do Produto.....	55
5.3.1.	Definição e Enquadramento .....	55
5.3.2.	Objectivos.....	56
5.3.3.	Conteúdo das Regras de Categoria do Produto .....	57
5.4.	Conteúdos de uma DAP .....	59
5.5.	Organização de uma DAP .....	60
5.5.1.	Informações relacionadas com o Programa .....	62
5.5.2.	Informações relacionadas com o Produto .....	62
5.5.3.	Informações relacionadas com o Desempenho Ambiental .....	63
5.5.4.	Informação Ambiental Adicional.....	64
5.5.5.	Declarações Obrigatórias .....	64
5.6.	Possibilidade de Actualização de uma DAP .....	65
5.7.	Procedimento de Verificação de uma DAP.....	65
5.8.	Programas Internacionais de Registo das DAP's.....	66
6.	Estudo de Caso: Declaração Ambiental da Argamassa Cola.....	69
6.1.	Enquadramento e Apresentação do Produto .....	69
6.2.	Desenvolvimento da DAP.....	70
6.2.1.	Regras de Categoria de Produtos .....	71
6.2.2.	Análise de Ciclo de Vida.....	71
6.2.3.	Declaração Ambiental de Produto.....	88
6.3.	Principais Dificuldades e Limitações .....	89
7.	Conclusões .....	93
7.1.	Considerações Finais.....	93
7.2.	Trabalhos Futuros.....	95
	Referências Bibliográficas .....	97
	ANEXOS.....	A
	Anexo I – Declaração Ambiental de Produto.....	C

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Pilares do desenvolvimento sustentável.....	8
Figura 2: Alguns exemplos de rótulos ecológicos (Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	24
Figura 3: Símbolos para identificação de produtos recicláveis (Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	29
Figura 4: Representação Esquemática do Processo de Ciclo de Vida de um Produto de Construção.....	38
Figura 5: Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (ISO 14040, 2006).....	39
Figura 6: Processo de desenvolvimento de Regras de Categoria de Produto (CAATEEB, 2010).....	58
Figura 7: Metodologia de desenvolvimento de uma DAP (Almeida, M. <i>et al.</i> , 2011) .....	61
Figura 8: Logótipo de uma DAP (IEC, 2008) .....	67
Figura 9: Fluxograma do modelo de ciclo de vida <i>cradle-to-gate</i> de 1Kg de argamassa cola (adaptado de Santos, M., 2010) .....	73
Figura 10: Contribuição de cada <i>input</i> considerado, na produção de 1Kg de Argamassa Cola, em Kg.....	77
Figura 11: Contribuição das emissões e descargas, na produção de 1Kg de Argamassa Cola, em Kg.....	78
Figura 12: Contribuição percentual de cada <i>input</i> para as categorias de impacte consideradas.....	81
Figura 13: Caracterização, por tipo de <i>input</i> , do consumo de energia .....	83





## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Princípios da Construção Sustentável (enunciados por Kibert, 1994) .....	9
Tabela 2: Lista de prioridades (baseado em Bragança <i>et al.</i> , 2006).....	10
Tabela 3: Lista de prioridades (baseado em Bragança <i>et al.</i> , 2006).....	11
Tabela 4: Algumas medidas definidas no Programa E4 relevantes para a presente dissertação (tendo por base Conselho de Ministros, 2001; Ministério da Economia, 2001) .....	13
Tabela 5: Algumas medidas definidas no Programa E4 relevantes para a presente dissertação (tendo por base Conselho de Ministros, 2001; Ministério da Economia, 2001) .....	14
Tabela 6: Medidas da Estratégia Nacional para a Energia (2003) (tendo por base Conselho de Ministros, 2003).....	15
Tabela 7: Medidas a adoptar no âmbito do reforço das energias renováveis e da promoção da eficiência energética (tendo por base Conselho de Ministros, 2005) .....	17
Tabela 8: Eixos principais da ENE 2020 (tendo por base Conselho de Ministros, 2010)...	19
Tabela 9: Indicadores Ambientais CEN (tendo por base Mateus, sd).....	21
Tabela 10: Princípios gerais aplicáveis a todo o tipo de rotulagem ou declaração ambiental (baseado em Lopez <i>et al.</i> , 2003).....	25
Tabela 11: Elementos principais da Fase 1, Definição de Objectivos e Âmbito (Thrane e Schmidt, 2006) .....	41
Tabela 12: Principais elementos da Fase 2, Análise de Inventário (Thrane e Schmidt, 2006) .....	44
Tabela 13: Principais elementos da Fase 4, Interpretação de Resultados (Thrane e Schmidt, 2006).....	50
Tabela 14: Programas de Registo de DAP's (baseado em Almeida, M. <i>et al.</i> , 2011).....	67
Tabela 15: Classificação de Argamassas Cola (EN 12004) .....	69
Tabela 16: Principais <i>inputs</i> utilizados para o fabrico de 1Kg de produto.....	76
Tabela 17: Emissões e descargas para o ar no fabrico de 1Kg de produto.....	77
Tabela 18: Distância média de transporte das matérias-primas até à fábrica por 1Kg de argamassa cola.....	78

Tabela 19: Descrição das Categorias de Impacte do Método CML 2001 (baseado em Geodkoop <i>et al.</i> , 2006).....	80
Tabela 20: Avaliação ambiental de 1Kg de argamassa cola .....	81
Tabela 21: Contribuição percentual de cada <i>input</i> para as categorias de impacte .....	82
Tabela 22: Utilização de recursos por 1Kg de argamassa cola .....	82
Tabela 23: Caracterização percentual do consumo de energia .....	83

---

## LISTA DE SÍMBOLOS E ACRÓNIMOS

<b>ACV</b>	Avaliação do Ciclo de Vida
<b>ADENE</b>	Agência para a Energia
<b>AICV</b>	Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida
<b>BEES</b>	Building for Environmental and Economic Sustainability
<b>CED</b>	Cumulative Energy Demand
<b>CEN</b>	Comité Européen de Normalisation
<b>CNUCED</b>	Conferências das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
<b>DAP</b>	Declaração Ambiental de Produto
<b>ENE</b>	Estratégia Nacional para a Energia
<b>EPA</b>	Environmental Protection Agency
<b>EPD</b>	Environmental Product Declaration
<b>ER</b>	Energias Renováveis
<b>EU</b>	European Union
<b>GEDnet</b>	Global Type III Environmental Product Declarations Network
<b>ICV</b>	Inventário de Ciclo de Vida
<b>IEC</b>	International EPD Consortium
<b>ISO</b>	International Standardization for Organization
<b>LCA</b>	Life Cycle Assessment
<b>OCDE</b>	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico
<b>PCR</b>	Product Category Rules
<b>PE4</b>	Programa Nacional para a Eficiência Energética e Energias Endógenas
<b>PIB</b>	Produto Interno Bruto
<b>PIP</b>	Política Integrada de Produtos
<b>PME</b>	Pequenas e Médias Empresas
<b>RCCTE</b>	Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios
<b>RCP</b>	Regras de Categoria de Produtos
<b>REPA</b>	Resource Environmental Profile Analysis
<b>RGCE</b>	Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
<b>RSECE</b>	Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios

**SETAC** Society of Environmental Toxicology and Chemistry

**UE** União Europeia

**WCED** World Commission on Environment and Development

**CO<sub>2</sub>** Dióxido de Carbono

**kg** Quilograma

**km** Quilómetro

**ton** Tonelada

**tkm** Tonelada quilómetro

**MJ** Megajoule

**kWh** Quilowatt Hora

**m<sup>2</sup>** Metro Quadrado

**kg CO<sub>2</sub>** Quilograma de CO<sub>2</sub> Equivalente

**kg CFC<sub>11</sub>** Quilograma de CFC<sub>11</sub> Equivalente

**kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>** Quilograma de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> Equivalente

**kg PO<sub>4</sub>** Quilograma de PO<sub>4</sub> Equivalente

**kg SO<sub>2</sub>** Quilograma de SO<sub>2</sub> Equivalente

# **1. INTRODUÇÃO**

## **1.1. Enquadramento**

Espera-se que o aumento da consciência ambiental a que se assiste nos últimos anos influencie a sociedade de consumo a ser cada vez mais responsável e consciente, onde produtores e produtos sejam avaliados pela qualidade, durabilidade, desempenho funcional, preço, assistência técnica e sobretudo, por critérios éticos, ecológicos e de justiça.

A consolidação do movimento ambiental tem incentivado transformações na procura da sociedade. Os consumidores passaram a traduzir os seus valores ambientais em poder de compra e a optar por produtos considerados com menor impacte ambiental.

Considerada um dos maiores e mais activos sectores da economia, a indústria da construção caracteriza-se como sendo a actividade que mais matéria-prima consome, maior quantidade de energia utiliza e os resíduos de construção e demolição representam o maior volume de resíduos produzidos em toda a Europa, tendo estes a vantagem de serem reciclados.

A selecção dos materiais a utilizar não deve pois assentar numa base casuística e não deve dispensar uma abordagem global de todos os impactes ambientais causados pelo material. Surge assim, no sector industrial um instrumento que transpore a responsabilidade do sector com o meio ambiente, as Declarações Ambientais dos Produtos de Construção (DAP's). Apresentam informação ambiental do produto a que se referem e representam sobretudo uma forma de harmonização e uniformização de critérios, incentivando a comparação entre materiais que desempenham a mesma função e fundamentando a tomada de decisões.

## **1.2. Objectivos**

O objectivo essencial deste estudo é o de aplicar uma ferramenta de comunicação de desempenho ambiental, DAP, de materiais de construção, em particular argamassa cola que vise a redução do impacte ambiental das construções em Portugal, nomeadamente na escolha de materiais.

Pretende-se a familiarização com conceitos associados à construção sustentável, rotulagem ambiental com destaque para a importância que as Declarações Ambientais de Produto assumem no contexto sócio económico actual. Pretende-se ainda, criar uma plataforma de esclarecimento útil destinada às empresas transformadoras de materiais de construção, para que estas trabalhem com um conjunto de critérios internacionalmente estabelecidos a fim de transmitir através das DAP's informações credíveis aos construtores, projectistas e consumidores sobre a sua responsabilidade ambiental.

Espera-se contribuir para a promoção de materiais, produtos, tecnologias e processos de alto conteúdo tecnológico e valor acrescentado, orientados pelos conceitos de construção sustentável, impulsionando o aparecimento de projectos inovadores neste campo.

### **1.3.Motivação**

A indústria da construção constitui-se como um dos sectores com grande impacto em termos ambientais, o que torna urgente a alteração do paradigma que caracteriza este sector; haja a capacidade de se fazer a transição para um sector mais sustentável e amigo do ambiente.

Este estudo desenvolve-se incentivado pela consciência ambiental dos riscos globais a que todos estaremos expostos a médio/longo prazo e pretende sobretudo alertar consciências e despertar atitudes que protejam o ambiente por parte dos agentes que intervêm na área da construção em Portugal.

Tendo sido principalmente desenvolvidas pelos agentes intervenientes, as DAP's constituem hoje um instrumento eficiente, baseadas em critérios objectivos, o que constitui um incentivo ao reconhecimento e uso deste tipo de documento.

### **1.4.Organização da dissertação**

Os conceitos que de alguma forma se alienam às Declarações Ambientais de Produtos deverão ser expostos de forma estruturada e organizada para que se promova com o máximo rendimento o esclarecimento de todos nós.

Assim sendo, entende-se que num primeiro capítulo, Capítulo 1 – Introdução, há todo o interesse em que se entenda qual o enquadramento do tema em análise, que se exponham os objectivos principais, a motivação e a estrutura da tese. O Capítulo 2 – Sustentabilidade na Construção, deverá clarificar conceitos e valores intrínsecos relacionados com práticas sustentáveis alienadas à indústria da construção, bem como a exposição do enquadramento histórico do conceito e o esclarecimento das normas através das quais as atitudes sustentáveis são reconhecidas. Ao longo do Capítulo 3 – Rotulagem Ambiental, pretender-se-á explorar o papel deste instrumento que é o rótulo ambiental nos mercados internacionais, entender quais as motivações do seu aparecimento e da sua propagação pelos diversos países, o seu enquadramento normativo actual, bem como os princípios pelos quais um produto se deve reger para alcançar a certificação e o respectivo símbolo de qualidade. No Capítulo 4 – Metodologia de Análise do Ciclo de Vida, é feita a exposição clara de toda a metodologia que envolve o processo de identificação/quantificação dos fluxos de energia/matéria e conseqüente impacte ambiental, afecto ao processo de transformação da matéria-prima até ao produto final. Os primeiros estudos, o refinamento que os mesmos alcançaram presentemente, o enquadramento normativo, as principais metodologias aplicadas no contexto da construção civil serão alvo de referência. Assim e, orientados pelas directrizes essenciais à construção de uma DAP, segue-se o Capítulo 5 – Declarações Ambientais de Produtos de Construção, DAP's, que se baseiam sempre que existem em Regras de Categoria de Produtos (RCP's), que definem um conjunto de regras, requisitos e *guidelines* para a identificação de categorias de produtos específicos e descrevem a informação que deve ser incluída numa DAP. Deverá começar por expor de forma límpida o conceito de DAP e qual o seu enquadramento. Pretende-se explorar as motivações das DAP's, entender as exigências de mercado, esclarecer o enquadramento normativo e estudar os requisitos mínimos de conteúdos das declarações ambientais de produtos de construção. No Capítulo 6 – Estudo de Caso, é desenvolvida uma declaração ambiental de um produto de construção, uma Argamassa Cola. No decurso da construção da declaração, as dificuldades sentidas deverão ser analisadas e entendidas e da análise dos resultados, deverão ser retiradas conclusões e propostos possíveis ajustes e melhorias. Por último, no Capítulo 7 – Conclusão, sintetizar-se-á o trabalho, resumindo as principais conclusões e sugerindo novas linhas de prosseguimento deste tema.





## 2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

### 2.1. Enquadramento

O aumento dos níveis de poluição ambiental e de destruição do planeta, bem como o futuro das sociedades são assuntos relevantes e cada vez mais abordados na actualidade.

Assim, a preocupação com o futuro sustentável dos ecossistemas e das gerações vindouras trazem para os diversos sectores de actividade a necessidade de definir um processo de desenvolvimento sustentável bem como de medidas que urgem ser implementadas.

O sector da construção assume uma grande relevância na economia e na sociedade portuguesa, o que se traduz naturalmente em impactes ambientais muito significativos. Do mesmo modo, este é um sector que condiciona os modos de habitar do ser humano, o seu bem-estar e saúde (Santo *et al.*, 2010).

De acordo com o *International Council for Research and Innovation in Building and Construction*, a indústria de construção civil é uma das actividades onde a produção e o consumo de matérias-primas se revela como mais consumidora. Estimam-se:

- 12 a 16% de consumo de água;
- 25% de madeira florestal;
- 30 a 40% de energia;
- 40% de produção de matéria-prima extractiva;
- 20 a 30% de produção de gases com Efeito de Estufa;
- 40% do total dos resíduos, dos quais 15 a 30% são depositados em aterros sanitários;
- 15% dos materiais transformam-se durante a execução da obra em resíduos (Roodman e Lenssen, 1995).

É pela consciência dos impactes nefastos da construção civil convencional e da preocupação incipiente com o meio ambiente e a saúde humana, que se assiste, a partir de meados do século XX, a uma mudança de atitude (Roodman e Lenssen, 1995).

## 2.2. Desenvolvimento Sustentável

É referido, diariamente, o conceito de sustentabilidade e a necessidade de adoptar medidas que permitam um desenvolvimento sustentável, sem o conhecimento exacto do seu significado.

A primeira definição para o conceito de desenvolvimento sustentável surge em 1987 pela *World Commission on Environment and Development* no Relatório de *Brundtland*, intitulado de “*Our Common Future*”.

Este relatório veio atentar para a necessidade de um novo tipo de desenvolvimento capaz de manter o progresso em todo o planeta e, a longo prazo, ser alcançado tanto pelos países em desenvolvimento como pelos países desenvolvidos. Nele, expõe-se o conceito de desenvolvimento sustentável como “aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de as gerações futuras atenderem suas próprias necessidades” (Brundtland, 1987). Esta definição é uma das mais adoptadas por todos aqueles que defendem e procuram a implementação do desenvolvimento sustentável (Druszcz, 2002).

Em 1992, acontece um dos eventos mais importantes que impulsiona as práticas do desenvolvimento sustentável, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD. Realizada no Rio de Janeiro – Brasil, ficou popularizada com o título de ECO 92 e contou com a participação de representantes de aproximadamente 180 países (Druszcz, 2002). Este evento é responsável pelo estabelecimento do desenvolvimento sustentável como uma das metas a serem alcançadas pelos governos e sociedades em todo o mundo.

De entre os vários documentos elaborados a partir da ECO 92, a “Agenda 21” foi o mais abrangente, constituindo um programa internacional com o estabelecimento de parâmetros para alcance do desenvolvimento sustentável (Santini *et al.*, 2009).

No entanto, o conceito de desenvolvimento sustentável ganha outra dimensão ao não se limitar e ao não abranger somente os problemas ambientais.

*Sachs* (1993) evidencia cinco dimensões para o planeamento da sustentabilidade:

- *Sustentabilidade Social*: abrange as questões da distribuição de riqueza na sociedade, procurando uma igualdade;
- *Sustentabilidade Económica*: refere que a eficiência económica deve ser medida por critérios macro sociais;

- *Sustentabilidade Ambiental*: aborda a necessidade de preservar os recursos não renováveis, de diminuir o volume de resíduos produzidos e de reduzir o consumo de energia;
- *Sustentabilidade Geográfica*: aborda a configuração urbana bem como a localização de ecossistemas passíveis de serem afectados;
- *Sustentabilidade Cultural*: pretende que as soluções adoptadas sejam apropriadas ao ecossistema pré-existente, permitindo uma continuidade cultural (Sattler, 2007).

Buarque (1994) define desenvolvimento sustentável como o “processo de mudança social e elevação das oportunidades da sociedade, compatibilizando, no tempo e no espaço, o crescimento e a eficiência económicos, a conservação ambiental, a qualidade de vida e a equidade social, partindo de um claro compromisso com o futuro e da solidariedade entre gerações”.

Bezerra e Bursztyn (2000), por sua vez, conceituam o desenvolvimento sustentável como sendo um processo de aprendizagem social de longo prazo, direccionado por políticas públicas sustentadas por um plano de desenvolvimento nacional. Desta forma, a pluralidade de actores sociais e interesses presentes na sociedade colocam-se como um entrave para as políticas públicas para o desenvolvimento sustentável (Barbosa, 2008).

Dez anos depois da ECO 92 foi realizada a Conferência Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (2002) em Johannesburgo, África do Sul. Reuniram-se chefes de Estado e de Governo, Organizações Não-Governamentais e empresários que analisaram o ponto de situação das metas propostas na “Agenda 21” e procederam ao reajuste das áreas que apresentavam maior entrave para a sua implementação, tendo sido debatidas ainda novas estratégias para a resolução dos problemas (Pereira, 2009).

Para Gibberd (2003), “sustentabilidade é viver dentro da capacidade de suporte do planeta e desenvolvimento sustentável é aquele que conduz à sustentabilidade”.

Camargo (2004) adianta que o maior avanço foi o reconhecimento do desenvolvimento sustentável como uma possível e aceitável solução para os problemas ambientais e sociais enfrentados pelo mundo (Camargo, 2004).

Segundo Carla Canepa (2007), “o desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como um estado fixo de harmonia, mas sim como um processo de mudanças, no qual se compatibiliza a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais com o presente e o futuro” (Barbosa, 2008).

Perante as considerações acima referidas, pode-se perceber que o desenvolvimento sustentável evoluiu até que se chegasse à composição de três pilares: social, económico e ambiental, Figura 1. O modelo de desenvolvimento sustentável deve estimular e salvaguardar a convivência harmoniosa entre estes três pilares (Amado *et al.*, 2010).

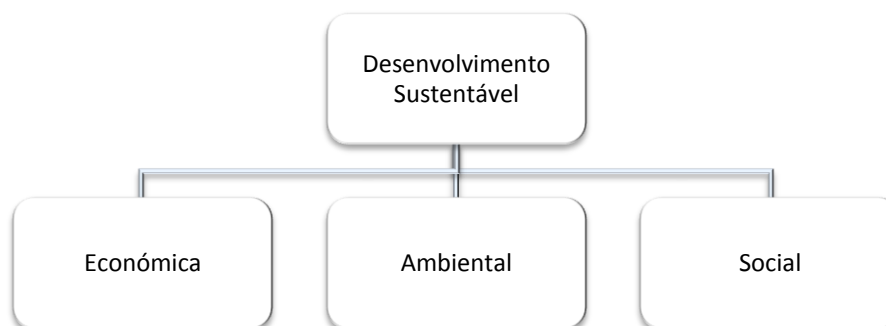


Figura 1: Pilares do desenvolvimento sustentável

### 2.3. Construção Sustentável

O engenheiro civil deve tentar integrar todas as dimensões possíveis da sustentabilidade nos seus projectos, de modo a produzir edifícios acessíveis a todos, confortáveis e com reduzido impacto ambiental.

Como directrizes para cumprir cada uma das dimensões previamente referidas por *Sachs* (2003), abordam-se as seguintes:

- *Sustentabilidade social* que deve ser procurada, construindo edifícios que proporcionem conforto e uma boa qualidade de vida às populações com menores recursos económicos. Não deve ser apenas procurado o menor custo, mas também um bom comportamento do edifício em termos estruturais, de conforto ambiental e durabilidade e acessibilidades;
- *Sustentabilidade económica* que advém de um bom planeamento do projecto, utilizando métodos eficientes na construção, técnicas apropriadas e escolhendo materiais de construção existentes nas proximidades do local da edificação, reduzindo desta forma os custos de transporte;

- *Sustentabilidade ambiental* que pode ser atingida, escolhendo apropriadamente os materiais e processos construtivos de menor impacte, integrando as construções no meio envolvente e projectando com vista à poupança energética;
- *Sustentabilidade geográfica* que consegue-se incorporando técnicas de planeamento de território apropriadas, construindo em dimensão e escalas adequadas ao local;
- *Sustentabilidade cultural* que deverá ser encontrada, incluindo no projecto zonas destinadas a actividades culturais típicas da comunidade (Sattler, 2007).

Charles Kibert (1994) descreve a Construção Sustentável como a “criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos e a utilização eficiente dos recursos”.

De forma a alcançar uma construção mais sustentável, Kibert estabeleceu 6 princípios básicos que se enunciam na Tabela 1.

Tabela 1: Princípios da Construção Sustentável (enunciados por Kibert, 1994)

<b>Princípios da Construção Sustentável</b>
1. Reduzir o consumo de recursos;
2. Reutilizar os recursos sempre que possível;
3. Reciclar materiais em fim de vida do edifício e usar recursos recicláveis;
4. Proteger os sistemas naturais e a sua função em todas as actividades;
5. Eliminar os materiais tóxicos e os subprodutos em todas as fases do ciclo de vida;
6. Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído.

Os princípios enunciados começaram assim, por ser a essência da operacionalização da perspectiva da construção sustentável e da identificação das áreas de desenvolvimento tecnológico.

De uma forma generalista, também Bragança *et al.* (2006) apresenta uma listagem de prioridades que podem ser consideradas os pilares da construção sustentável, apresentadas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2: Lista de prioridades (baseado em Bragança *et al.*, 2006)

#### LISTA DE PRIORIDADES

**Economizar energia e água:** na concepção dos edifícios deve ser assegurada uma gestão eficiente dos recursos energéticos e de água. O processo produtivo de energia eléctrica apresenta elevado impacto ambiental devido à emissão de uma grande parcela de gases e poluentes e ainda, por se utilizar como matéria-prima um recurso natural limitado e não renovável, devendo-se para isso reduzir ao máximo o seu consumo. O uso contínuo de energia constitui provavelmente o maior impacto ambiental dos edifícios, sendo por isso uma prioridade principal. Este ponto está relacionado com muitos aspectos, desde a minimização dos consumos energéticos durante a fase de construção até à redução dos consumos energéticos durante a fase de exploração através da utilização de fontes de energia renováveis (solar térmica, solar fotovoltaica, eólica, hídrica, biomassa, geotérmica, entre outras), minimização dos consumos durante as estações de arrefecimento (Verão) e aquecimento (Inverno) e ainda, a optimização da iluminação e ventilação natural. O consumo de água nos edifícios está directamente relacionado com a produção de águas residuais. Deste modo, é importante assegurar uma gestão adequada deste recurso, através da implementação, por exemplo, de autoclismos com sistemas de descargas diferenciadas, bases de chuveiro em detrimento de banheiras, torneiras monocomando, torneiras com temporizador e de descarga automática, entre outros.

**Assegurar a salubridade dos edifícios:** garantindo o conforto ambiental no seu interior, através da maximização da iluminação e ventilação natural, onde for possível. Deve evitar-se os compartimentos que não possuam aberturas directas para o exterior do edifício.

**Maximizar a durabilidade dos edifícios:** actualmente projecta-se para a resistência e não para a durabilidade. É premente alterar esta situação, pois com pequenos investimentos nas fases de concepção e construção pode-se aumentar o ciclo de vida dos edifícios. Deve dar-se primazia às tecnologias construtivas e materiais de construção que sejam duráveis e as construções devem ser flexíveis de modo a permitirem o seu ajuste a novas utilizações. Quanto maior for o ciclo de vida de um edifício maior será o período durante o qual os impactos ambientais produzidos durante a fase de construção serão amortizados.

**Planear a conservação e a manutenção dos edifícios:** os edifícios possuem uma vida útil limitada e seguem um processo de envelhecimento desde a sua construção até à sua reabilitação e demolição. Inevitavelmente, os edifícios deteoram-se, através das acções físicas, químicas e mecânicas a que estão submetidos, atingindo um estado de degradação que não é compatível com o conforto e a segurança estrutural previstos na fase de projecto. Os edifícios possuem uma grande quantidade de recursos naturais e culturais que devem ser conservados e que fazem parte da identidade do local onde estão implantados. As intervenções de manutenção e reabilitação contribuem para a ampliação do ciclo de vida das construções.

Tabela 3: Lista de prioridades (baseado em Bragança *et al.*, 2006)**LISTA DE PRIORIDADES**

**Utilizar materiais eco-eficientes:** entende-se por materiais eco-eficientes ou ecológicos, aqueles que não promovem a degradação do ambiente, isto é que ao longo do seu ciclo de vida (desde a fase de extracção até à devolução ao meio ambiente) possuem um baixo impacte ambiental. Assim, são considerados materiais eco-eficientes todos os materiais que não possuam químicos nocivos à camada do ozono, sejam duráveis, exijam poucas operações de manutenção, estejam disponíveis nas proximidades do local de construção, sejam elaborados a partir de matérias recicladas e/ou possuam grandes potencialidades para virem a ser recicladas ou reutilizadas.

**Apresentar baixa massa de construção:** quanto menor for a massa total do edifício menor será a quantidade de recursos naturais incorporada. Existe uma vantagem natural pela opção de técnicas construtivas que reduzam o peso da construção nomeadamente, a utilização de uma solução leve na envolvente vertical dos edifícios, com elevado desempenho térmico e acústico e a utilização pontual no seu interior de materiais de elevada massa, que comportem em simultâneo funções estruturais e de desempenho térmico.

**Minimizar a produção de resíduos:** os resíduos de construção provêm das mais diferenciadas fontes: produção dos materiais, quebras durante o seu armazenamento, transporte, construção, conservação, demolição e derrocada de edifícios. Conclui-se, portanto, que existem os resíduos que resultam da própria acção de construir, os que são gerados pela sobra de materiais, e ainda as embalagens dos produtos que chegam à obra. A fase de construção é considerada como sendo a potencial geradora da maior parte dos resíduos provenientes da indústria da construção. Neste sentido, poder-se-á diminuir a produção de resíduos durante as fases de transporte e construção, através de um correcto acondicionamento e armazenagem dos materiais de construção. Pode-se, ainda, diminuir a produção de resíduos na fase de construção através da maximização da utilização de sistemas pré – fabricados, que só pode ser conseguida através da utilização de dimensões padrão na fase de concepção.

**Ser económica:** uma construção só pode ser sustentável se depois de respeitados os princípios enumerados nos pontos anteriores se consiga compatibilizar o seu custo com os interesses do dono de obra e dos potenciais utilizadores. A análise económica de um sistema de construção deve ser realizada ao longo de todas as fases que compõem o seu ciclo de vida (construção, utilização, manutenção e reabilitação, e demolição). A racionalização de recursos como mão-de-obra, equipamentos, consumos de água, eficácia energética, o aumento de produtividade e a diminuição do período de construção constituem factores importantes e que permitem maior rapidez no retorno do investimento inicial. A análise económica não fica completa se não for contemplado o valor no final da vida útil das construções, que depende da possibilidade dos materiais e componentes virem a ser reutilizados ou reciclados.

**Garantir condições dignas de higiene e segurança nos trabalhos de construção:** deve proceder-se a uma selecção criteriosa dos materiais, produtos, sistemas construtivos e processos de construção a fim de melhorar as condições de trabalho dos trabalhadores e de reduzir os acidentes de trabalho, ao longo do ciclo de vida de uma construção.

As medidas preconizadas nos pontos apresentados nas Tabelas 2 e 3 devem ser aplicadas ao ciclo de vida global de uma construção, desde a extracção de matérias-primas, passando pelo planeamento, projecto, construção, operação/manutenção até à sua desconstrução/demolição e deposição final.

## **2.4. Medidas em Portugal e na União Europeia**

A procura de um progresso ambientalmente adequado foi suportada por várias conferências e iniciativas relacionadas com este assunto, destacando-se as Conferências das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 e 2002, a Conferência das Mudanças Climáticas em *Kyoto* 1997 e ainda, as resoluções do Conselho Europeu. Na prossecução destas os estados membros viram-se obrigados a repensar a sua política económica e de desenvolvimento.

Desde 1997 até ao momento foram desenvolvidas e acordadas em Conselho de Ministros 4 Estratégias Nacionais para a Energia: a primeira em 2001, a segunda em 2003, a terceira em 2005 e por fim, a última em 2010.

### **Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001, aprova o Programa E4 – Eficiência Energética e Energias Endógenas (DR nº 243, I-B Série, de 19 de Outubro de 2001)**

Aprova a 19 de Outubro de 2001 o Programa E4, Eficiência Energética e Energias Endógenas com os seus objectivos e medidas.

Este programa fundamenta-se na comparação do panorama nacional com o dos restantes membros da UE no que toca à utilização de energias limpas, emissões de gases de efeito de estufa e dependência energética.

Tendo por objectivo inverter a grande dependência energética do país, através da melhoria da eficiência energética e da valorização do recurso às energias endógenas, em particular as energias renováveis, estabeleceram-se metas. Preconizou-se como possível:

- Duplicar a potência eléctrica instalada por via renovável e satisfazer os objectivos de 39% de energia eléctrica de origem renovável num horizonte de 10 a 15 anos;
- Satisfazer parte significativa da energia usada em águas quentes, uso específico dominante no sub-sector doméstico e com grande expressão no sector industrial, com recurso à energia solar térmica;
- Reduzir a energia dispendida na procura de conforto ambiental, adoptando soluções de aquecimento e arrefecimento solar passivas, iluminação natural e incorporando conceitos de arquitectura bioclimática.



Pretende-se aproximar Portugal das metas europeias no que toca à produção de electricidade a partir de fontes renováveis, o que seria um contributo para a melhoria da competitividade da economia, para a sua modernização e também para a segurança do abastecimento energético, salvaguardando ao mesmo tempo, a qualidade de vida das gerações futuras (Conselho de Ministros, 2001; Ministério da Economia, 2001).

O Programa Nacional para a Eficiência Energética e Energias Endógenas assenta essencialmente em três eixos de intervenção, e são eles: a) a diversificação do acesso às formas de energia disponíveis no mercado e aumento dos prazos de garantia, facultados pelas empresas de oferta energética; b) a melhoria da eficiência energética, contribuindo para a redução da intensidade energética do PIB, da factura energética e dos danos ambientais e c) a valorização das energias endógenas, sobretudo a hídrica, a eólica, a biomassa, a solar (térmica e fotovoltaica) e a energia das ondas, por serem as que apresentam maiores potencialidades em Portugal.

No âmbito deste Programa, PE4, o Governo Português adoptou um conjunto de medidas, Tabelas 4 e 5, com vista à promoção da eficiência energética e das fontes renováveis de energia, a fim de conduzir a uma situação energética mais favorável e indicarem novas vias de evolução no quadro energético nacional (Conselho de Ministros, 2001).

Tabela 4: Algumas medidas definidas no Programa E4 relevantes para a presente dissertação (tendo por base Conselho de Ministros, 2001; Ministério da Economia, 2001)

#### **Eficiência Energética**

- Actualização e reforço das acções tendentes à promoção da eficiência energética nos edifícios (RCCTE – Decreto-Lei nº 40/90 de 6 de Fevereiro) e nos sistemas energéticos de climatização em edifícios (RSECE - Decreto-Lei nº 118/98 de 7 de Maio);
- Lançamento de um programa nacional para a eficiência energética nos edifícios, incluindo a sua certificação energética;
- Implementação de incentivos no sistema tarifário que promovam a melhoria da qualidade ambiental;
- Dinamização das intervenções energético-ambientais com especial incidência no espaço urbano (regulamentação urbanística, construção, desempenho de edifícios e sistemas energéticos dos edifícios);
- Criação ou extensão de medidas de incentivo fiscal à eficiência energética.

Tabela 5: Algumas medidas definidas no Programa E4 relevantes para a presente dissertação (tendo por base Conselho de Ministros, 2001; Ministério da Economia, 2001)

#### **Energias Endógenas**

- Valorização do Sistema Eléctrico Independente pelo aumento da remuneração da electricidade com origem em energias renováveis (tarifas verdes);
- Lançamento de um programa nacional de apoio ao aquecimento de águas sanitárias por energia solar em alternativa ao gás ou à electricidade;
- Implementação do processo de atribuição e controlo de Certificados Verdes no âmbito da produção de electricidade a partir de recursos renováveis;
- Promoção da opção solar térmica para as águas quentes sanitárias nos sectores doméstico e de serviços;
- Promoção de projectos exemplares de demonstração do aproveitamento de energias endógenas, em particular no caso das tecnologias emergentes do ponto de vista do mercado;
- Criação ou extensão de medidas de incentivo fiscal às energias endógenas.

#### **Medidas de divulgação de informação**

- Edição de uma brochura de referência sobre o Sector Energético em Portugal em 2001;
- Promoção de mecanismos de incentivo à criação de disciplinas sobre Eficiência Energética, Gestão de Energia e Energias Renováveis nos programas do ensino secundário, profissional e superior relevantes;
- Promoção da actualização de Guias Técnicos (e.g. *Guia Técnico das Instalações Eléctricas de Produção Independente de Energia Eléctrica*) e da elaboração de novos Guias no âmbito dos programas *Solar Térmico* e *Eficiência Energética de Edifícios*;
- Criação de um conjunto de medidas conducentes à melhoria do acesso dos cidadãos e agentes económicos à informação sobre energia e a prestação dos serviços administrativos na área da energia;
- Definição de uma estratégia de *marketing* energético-ambiental, incluindo o lançamento de campanhas publicitárias para a promoção do aproveitamento de recursos endógenos;
- Dinamização de um 'Observatório da Energia' que constitua um instrumento de monitorização do Programa E4.

### **Resolução do Conselho de Ministros n° 63/2003, aprova as orientações da Política Energética Portuguesa (DR n° 98, I-B Série, de 19 de Outubro de 2003)**

Resultou da necessidade de se implementar uma política energética adequada, concomitantemente, ao progresso económico e às condicionantes ambientais.

Sendo Portugal um país com uma dependência energética muito elevada, importando cerca de 85% da energia primária consumida e tendo um dos piores níveis de eficiência dos 15 Estados-Membros da UE na utilização de energia, definiram-se medidas que permitissem: a liberalização do mercado, a redução da intensidade energética no produto, a redução da

factura energética, a melhoria da qualidade do serviço, a segurança do aprovisionamento e do abastecimento, a diversificação das fontes e aproveitamento dos recursos endógenos, a minimização do impacto ambiental e a contribuição para o reforço da produtividade da economia nacional.

Foram, entretanto, aprovadas em Conselho de Ministros a 28 de Abril de 2003 as novas orientações da política energética portuguesa, que integram um conjunto de medidas adicionais com incidência na área das energias renováveis e dos mercados dos serviços energéticos e cujo propósito é permitir o cumprimento de novas metas mais ambiciosas, Tabela 6 (Conselho de Ministros, 2003).

Tabela 6: Medidas da Estratégia Nacional para a Energia (2003) (tendo por base Conselho de Ministros, 2003)

**Medidas da Estratégia Nacional para a Energia (2003)**

- Implementar a eficiência energética nos edifícios;
- Incentivar o uso de colectores solares e implementar o uso de água quente solar;
- Incentivar o aproveitamento de energias endógenas;
- Melhorar o acesso dos consumidores à informação sobre energia;
- Transpor e aplicar a directiva europeia relativa à eficiência energética de edifícios;
- Publicar quadro legal e normativo relativo à micro-geração a partir de ER;
- Promover a produção descentralizada de energia eléctrica;
- Desenvolver o Programa Nacional de Gestão de Energia.

**Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, aprova a Estratégia Nacional para a Energia (DR nº 204, I-B Série, de 24 de Outubro de 2005)**

Pretendendo reduzir a forte dependência externa (apesar da evolução observada na produção de energia eléctrica a partir de energias renováveis), aumentar a eficiência energética, reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e ainda, aumentar a qualidade do serviço a incentivar a concorrência através da adopção de um modelo de organização das empresas

com capitais públicos do sector energético, o Governo Português definiu uma Estratégia Nacional para a Energia que tem como principais objectivos os que se enunciam de seguida:

- Garantir a segurança do abastecimento de energia, através da diversificação dos recursos primários e dos serviços energéticos e da promoção da eficiência energética;
- Estimular e favorecer a concorrência, de forma a promover a defesa dos consumidores, bem como a competitividade e a eficiência das empresas;
- Garantir a adequação ambiental de todo o processo energético, reduzindo os impactes ambientais às escalas local, regional e global.

De forma a atingir os objectivos previamente enunciados, identificam-se na Estratégia cinco eixos de acção, sendo estes:

- 1 a liberalização do mercado de gás e electricidade,
- 2 a criação de dois grandes operadores concorrentes no sector do gás e da electricidade,
- 3 o desenvolvimento de um operador para o transporte do gás e da electricidade,
- 4 uma forte promoção do desenvolvimento das energias renováveis, e
- 5 a implementação de um plano para o aumento da eficiência energética.

Esta estratégia retoma o essencial das políticas que vêm do passado, apresentando contudo actualizações de algumas orientações e metas que foram ultrapassadas devido à rápida evolução do sector energético, principalmente no que toca às energias renováveis e à eficiência energética, tornando-as mais ambiciosas.

O reforço das energias renováveis e a promoção da eficiência energética foram de entre as várias linhas estratégicas apresentadas na Estratégia Nacional, aquelas que mais se evidenciaram, Tabela 7 (Conselho de Ministros, 2005).

Tabela 7: Medidas a adoptar no âmbito do reforço das energias renováveis e da promoção da eficiência energética (tendo por base Conselho de Ministros, 2005)

#### **Medidas para reforço das Energias Renováveis**

- Intensificação e diversificação do aproveitamento das fontes renováveis de energia para a produção de electricidade, com especial enfoque na energia eólica e no potencial hídrico ainda por explorar;
- Clarificação e agilização dos mecanismos administrativos de licenciamento eliminando todos os obstáculos burocráticos desnecessários e correspondentes custos;
- Enquadramento legislativo dos certificados verdes e criação de uma plataforma para a sua negociação;
- Valorização da biomassa florestal;
- Transposição da directiva sobre biocombustíveis e introdução de biocarburantes em Portugal;
- Redinamização do Programa «Água Quente Solar para Portugal» no âmbito da revisão do RCCTE;
- Avaliação dos critérios de remuneração da electricidade produzida, tendo em conta as especificidades tecnológicas e critérios ambientais.

#### **Medidas a adoptar para a promoção da Eficiência Energética**

- Promoção de políticas de eficiência energética por parte das empresas de serviços energéticos;
- Aprovação de nova legislação sobre a eficiência energética dos edifícios, em substituição dos actuais;
- RCCTE e RSECE e em conformidade com a directiva sobre a eficiência energética dos edifícios;
- Criação do sistema de certificação energética de edifícios gerida pela ADENE;
- Reformulação do RGCE, com vista a compatibiliza-lo com as novas exigências ao nível das emissões de gases de efeito estufa, com a revisão da fiscalidade do sector energético e com a necessidade de promover acordos voluntários para a utilização racional de energia;
- Introdução de fontes de energia alternativas ao petróleo, principalmente nos transportes públicos, designadamente através de biocombustíveis, de hidrogénio ou de soluções híbridas, incluindo a recuperação da energia de frenagem;
- Financiar acções de promoção da eficiência energética.

**Resolução do Conselho de Ministros nº 29/2010, aprova a Estratégia Nacional para a Energia 2020 (ENE 2020) (DR nº 73, de 15 de Abril de 2010)**

Aprova a nova Estratégia Nacional para a Energia 2020, ENE 2020, que altera e actualiza a anterior estratégia aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros nº 169/2005, de 24 de Outubro.

A ENE 2020 traduz um novo impulso para que o país prossiga na liderança da sustentabilidade energética e cumpra as metas e objectivos definidos no programa do Governo. Trata-se de uma agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira do País, apostando nas energias renováveis e na promoção integrada da eficiência energética, assegurando a segurança de abastecimento e a sustentabilidade económica e ambiental do modelo económico.

Na ENE 2020 estipularam-se objectivos concretos e ambiciosos com o horizonte de 2020, sendo os seguintes:

- Reduzir a dependência energética externa para 74% em 2020, atingindo o objectivo de 31% da energia final, contribuindo para os objectivos comunitários;
- Cumprir os compromissos para 2020 assumidos por Portugal no contexto europeu;
- Reduzir o saldo importador energético com a energia produzida a partir de fontes endógenas;
- Consolidar o *cluster* das energias renováveis em Portugal;
- Continuar a desenvolver os sectores associados à promoção da eficiência energética;
- Promover o desenvolvimento sustentável.

De forma a concretizar os seus objectivos, a Estratégia Nacional para a Energia 2020 assentou em 5 eixos fundamentais, Tabela 8, que constituem uma visão, um conjunto focado de prioridades e medidas que as permitem concretizar (Conselho de Ministros 2010).

Tabela 8: Eixos principais da ENE 2020 (tendo por base Conselho de Ministros, 2010)

<b>Eixos principais da ENE 2020</b>
<p><b>EIXO 1 Agenda para a competitividade, crescimento e Independência energética e financeira</b></p> <p>A ENE 2020 define uma agenda para a Competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira do País.</p>
<p><b>EIXO 2 Aposta nas Energias Renováveis</b></p> <p>Aposta nas fontes de energia renovável de modo a que, em 2020, representem 31% de toda a energia final consumida (60% de electricidade), e 10% no sector dos transportes.</p>
<p><b>EIXO 3 Promoção da Eficiência Energética</b></p> <p>Promoção da eficiência energética, consolidando o objectivo de redução de consumo da energia final em 20% em 2020 .</p>
<p><b>EIXO 4 Garantia de Segurança de Abastecimento Energético</b></p> <p>Assegurar a garantia da segurança de abastecimento, através da diversificação do “mix” energético, no que respeita as fontes e as origens do abastecimento.</p>
<p><b>EIXO 5 Promoção da Sustentabilidade da Estratégia</b></p> <p>Sustentabilidade económica e ambiental, promovendo a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e a gestão equilibrada dos custos e dos benefícios da sua implementação.</p>

No que concerne a União Europeia, em 23 de Janeiro de 2008, em Bruxelas, foi aprovado um pacote de propostas conhecido por IP/08/80, numa tentativa de travar as alterações climáticas e promover o uso de energias renováveis. O objectivo deste pacote é conseguir que a UE reduza em 20% as emissões de gases de efeito de estufa, eleve para 20% a quota das energias renováveis no consumo de energia e aumente em 20% a eficiência energética até 2020 (Comissão Europeia, 2008).

Em 3 de Março de 2010, em Bruxelas, a Comissão Europeia lançou a Estratégia Europa 2020 com os seus grandes objectivos, denominada IP/10/225 que foi posteriormente adoptada em 17 de Junho de 2010 e implementada em Janeiro de 2011.

Esta estratégia visa permitir à UE a concretização do duplo objectivo de uma maior segurança do aprovisionamento energético e da redução das emissões de gases com efeito de estufa (Comissão Europeia, 2008).

Observa-se assim, uma consciencialização ambiental cada vez maior a nível mundial.

As medidas enunciadas são relativas apenas à União Europeia. No entanto, países como o E.U.A e o Brasil adoptaram estratégias semelhantes.

## **2.5. Avaliação da Sustentabilidade**

A comunicação é a chave para a mudança de comportamentos na sociedade moderna, em direcção ao desenvolvimento sustentável e o sector produtivo tem dado importantes contribuições através de mecanismos variados. No domínio dos sistemas de avaliação da sustentabilidade, o método de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) tem-se revelado como a melhor abordagem para a avaliação dos efeitos ambientais de uma matéria ou produto. Por esta razão, este é o método que se aplicará ao produto de construção escolhido para o estudo de sustentabilidade do presente trabalho, uma argamassa cola, e que será portanto apresentado no Capítulo 4 e desenvolvido/aplicado nos Capítulos 5 e 6.

O Comité Europeu de Normalização (CEN) tem em curso a formação do Comité Técnico 350 (CEN/TC 350) cujo propósito é de normalizar, facilitar a interpretação e a comparação de resultados entre os sistemas de avaliação da sustentabilidade desenvolvidos no contexto Europeu. Com base na CEN/TC 350 encontra-se em desenvolvimento um conjunto de ferramentas de avaliação e certificação da sustentabilidade da construção, adaptadas ao contexto português (tradições, clima, sociedade, prioridades ambientais, economia e enquadramento legal). De acordo com estas futuras normas CEN, a avaliação de desempenho ambiental deverá ser realizada com base na avaliação de 13 indicadores ambientais, Tabela 9.



Tabela 9: Indicadores Ambientais CEN (tendo por base Mateus, sd)

**Impactes Ambientais Expressos em Categorias de ACV**

1. Alterações climáticas expressas em Potencial de Aquecimento Global;
2. Destruição da camada de ozono estratosférico;
3. Acidificação do solo e dos recursos hídricos;
4. Eutrofização;
5. Formação de ozono troposférico, expresso em oxidantes fotoquímicos.

**Impactes ambientais baseados em dados de Inventário de Ciclo de Vida (ICV), mas não expressos nas categorias de ACV**

1. Utilização de recursos não renováveis, para além da energia primária;
2. Utilização de produtos reciclados/reutilizados, para além de energia primária;
3. Utilização de energia primária não renovável;
4. Utilização de energia primária renovável;
5. Consumo de água potável;
6. Armazenamento de resíduos não perigosos;
7. Armazenamento de resíduos perigosos;
8. Resíduos nucleares (separados dos resíduos perigosos).

A lista de indicadores ambientais CEN foi desenvolvida de forma a potenciar a utilização dos dados existentes nas Declarações Ambientais de Produtos de Construção (DAP's). Espera-se, que no futuro todos os métodos europeus normalizados para a avaliação da sustentabilidade deverão considerar a mesma lista de indicadores (Mateus, sd).

Ainda de uma forma bastante mais informal, os programas de rotulagem que têm surgido, e que têm vindo a ser objecto de normalização, não deixam de ser um indicador da consciência ambiental e da procura de actos sustentáveis, cuja importância se tem vindo aqui a defender. Merecem portanto aqui destaque, pelo que se desenvolve o Capítulo 3.



### 3. ROTULAGEM AMBIENTAL

Como manifestação da crescente consciência ambiental a que se assiste actualmente, vários países têm adoptado mecanismos voluntários de rotulagem a produtos que atentam critérios de controlo previamente estabelecidos. Neste sentido, a Rotulagem Ambiental vem-se revelando num poderoso instrumento de mercado, pelo que se reconhece importância na análise deste mecanismo de informação.

#### 3.1. Evolução Histórica

A difusão dos processos de certificação e rotulagem ambiental resultam da necessidade da percepção ambiental decorrente de diversos acidentes ambientais, da proliferação da construção e da crise do petróleo que se registaram até à década dos anos 70.

A Alemanha surge como instigadora, ao criar o selo verde com iniciativa governamental, baseada em recomendações adoptadas pelo Conselho da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), o *Blue Angel*, em 1977. Assim, dez anos mais tarde, este selo contava já com mais de 3000 produtos certificados, acusando assim o elevado grau de consciência ambiental dos consumidores alemães e das tecnologias ambientais desenvolvidas.

Rapidamente a percepção sobre as questões ambientais se alastra além Europa, entusiasmando outros países à criação dos seus próprios programas de rotulagem: em 1988 o governo do Canadá cria o seu programa de selo verde, o *Environmental Choice*, em 1989 o Japão cria o *Eco Mark*; em 1990 os Estados Unidos criaram o *Green Seal*, e em 1992 Singapura o *Green Label*. Países como a Índia e a Coreia optaram por adoptar programas já existentes, neste caso, o *Eco Mark*.

Estes programas desenvolvidos sob a influência, sobretudo, dos modelos canadianos e alemães são modelos chamados Mono Criteriosos, uma vez que se apoiam em estudos realizados desde a fase de produção até à utilização final do produto, e avaliam a eliminação da substância ou das duas substâncias mais poluentes do produto.

Em 1988, surge nos países nórdicos um sistema de atribuição de selo verde mais abrangente, conhecido por cisne nórdico o qual foi reforçado com o *European Ecolabel* (1992), Francês, e que contempla todo o ciclo de vida do produto. Estes destacam-se pela preocupação não só com a eliminação de substâncias poluentes dos produtos, mas com o impacte causado por toda a sua produção, desde a matéria-prima até à utilização final. Na Figura 2 apresentam-se os símbolos ecológicos de que se fala (Santos, sd).

Segundo aponta Maimon (1996), a rotulagem ambiental ao difundir-se por mercados como o Japão, França, Áustria, União Europeia, entre outros, nos anos 90, adquire um carácter universal reconhecido pelos mercados.



Rótulo ecológico da Comunidade Europeia



*Environmental Choise* - Rótulo ecológico do Canadá



*Eco Mark* – Rótulo ecológico do Japão, Índia e Coreia



*Green Seal* – Rótulo ecológico dos Estados Unidos

Figura 2: Alguns exemplos de rótulos ecológicos (Coelho *et al.*, 2010)

### 3.2. Definições e Objectivos

A NP ISO 14020 estabelece nove princípios gerais, Tabela 10, aplicáveis a todo o tipo de rotulagem ou declaração ambiental cujo objectivo final é assegurar correcção técnica, transparência, credibilidade e relevância ambiental.

Tabela 10: Princípios gerais aplicáveis a todo o tipo de rotulagem ou declaração ambiental (baseado em Lopez *et al.*, 2003)

**Princípios gerais, aplicáveis a todo o tipo de Rotulagem ou Declaração Ambiental**

1. Rótulos e declarações ambientais devem ser precisos, verificáveis, relevantes e não enganosos;
2. Procedimentos e requisitos para rótulos e declarações ambientais não devem ser elaborados, adoptados ou aplicados com intenção de, ou efeito de, criar obstáculos desnecessários ao comércio internacional;
3. Rótulos e declarações ambientais devem basear-se em metodologia científica que seja suficientemente cabal e abrangente para dar suporte às afirmações, e que produza resultados precisos e reproduzíveis;
4. As informações referentes aos procedimentos, metodologias e quaisquer critérios usados para dar suporte a rótulos e declarações ambientais devem estar disponíveis e ser fornecidas a todas as partes interessadas sempre que solicitadas;
5. O desenvolvimento de rótulos e declarações ambientais devem considerar todos os aspectos relevantes do ciclo de vida do produto;
6. Os rótulos e declarações ambientais não devem inibir inovações que mantenham ou tenham o potencial de melhorar o desempenho ambiental;
7. Quaisquer requisitos administrativos ou procuras de informações relacionadas a rótulos e declarações ambientais devem ser limitados àqueles necessários para estabelecer a conformidade com os critérios e normas aplicáveis dos rótulos e declarações ambientais;
8. Convém que o processo de desenvolvimento de rótulos e declarações ambientais inclua uma consulta participatória e aberta às partes interessadas. Convém que sejam feitos esforços razoáveis para chegar a um consenso no decorrer do processo;
9. As informações sobre aspectos ambientais dos produtos e serviços relevantes a um rótulo ou declaração ambiental devem ser disponibilizadas aos compradores e potenciais compradores junto à parte que faz o rótulo ou declaração ambiental.

A possibilidade destes princípios dos programas de rotulagem gerarem impactes negativos surge como uma contrariedade, mas na realidade pode apontar-se:

- Que a formação de barreiras técnicas ao comércio pode acontecer se a determinação de critérios, em particular o uso de matérias-primas e métodos/processos de produção, não estejam baseadas em considerações objectivas e padronizadas, independentemente do país de origem ou de destino,

- Influenciam-se custos e competitividade de países em desenvolvimento por não possuírem políticas concisas de protecção ambiental no mercado interno, pressionando estes a adoptarem programas e rotulagem para não verem os seus produtos discriminados do comércio internacional.

A rotulagem ambiental configura uma forma de comunicação dos atributos ambientais de um produto ou serviço, sob a forma de atestados, símbolos ou gráficos em rótulos de produtos ou embalagens ou em literatura sobre produtos, boletins técnicos, propaganda, publicidade e assim por diante (Harrington e Knight, 2001). Segundo Sodré (1997), rotulagem ambiental é “um instrumento que objectiva oferecer informações aos consumidores que permita a distinção de diferentes produtos existentes no mercado, quanto ao impacte que estes causam ao meio ambiente”. É uma ferramenta que pretende motivar o desenvolvimento de novos padrões de consumo, que envolvam condições ambientalmente mais saudáveis e sustentáveis, através da implementação de políticas públicas de desenvolvimento, contribuindo ainda para a evolução da produção industrial.

O objectivo de qualquer programa de rotulagem ambiental é promover a melhoria da qualidade ambiental de produtos e processos mediante a mobilização das forças de mercado pela consciencialização de consumidores e produtores.

Corrêa (1998) defende que os governos utilizam os programas de rotulagem ambiental para incentivar mudanças nos padrões de produção e consumo. Incentiva-se o sector produtivo a mudar os seus processos, substituir materiais, reduzir o uso da energia, água e outros recursos naturais, minimizando assim, o uso de substâncias tóxicas e poluição, entre outros.

De uma forma geral, os programas de rotulagem pretendem fornecer informações claras e precisas aos consumidores de modo a fundamentar a tomada de decisões de compra. Promovem a melhoria do desempenho ambiental das operações industriais garantindo o espaço no mercado em favor da protecção ambiental. Os programas de rotulagem ao atribuírem selos a fabricantes de produtos de menores impactes ao ambiente encorajam outras empresas a acompanhá-los e a melhorarem os seus produtos para que conquistem o selo e conseqüentemente uma maior participação no mercado (Tibor e Feldman, 1996).

### 3.3. Programas de Rotulagem

A proliferação dos rótulos ambientais em diversos países e a globalização dos mercados ditaram a necessidade de instituição de um processo de normalização dos rótulos ecológicos, instigando a definição de normas e directrizes a eles associados.

Sob o ponto de vista de obrigatoriedade da rotulagem, os rótulos podem ser Voluntários, quando o fabricante procura a rotulagem, e Mandatários, quando o fabricante é obrigado a prestar informações referentes ao produto.

- **Rótulos Mandatários** – os rótulos mandatários, de carácter obrigatório, sub - dividem-se em informativos ou de alerta de aviso de risco:
  - ✓ *Rótulos Informativos* – apresentam informações técnicas. Exemplo: consumo de energia em electrodomésticos, consumo de combustível em veículos automotores, etc.
  - ✓ *Alertas ou Avisos de Risco* – são alertas informando os danos causados ao ambiente ou à saúde. Como exemplo, os rótulos de defensivos agrícolas cujo símbolo é uma caveira; outros rótulos que indicam presença de insecticidas, fungicidas ou substâncias nocivas à camada de ozono.
- **Rótulos Voluntários**
  - ✓ *Cartão de Relatório Ambiental* – fornece informações sobre o impacto que o produto e a sua embalagem causam no ambiente. É analisado o inventário do ciclo de vida do produto (produto, uso e disposição final), porém não é dada atenção à extracção da matéria-prima. Apenas apresenta os dados deixando a decisão de uso por conta do consumidor, sendo por isso considerado neutro.
  - ✓ *Certificação Mono Criteriosa* – é um programa que atesta a validade de uma afirmação ambiental feita pelo fabricante do produto. É mono criteriosa, pois somente uma característica é testada (aquela evidenciada pelo fabricante), é positivo e actua por parâmetros que podem ser testados e quantificados.

- ✓ *Rótulos Ecológicos* – os rótulos ecológicos identificam os produtos que são menos agressivos ao meio ambiente. São multi criteriosos, pois levam em consideração vários atributos do produto (Barbato *et al.*, sd).

A Organização Internacional de Normalização (ISO) determinou um conjunto de critérios para avaliar os esquemas de rotulagem ambiental, conhecida pela série ISO 14020. De acordo com a classificação ISO existem três tipos voluntários de esquemas de rótulos ambientais:

▪ **Rotulagem Tipo I - Programas de Selo Verde - NP ISO 14024:**

Esta norma “estabelece os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental, incluindo a selecção de categorias de produtos, critérios ambientais de produtos e características funcionais dos produtos, para avaliar e demonstrar a sua conformidade. Esta norma também estabelece os procedimentos de certificação para concessão do rótulo” (Lopez *et al.*, 2003).

De acordo com a definição ISO, os rótulos ambientais tipo I são “programas voluntários que concedem rótulos reflectindo uma preferência ambiental global de um produto dentro de uma categoria particular, baseados em considerações do ciclo de vida”. Os critérios são estabelecidos por uma parte independente, sendo que a credibilidade e transparência são assegurados por certificação de uma terceira parte envolvida no processo. Actualmente, na Europa encontram-se em vigor esquemas de rotulagem ambiental aos níveis Nacional, Multinacional e Europeu, como o Anjo Azul alemão, o Cisne Nórdico norueguês e o Rótulo Ecológico Europeu, respectivamente. O Rótulo Ecológico da União Europeia, estabelecido em toda a Europa, tem vantagens em comparação com os rótulos nacionais, nomeadamente na promoção da transparência e simplicidade, dado que os mesmos critérios são direccionados aos mesmos produtos, independentemente do Estado Membro em que é produzido e comercializado. A nova regulamentação de 2000, na qual o esquema ecológico da EU foi revisto, requereu a cooperação dos Estados Membros com a Comissão Europeia para assegurar a coordenação entre o rótulo ecológico da EU e outros esquemas de rotulagem ambientais nacionais, particularmente na selecção dos grupos de produtos, no desenvolvimento e na revisão dos critérios.



- **Rotulagem Tipo II - Auto Declarações Ambientais - NP ISO 14021:**

Esta norma “especifica os requisitos para auto declarações ambientais, incluindo textos, símbolos e gráficos, no que se refere aos produtos. Ela descreve, ainda, termos seleccionados usados comumente em declarações ambientais e fornece qualificações para o seu uso. Esta norma também descreve uma metodologia de avaliação e verificação geral para auto declarações ambientais e métodos específicos de avaliação e verificação para as declarações seleccionadas” (Lopez *et al.*, 2003).

As Auto Declarações Tipo II são desenvolvidas pelos produtores, importadores ou distribuidores desde o final dos anos 80, início dos anos 90. Não são certificadas por uma terceira parte independente, não são pré determinadas nem os critérios usados correspondem aos comumente considerados. Assim, a exactidão, a credibilidade e a fiabilidade destas auto declarações é questionável em relação às declarações ambientais do Tipo I e III. Têm a vantagem, no entanto, de serem mais económicas, dado que não existem custos de certificação e de validação.

A Figura 3 apresenta símbolos para identificação de produtos recicláveis.



Figura 3: Símbolos para identificação de produtos recicláveis (Coelho *et al.*, 2010)

- **Rotulagem Tipo III - Declarações Ambientais do Produto (DAP's):**

Esta rotulagem definida no âmbito da ISO 14025 inclui a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), o que lhe confere um alto grau de complexidade e objectividade. Existe ainda um longo caminho para que este tipo de rotulagem se posicione no mercado, pois há ainda muito para se desenvolver.

No entanto, o processo segundo o qual um sector industrial ou entidade independente desenvolve uma declaração do tipo III, inclui o estabelecimento de requisitos mínimos, selecção de categorias de parâmetros, definição do envolvimento de terceira parte, e formato da comunicação externa. Este tipo de declaração inclui informação

completa sobre impactes ambientais dos processos de extracção, produção, distribuição, utilização e reciclagem de um produto.

As Declarações Ambientais do Produto são desenvolvidas normalmente por iniciativa da própria indústria, tendo como resultado uma visão objectiva do seu produto. As DAP's fornecem uma descrição quantitativa fiável e verificada do desempenho de produtos e serviços de que são objecto devido ao uso do método de avaliação de ciclo de vida (ACV). Embora a DAP seja verificada por uma terceira parte independente, ela não é necessariamente um processo de certificação.

As DAP's são aplicáveis a todos os produtos e serviços e disponibilizam informação na cadeia de produção e no consumidor, facilitando o processo de desenvolvimento do produto e a melhoria contínua de um Sistema de Gestão Ambiental já estabelecido, permitindo aos consumidores julgar sobre o desempenho ambiental dos produtos e serviços (Uso na Rotulagem Ambiental, sd).

O conceito de ciclo de vida surge aqui como um dos pontos fulcrais para a concepção da maioria das iniciativas de rotulagem ambiental (Uso na Rotulagem Ambiental, sd).

A rotulagem ambiental na indústria dos produtos de construção e o uso limitado a produtos portadores do selo ecológico na prática arquitectónica, é defendida por alguns como demasiado restritiva no momento. Apesar dos critérios normativos e dos princípios ambientais publicados e que catalisam a uniformização dos critérios de atribuição dos selos ecológicos, levantam-se dúvidas relativamente aos processos de atribuição dos mesmos aos produtos, as especificações de cada um, se existem ou não comensurabilidade com as medidas e regulamentações locais, principalmente num mercado internacional. Uma dúvida fundamental que persiste, num mercado tendencialmente valorizador de medidas sustentáveis como o da construção, diz respeito ao facto de ser ou não sustentável importar materiais ou produtos de outro país. É um produto “verde” ainda “verde” depois de ter sido importado? Aqui entra a Análise do Ciclo de Vida como um instrumento perscrutador e esclarecedor no que toca à análise da viabilidade do uso de qualquer produto em qualquer área de actividade.

Assume-se, portanto que, o impacte da rotulagem ambiental está intimamente relacionado com o país, o ramo de actividade e os consumidores a que se destinam, por existirem

diferentes níveis de consciência ambiental. No entanto, todos fazemos parte de um todo, sendo portanto imperiosa a adoção de medidas sinérgicas com implicações para o todo, ao invés das partes (Alves *et al.*, 2003).



## 4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

No desenvolvimento das declarações ambientais devem ser tidos em consideração e fazer parte da declaração todos os aspectos ambientais relevantes do produto, ao longo do seu ciclo de vida. Os dados devem ser gerados através da utilização dos princípios, estrutura, metodologias e práticas estabelecidas pela série de normas ISO 14040 e ISO 14044 (Coelho *et al.*, 2010).

Assim sendo, surge estabelecida a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) cuja aplicação na definição de critérios de sustentabilidade em edifícios permite uma abordagem científica e mensurável, que poderá ser utilizada quer para a selecção de materiais e produtos de construção, quer para a avaliação ambiental e de construção de edifícios (Inácio *et al.*, 2008).

### 4.1. Evolução Histórica do conceito de Avaliação de Ciclo de Vida

Surge no fim dos anos 1960, início dos anos 70, no âmbito do *Resource Environmental Profile Analysis – REPA*, as primeiras tentativas de avaliação do potencial de impacte ambiental de produtos manufacturados. Segundo a bibliografia, é com o estudo do instituto de pesquisa *Midwest Research Institute*, realizado pela Coca-Cola, que se dá visibilidade aos estudos de impactes, uma vez que se compararam os diferentes tipos de embalagens, com vista a determinar quais delas ocasionariam menores impactes ambientais (Sonneman, 2002). Já em 1974, outra avaliação conduzida por *Hunt* comparou nove diferentes tipos de recipientes para bebidas.

Mais tarde, já em 1979, foram lançadas as bases para o desenvolvimento da metodologia de ACV, com a criação da sociedade SETAC - *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*. Desde então, têm surgido diversos estudos realizados com vista à análise dos impactes ambientais de produtos, processos ou serviços.

Com a criação do Comité Técnico ISO e com o desenvolvimento das séries de normas ISO 14000 e ISO 14040, voltadas para a regulação dos estudos de ACV, a partir de 1993, pretende-se dar resposta à procura mundial de uma gestão ambiental mais confiável, onde as questões ambientais ocupam um lugar de importância nas estratégias de negócios.

A Europa tem vindo a ser a principal impulsionadora e dinamizadora da introdução do conceito de ciclo de vida na sociedade em geral, estando na linha da frente no que toca às iniciativas de promoção destas preocupações. Destaca-se a Iniciativa do Ciclo de Vida, desenvolvida pela Comissão Europeia desde 1998, em Bruxelas, no âmbito do Workshop do IPP. A partir de então, regista-se o envolvimento de investigadores de todo o mundo que têm desenvolvido estudos sobretudo em três grandes vertentes: Inventário do Ciclo de Vida, Avaliação de Impacte Ambiental do Ciclo de Vida e Gestão do Ciclo de Vida.

De entre estes ressalva-se o papel da Suécia, a Alemanha, Holanda e Suíça, principais Estados Europeus e na Ásia, o Japão, no progresso de aplicativos para obtenção, validação e armazenamento de dados necessários ao desenvolvimento de inventários do ciclo de vida dos principais serviços industriais (Ferreira, 2009).

## **4.2. Conceito de Avaliação de Ciclo de Vida**

A metodologia designada por *Life Cycle Assessment* (LCA) foi pela primeira vez definida pela *Society for Environmental Toxicology and Chemistry* como um “processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou actividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacte ambiental desses usos de energia e matérias das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais” (Pinheiro, 2006).

Pires *et al.* (2005) conceitua a metodologia de ACV como um processo objectivo, a qual avalia os impactes no meio ambiente e na saúde, associados a um produto, processo, serviço ou outra actividade económica, em todo o ciclo de vida. A longo prazo, a adopção da ACV promove mudanças tecnológicas fundamentais na produção e nos produtos, em parte devido ao efeito multiplicador ao longo da cadeia de produção, inclusive no uso optimizado de energia e de materiais, através do uso de processos de reciclagem e de reuso.

Outro conceito amplamente divulgado de ACV é de ser uma ferramenta de gestão da ISO 14000 que avalia os aspectos ambientais e os impactes potenciais associados a um produto, abrangendo etapas que vão desde a extracção das matérias-primas elementares que entram no sistema produtivo até à disposição do produto final (Ferreira, 2009). Até ao momento foram publicadas as seguintes normas relacionadas com o conceito de ACV:

- ISO 14040: 1997 *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*
- ISO 14041: 1998 *Environmental management – Life cycle assessment – Goal and scope definition and inventory analysis (já revogada)*
- ISO 14042: 2000 *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle impact assessment (já revogada)*
- ISO 14043: 2000 *Environmental management – Life cycle assessment – Life cycle interpretation (já revogada)*
- ISO 14044: 2006 *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*
- ISO 14047: 2003 *Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO 14042 (já revogada)*

A ACV como ferramenta sistemática, de carácter integrador, provou também ser um instrumento de excelência apropriado para análise e escolha de alternativas, para apoiar na tomada de decisões da indústria e nas oportunidades de melhoria em produtos e processos, de organizações governamentais e não governamentais relacionadas às questões ambientais de entre outras procuras, promovendo as informações necessárias para a sustentabilidade. A técnica de ACV além de auxiliar na tomada de decisões, ajuda na identificação de oportunidades para melhorar o desempenho ambiental dos produtos em vários pontos do seu ciclo de vida e na selecção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental, incluindo técnicas de medição (Ribeiro *et al.*, 2003).

Partindo da premissa que todas as etapas da vida de um produto geram impacto ambiental e como tal, devem estas ser analisadas (análise do ciclo de vida) e posteriormente avaliadas (avaliação do ciclo de vida), pode elaborar-se a ACV a três níveis, progressivamente mais complexos:

- *Conceptual*: é o primeiro e mais simples nível de ACV e consiste na discussão qualitativa com vista à identificação das fases do ciclo de vida e/ou dos impactes com maior significado em que a informação gerada assume uma forma superficial, de cariz qualitativo ou quantitativo de carácter geral; além dos conhecimentos ambientais básicos, este método não necessita de conhecimentos sobre a metodologia de ACV e pode ser executado numa questão de horas: a ACV

Conceptual pode muitas vezes responder a questões básicas como: “Existe ou não uma estratégia para seguir o Marketing verde?” ou “Será que o produto é significativamente diferente dos produtos da concorrência?”;

- *Simplificada*: avaliação superficial mas abrangendo todo o ciclo de vida, utilizando informação de cariz qualitativo ou quantitativo, modelos normalizados para transportes e produção de energia, seguido de uma avaliação simplificada, focada portanto nos aspectos mais relevantes);
- *Detalhada*: executada de acordo com as normas especialmente concebidas para ACV: NP EN ISO 14040:2006, inclui dados empíricos e um amplo número de categorias de impacte, para além de uma abrangente análise de incerteza, sensibilidade e consistência de análise (Inácio *et al.*, 2008).

Estas duas últimas abordagens são orientadas de forma quantitativa e por isso requerem profundo conhecimento sobre a metodologia ACV.

### **4.3.Princípios da Análise do Ciclo de Vida**

A metodologia ACV é a única que permite identificar a transferência de impactes ambientais de um meio para o outro (por exemplo, a eliminação de emissões atmosféricas pode ser feita à custa do aumento das emissões de efluentes líquidos) e/ou de uma etapa do ciclo de vida para o outro (por exemplo, da fase de aquisição de matérias-primas para a fase de utilização).

Na elaboração de um estudo de ACV, os avaliadores podem:

- Desenvolver uma sistemática avaliação das consequências ambientais associadas com um dado produto ou solução;
- Analisar os balanços (ganhos/perdas) ambientais associados com um ou mais produtos específicos de modo a que os visados (estado, comunidades, etc.) aceitem uma acção planeada;
- Quantificar as emissões ambientais para o ar, água e solo relativamente a cada etapa do ciclo de vida;
- Identificar as significantes trocas dos impactes ambientais entre etapas do ciclo de vida e o meio ambiente;



- Avaliar os efeitos humanos ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais;
- Comparar os impactes ecológicos entre dois ou mais produtos/processos rivais para uma mesma função;
- Identificar impactes em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse (Silva, 2008).

Segundo Gomes (2004), a experiência da aplicação da análise dos fluxos ao longo do ciclo de vida dos produtos ainda não se tornou um instrumento de auxílio à tomada de decisões da forma como se desejaria, o que pode ser atribuído a alguns aspectos chave, que em maior ou menor grau permanecem desusados:

- A qualidade e disponibilidade de fontes de dados torna-se especialmente delicada se a análise do processo exigir a ampliação dos limites do sistema;
- Limitações de custo;
- Falta de uma unidade para comparação dos impactes: a comparação de diferentes categorias ambientais é bastante difícil e estabelecer uma hierarquia entre os efeitos é um procedimento essencialmente subjectivo, que varia com uma agenda ambiental específica e definida caso a caso;
- Incapacidade de quantificar determinados impactes, como no caso da valoração de questões como a vida humana *versus* certos danos ambientais, por exemplo;
- Procedimentos de alocação de impactes no caso de co-produtos, produtos com teor reciclável;
- Gestão de resíduos.

Portanto, estas limitações estão igualmente presentes quando se aplica a ACV na avaliação ambiental de edifícios. A consolidação dos dados quantitativos relativos a emissões de poluentes e utilização de matérias-primas permitirá que políticas e programas específicos possam ser implementados, apesar de que a deficiência de dados não permite aplicar este modelo para a cadeia produtiva como um todo. Constituem sim princípios norteadores relevantes, os quais em conjunto com outros métodos permitem obter um desenho preliminar dos impactes causados pela indústria da construção (Gomes, 2004).

Soares *et al.* (2006) escreve que o desenvolvimento de estudos de ACV em edifícios requer alguns cuidados relativamente à análise em produtos industriais que envolvem normalmente processos produtivos singulares. As obras de engenharia caracterizam-se por uma vida útil que se estende em alguns anos, décadas ou séculos, pelo que a análise de uma edificação é dotada de uma complexidade inerente ao carácter temporal e estrutural mas também à estruturação das informações colectadas em partes.

O princípio utilizado na escolha de um material, num conjunto de opções que cumpre uma mesma função, pode ser utilizado na concepção de uma construção composta de vários materiais, considerando em todas as etapas construtivas e decorrentes da fase de projecto das obras, um processo de ACV estimulando o menor impacte ambiental, associada ao seu ciclo de vida: construção, uso e demolição (Ferreira, 2009).

#### 4.4. Metodologia de Análise do Ciclo de Vida

Actualmente, há uma diversidade de estudos internacionais e nacionais já realizados e que versam sobre a aplicabilidade da metodologia de análise de ciclo de vida na indústria da construção.

Para que se dê início a uma Avaliação de Ciclo de Vida, deve partir-se de um fluxograma em que se especificam os fluxos de material e energia que participam da formação de um determinado produto.

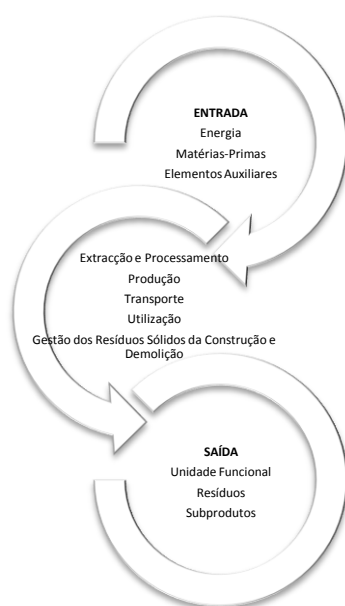


Figura 4: Representação Esquemática do Processo de Ciclo de Vida de um Produto de Construção

O diagrama da Figura 4 expõe de uma forma bastante simplificada os principais *inputs* de uma análise do ciclo de vida de um produto. A aquisição de matéria-prima (extracção de recursos naturais) será dos primeiros estágios que, no passo seguinte, deverá ser processada para obtenção dos materiais ou peças que aglutinadas são transformadas nos produtos finais. Entre estas etapas, ocorre a embalagem e o transporte que devem ser da responsabilidade do fabricante, o uso, a geração e gestão de resíduos.

A ACV propõe portanto uma análise bastante complexa, com variáveis diversas. Por este motivo, há uma metodologia técnica de ACV, composta por cinco componentes, representadas na Figura 5, sendo elas:

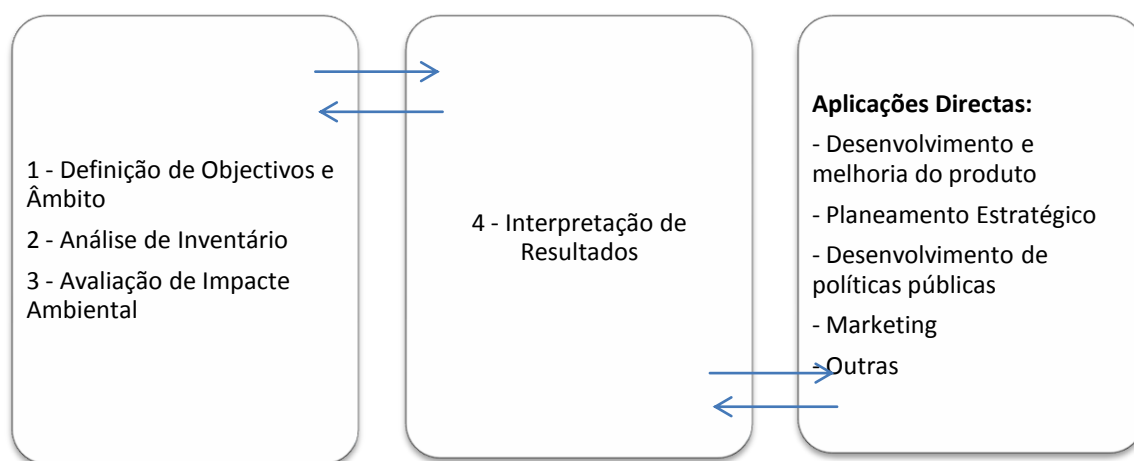


Figura 5: Fases de uma Análise de Ciclo de Vida (ISO 14040, 2006)

### Definição de Objectivos e Âmbito

Define e descreve o produto, processo ou actividade. Estabelece o contexto no qual a avaliação é para ser feita e identifica os limites e efeitos ambientais a serem revistos para a avaliação.

### Análise de Inventário

Constitui a etapa de levantamento de dados com vista à promoção de um balanço quantitativo em que todos os fluxos de entradas (energia e matéria-prima) devem corresponder a um fluxo de saídas (emissões no ambiente), para um produto, processo ou actividades específicas. O inventário deve ser elaborado com precisão uma vez que, os

resultados vão ser utilizados na análise de impactes e interpretação de resultados (Almeida *et al.*, sd).

### **Avaliação de Impacte Ambiental**

Analisa os efeitos humanos e ecológicos da utilização de energia, água e materiais e das descargas ambientais identificadas na análise de inventário.

### **Interpretação de Resultados**

Avalia os resultados da análise de inventário e análise de impacte, seleccionando o produto preferido baseando a escolha numa reflexão crítica, com compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados, dotada de sensibilidade e alternativas metodológicas.

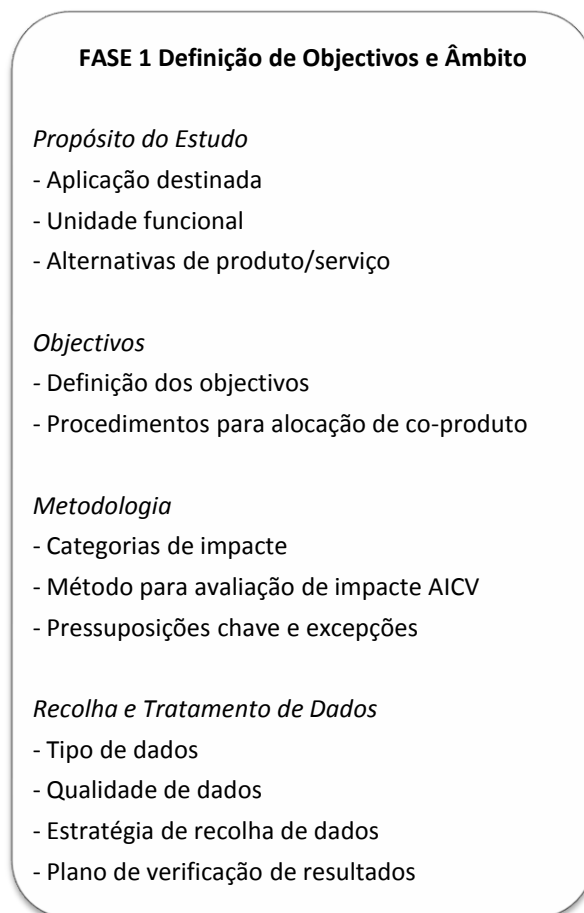
As etapas de 1 a 4 indicam que a ACV começa com a definição de objectivos e termina com a interpretação de resultados. Cada uma das etapas, na Figura 5, está ligada com setas duplas ilustrando que a ACV é um processo iterativo, onde mudanças em várias fases e diferenças alternativas ocorrem continuamente, conforme a ACV vai avançando e se tornando mais focada. Pode ocorrer por exemplo o aparecimento de novos processos durante o inventário, que pode requerer um retorno à fase de objectivos e a inclusão desses novos processos.

O âmbito “aplicações directas” que se define na Figura 5 não integra o processo de ACV, considerando-se, apesar disto, que a aplicação deve ser cuidadosamente considerada como parte da definição de objectivo, uma vez que o resultado depende do propósito do estudo e das questões a que se pretendem responder.

#### **4.4.1. Definição de Objectivos e Âmbito**

A definição dos objectivos e do âmbito do estudo constitui uma das fases mais importantes do processo de ACV e os elementos essenciais a serem definidos estão listados na Tabela 11.

Tabela 11: Elementos principais da Fase 1, Definição de Objectivos e Âmbito (Thrane e Schmidt, 2006)



Segundo a Norma ISO 14040, “o objectivo de um estudo ACV deve expor de forma não ambígua a aplicação planeada, as razões para levar a cabo o estudo e a audiência pretendida, i.e, a quem irão ser comunicados os resultados do estudo”.

Na definição de objectivos e âmbito de um estudo de ACV é importante descrever em que contexto é que a ACV será realizada, definir a quem se destina o estudo, quem o promove, quem são os *stakeholders* mais importantes e qual o propósito geral. Deverão ser considerados e claramente descritos *items* como as funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, os sistemas; os limites do sistema de produto; a unidade funcional; os procedimentos de afectação; as categorias de impacte e metodologias de análise de impacte e subsequente interpretação a ser utilizada; requisitos dos dados; pressupostos; requisitos iniciais de qualidade dos dados; tipo de revisão crítica, se necessário; tipo de formato do relatório requerido para o estudo.

O âmbito deve ser suficientemente bem definido para assegurar que a extensão, a profundidade e o detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes, para atingir os objectivos planeados.

O propósito da ACV deve ser objecto de clarificação uma vez que poderá ser encarado como uma ferramenta estratégica no desenvolvimento de produtos, com perspectivas de longo prazo, e se assim for, é importante que a ACV inclua reflexões sobre o perfil ambiental do produto no futuro. Obviamente, a ACV também pode ser desenvolvida com o intuito de constituir uma ferramenta ambiental como parte de uma gestão de ciclo de vida ou sistema de gestão ambiental orientadora de produtos.

Para descrever um sistema e o seu desempenho, Fava *et al.*, (1990) especifica que o sistema global deve ser dividido em séries de subsistemas ligados entre si por fluxos de materiais ou de energias. Uma vez identificadas todas as componentes do subsistema, cada uma delas deve ser vista como um único sistema no seu verdadeiro sentido e irá receber energia e materiais e emitir poluentes para o ar e para a água, resíduos sólidos e outras descargas ambientais além dos produtos úteis.

No entanto, quando se avalia um sistema de produto, os limites do sistema em estudo devem estar claramente definidos. Devem ser demarcados os limites entre cada um dos sistemas de produto e o ambiente, e entre o sistema de produto investigado e outros sistemas de produto (Assis, 1992). Na metodologia de ACV, as entradas em cada processo são consideradas desde o ponto em que são extraídos os recursos na natureza, sendo as saídas seguidas até à deposição final do resíduo no ambiente. A discriminação exaustiva de todas as entradas e saídas é normalmente impraticável num estudo, pelo que o decisor deve fixar os processos a incluir nos limites do sistema (Assis, 1992; Tibor, 1996).

Ainda segundo a norma ISO 14040, deve prever-se a quantificação das saídas funcionais dos sistemas de produto através de uma unidade funcional a fixar. A unidade funcional é uma medida de desempenho que constitui uma referência segundo a qual as entradas e saídas são relacionadas. Esta referência assegura que a comparabilidade dos resultados

ACV seja feita numa base comum, sendo particularmente crítica quando diferentes sistemas estão a ser avaliados (Takeda, 2008).

Os requisitos de qualidade dos dados especificam, em termos gerais, as características dos dados necessárias para o estudo e devem ser definidos para facilitar o alcance dos objectivos e âmbito estabelecidos para o estudo de ACV. A norma ISO 14040 prevê que se elucidem âmbitos temporais, geográficos e tecnológicos, precisão, integridade e representatividade dos dados, consistência e reprodutividade dos métodos utilizados ao longo da ACV, fontes dos dados e sua representatividade e incerteza da informação.

#### 4.4.2. Análise de Inventário

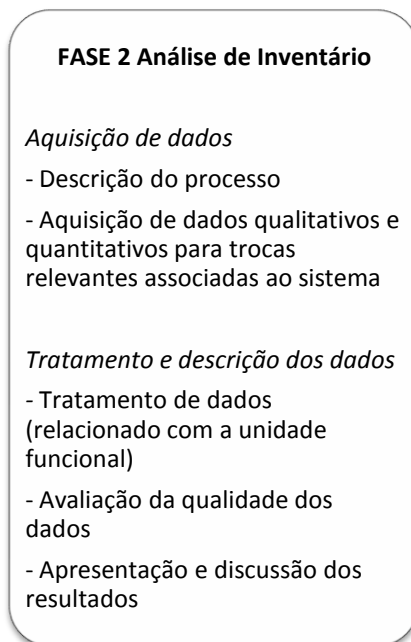
Após o objectivo e âmbito do estudo estarem claramente definidos, a fase seguinte da metodologia ACV é a análise de inventário que identifica e quantifica as entradas e saídas de e para o ambiente, do sistema de produto investigado.

De acordo com Fava *et al.* (1990), os objectivos específicos da elaboração de um inventário são:

- Estabelecer uma linha de base inclusiva de informações num sistema abrangente de recursos exigidos, energia consumida e emissões para promover a avaliação;
- Identificar pontos, dentro do ciclo de vida como um todo, ou num determinado processo, onde grandes reduções de necessidades de recursos e emissões podem ter êxito;
- Comparar os sistemas de entradas e saídas às alternativas de produtos, processos e actividades;
- Possibilitar o desenvolvimento orientado para novos produtos, processos e actividades;
- Possibilitar o desenvolvimento orientado para os novos produtos, processos ou actividades que requeiram menos recursos e emissões;
- Identificar necessidade das análises de impacte no ciclo de vida;
- Avaliar as informações necessárias para conduzir propostas de melhoria.

Esta segunda fase de análise de inventário é, provavelmente, a fase em que se consome mais tempo, sendo que os principais elementos do inventário devem ser os listados na Tabela 12. O resultado essencial desta fase é muitas vezes chamado de “Tabela de Inventário”.

Tabela 12: Principais elementos da Fase 2, Análise de Inventário (Thrane e Schmidt, 2006)



Durante a fase de aquisição de dados, a descrição do processo é bastante importante, na medida em que apresenta basicamente toda a ramificação de processos inerentes ao produto em questão. A norma ISO 14040 preconiza a aquisição de dados quantitativos e qualitativos para cada processo unitário que esteja incluído dentro dos limites do sistema. A recolha de dados é feita em dois tipos de fluxos de entrada e de saída, sendo este um processo complexo e intensivo em recursos, podendo os procedimentos adoptados variar com o âmbito, o sistema e aplicação pretendida para a ACV. De acordo com Consoli *et al.* (1993), os dados devem ser obtidos das empresas que operam os processos específicos podendo, caso estes não estejam disponíveis, recorrer-se a referências bibliográficas, estudos empíricos, detalhados especialmente para estudos de ACV.

Após a recolha de dados é necessário definir os métodos de tratamento de dados, ou seja os procedimentos de afectação das cargas ambientais aos vários sistemas de produto



envolvidos no estudo e os procedimentos de cálculo da tabela de inventário. Afectar, é assim o acto de distribuir a cada função do processo a sua quota parte de responsabilidade pelas cargas ambientais causadas pelos processos e transporte num ciclo de vida. A norma ISO 14041:1998 prevê os processos onde os problemas de afectação podem ser relevantes, para além de recomendar uma ordem descendente de procedimentos de afectação (Consoli *et al.*, 1993).

Na elaboração da tabela de inventário o “*Code of Practice*” (Consoli *et al.*, 1993) apenas refere ser importante que no relatório dos dados do inventário do ciclo de vida (ICV) não seja perdida informação devido à forma de apresentação dos dados, ou seja, que o nível de detalhe (em termos de entradas e saídas) que foi utilizado ao longo da recolha de dados, seja mantido no relatório. Para os subprocessos mais importantes os dados devem, na medida do possível, ser representados com um valor médio e gama ou alguma medida de variabilidade em torno da média.

É importante referir que o processo de condução de uma análise de inventário é iterativo. À medida que os dados são conhecidos e mais informação é adquirida, novos requisitos de dados ou limitações podem ser identificados, requerendo uma alteração dos procedimentos de recolha de dados, para que se alcancem os objectivos do estudo.

#### 4.4.3. Avaliação de Impacte Ambiental

A Avaliação de Impacte de Ciclo de Vida (AICV) é definida como sendo um processo técnico, qualitativo e/ou quantitativo, para caracterizar e avaliar os efeitos das cargas ambientais identificadas na fase de inventário (Consoli *et al.*, 1993). O mais importante efeito da aplicação da ACV é a minimização da magnitude da poluição causada por um determinado processo.

Actualmente, não existe uma metodologia e estrutura científica de análise de impacte que na sua generalidade se associe consistentemente e correctamente a todos os dados de inventário com potenciais impactes ambientais específicos. Encontram-se sim diferentes

modelos, para categorias de impacto, em diferentes estágios de desenvolvimento. Para a análise de AICV, a norma ISO 14042:2000 descreve procedimentos em vez de metodologias ou modelos específicos, implicando que qualquer metodologia ou modelo é aceitável, desde que satisfaça os critérios gerais da ISO.

De uma forma geral, os diferentes métodos de avaliação encontram-se direccionados para diferentes escalas de análise: materiais de construção, solução construtiva, elemento de construção, etc. Atendendo aos objectivos das diferentes ferramentas existentes, podemos dividi-las em três grupos:

- Ferramentas de suporte à concepção de edifícios sustentáveis (*Performance Based Design*);
- Sistemas de análise do ciclo de vida dos produtos, materiais e soluções construtivas;
- Sistemas e ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável.

As ferramentas de suporte à concepção de Edifícios Sustentáveis são usadas nas fases de anteprojecto e projecto de edifícios, apoiando o dono de obra na definição do desempenho pretendido para o edifício, descrevendo-se as propriedades pretendidas para a solução final de projecto através de uma hierarquia de requisitos preestabelecidos. Como exemplo existe a ferramenta *EcoProp* desenvolvida na Finlândia.

Os sistemas de análise do ciclo de vida aplicam-se às fases de projecto e estão direccionadas para a avaliação de impacto ambiental de materiais e produtos, não só para a indústria da construção mas também para outras. Actualmente, sistemas como o *Building for Environmental and Economic Sustainability* (BEES) desenvolvido nos Estados Unidos, e o programa ATHENA do Canadá, fornecem-nos todos os impactes ambientais associados a cada etapa do ciclo de vida do produto, desde a sua extracção até à devolução ao meio ambiente.

As ferramentas de avaliação e reconhecimento da construção sustentável garantem a sustentabilidade dos edifícios durante a totalidade do seu ciclo de vida (projecto, construção, operação, manutenção e demolição), tornando possível uma melhor integração entre os parâmetros ambientais, sociais e económicos. Através de objectivos estabelecidos como requisitos, estas ferramentas garantem a concepção de edifícios sustentáveis e apesar

de existirem diferentes abordagens em diferentes sistemas de avaliação, existe um tronco comum a todas elas, como sendo a análise de categorias como o local, a água, energia e qualidade do ambiente interior (Silva, 2008).

Em Portugal, na Universidade do Minho desenvolveu-se recentemente um programa, o *EcoBuild*. É um programa capaz de avaliar os impactes causados ao ambiente pela construção de edifício com estrutura em betão armado e compara-los aos impactes da mesma construção em estrutura metálica. O utilizador ao introduzir as quantidades de material a utilizar, para a estrutura em betão armado e em perfis metálicos fornece ao *software* as ferramentas necessárias para que este proceda ao cálculo e apresente os resultados através de gráficos representativos das quantidades de produtos nocivos ao ambiente. Assim, permite ao utilizador concluir qual a solução ambientalmente preferível.

Neste estudo utilizar-se-ão métodos de avaliação de impacte ambiental que consideram as categorias de ponto médio, seguindo-se os métodos de avaliação de impactes ambientais o CML (*Centre of Environmental Science – Leiden University*), desenvolvido pelo Centro de Ciências Ambientais da Universidade de Leiden e o CED (*Cumulative Energy Demand*), baseado no método publicado pelo Ecoinvent e expandido pela *PréConsultants* para as matérias-primas avaliadas no *SimaPro*. Todos estes métodos utilizados fazem parte do *SimaPro*.

### ***Software SimaPro7***

O *SimaPro* é um dos programas de apoio à ACV mais usados desde que foi introduzido em 1990, utilizado por grandes indústrias, consultorias e universidades em mais de 50 países, modelando e analisando os complexos ciclos de vida, de forma sistemática e transparente. Esta é uma ferramenta que analisa e acompanha o desenvolvimento ambiental dos produtos e serviços. Este *software*, dispõe de uma ampla base de dados, a Ecoinvent, que será utilizada neste estudo.

A sétima versão deste *software*, o *SimaPro7*, será o sistema a utilizar na avaliação do ciclo de vida do produto de estudo de caso, a Argamassa Cola ([www.pre.nl](http://www.pre.nl)).

### **Avaliação Ambiental: Método CML 2001**

Dos vários métodos de análise de impacto do ciclo de vida disponíveis na bibliografia e no *software SimaPro7* utilizar-se-á, neste estudo, o Método CML 2001. O método CML 2001, actualização dos CML (2000) e, ainda mais antigo, o CML (1992), foi um dos primeiros a ser desenvolvido e utilizado em vários países. O seu nome está relacionado com a entidade onde foi desenvolvido – o Centro Ambiental da Universidade de Leiden, Holanda.

A abordagem do método CML é um exemplo da utilização da abordagem orientada para o problema que, corresponde na gíria da ISO, ao ponto intermédio no mecanismo ambiental, *midpoint*. Argumenta-se que a utilização da abordagem *midpoint* torna-se vantajosa em relação à *endpoint* na medida em que as informações dos pontos médios, por se situarem em pontos da cadeia onde as incertezas são ainda muito baixas, podem aumentar o grau de certeza das informações obtidas. Os métodos *midpoint* fornecem resultados mais fiéis enquanto que os resultados *endpoint* são mais fáceis de entender e utilizados para tomadas de decisão. Isto significa, que é necessário algum cuidado na escolha do nível da cadeia para os indicadores de *midpoint* e que quanto maior a proximidade deste nível do fim da cadeia, maior é o grau de incerteza, apesar da maior quantidade de informação. Estas são as maiores vantagens deste tipo de abordagem. De uma forma genérica, os métodos de avaliação de impacto de ciclo de vida são classificados em dois grupos, os primeiros, utilizadores da abordagem *midpoint*, já que estes param em algum lugar no mecanismo ambiental entre as trocas ambientais e os *endpoints*, e os segundos, utilizadores da abordagem *endpoint* em que modelam o impacto potencial considerando todo o mecanismo até aos danos (Takeda, 2008).

Esta abordagem do método CML reconhece que para cada problema existem factores de caracterização quantificados, portanto, uma emissão identificada no ICV é convertida numa contribuição para o efeito de um problema ambiental multiplicando-a por um factor equivalente.

O CML *guide* fornece uma lista de categorias de avaliação de impacto, que estão agrupados em:

- Categorias obrigatórias de impacto – são indicadores de categoria usados na maioria das análise de ciclo de vida,
- Categorias de impacto adicionais – refere-se a indicadores de impacto disponíveis, mas que não é usual serem incluídos nos estudos,

- Outras categorias de impacte.

Este guia de categorias de impacte objectiva orientar uma ACV, passo a passo (Guinée, 2001).

Este mesmo guia fornece informações para inclusão de outros métodos e indicadores de categorias de impacte no caso de estudos detalhados e extensivos para cada um dos quais devem ser calculados valores de normalização, para situação de referência.

### **Avaliação Energética: *Comulative Energy Demand* - CED**

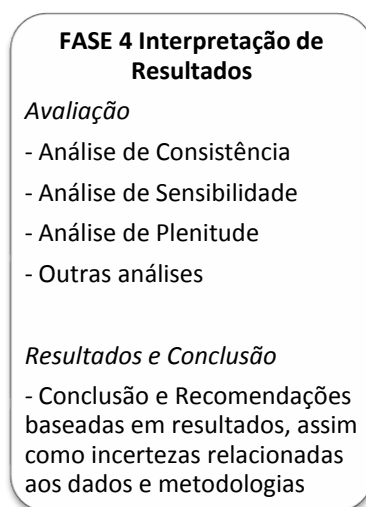
O *Comulative Energy Demand*, CED (Klopffer, 1997), é um indicador actualmente usado que quantifica o consumo equivalente de energia primária na cadeia de um produto ou a energia consumida num determinado sistema. O CED é definido como o somatório dos requisitos de energia em todos os estágios do ciclo de vida de um sistema, desde a energia consumida necessária à obtenção dos materiais e equipamentos até ao último estágio do seu ciclo de vida. O consumo de energia nos diferentes estágios do ciclo de vida pode ser distinguido em duas principais categorias de energia secundária; a energia térmica e energia eléctrica. Em determinados casos, pode integrar-se a categoria “não energética”, ou “reserva de energia”, no qual se contabiliza o valor calorífico de um material quando a este se reconhece um vector energético significativo (Fukurozaki, 2011).

Finalmente, é necessário ainda ter em conta que as metodologias de análise de ciclo de vida não são muito objectivas e padecem de bastantes incertezas. A internacionalização destes sistemas confere-lhes ainda alguma fragilidade, uma vez que estes são desenvolvidos com base na legislação local e o peso de cada parâmetro e indicador é dado consoante as realidades sócio-culturais, ambientais e económicas do local de origem. De facto, a aplicação generalizada de análise de ciclos de vida ao sector da construção, no caso particular dos materiais de construção, pressupõe antes de tudo mais o levantamento exaustivo sobre os impactes ambientais desses materiais ao longo da sua vida útil, algo que dificilmente pode ser extrapolado a partir de estudos realizados noutros países, devido a diferenças óbvias de contextos tecnológicos e económicos.

#### 4.4.4. Interpretação de Resultados

A interpretação de resultados é a quarta fase da ACV. Esta fase inclui a apresentação de resultados mais importantes, reflexões sobre o estudo, incertezas, sensibilidade e não menos importante, as escolhas metodológicas. Os aspectos mais importantes desta fase serão listados na Tabela 13.

Tabela 13: Principais elementos da Fase 4, Interpretação de Resultados (Thrane e Schmidt, 2006)



A Interpretação do Ciclo de Vida é a última fase no procedimento ACV, tendo sido introduzida na metodologia para responder a questões como “Qual a confiança dos resultados deste estudo de ACV?”, “O que significam as diferenças?”, “Estão os resultados de acordo com o objectivo e âmbito do estudo?”. O objectivo principal é aumentar a confiança e significado do estudo ACV executado (Saur, 1997).

De acordo com a ISO 14043:2000, a interpretação de resultados é um procedimento iterativo e sistemático que tem como objectivo identificar, qualificar, verificar, analisar resultados, chegar a conclusões, esclarecer limitações, sugerir recomendações baseadas nas descobertas das fases precedentes do estudo de ACV e ICV e relatar os resultados da interpretação do ciclo de vida de um modo transparente de forma a encontrar os requisitos da aplicação como descrito nos objectivos e âmbito do estudo.

Assim sendo, esta fase compreende os seguintes elementos:

- Identificação dos pontos significativos baseados nos resultados das fases ICV ou AICV do estudo de análise de ciclo de vida, entendendo-se como pontos

significativos as categorias dos dados de inventário, que podem ser, energia, emissões, resíduos, etc.

- Avaliação pela verificação da plenitude: o objectivo desta avaliação é assegurar que toda a informação relevante e dados necessários para a interpretação estejam disponíveis e completos.
- Avaliação pela verificação da sensibilidade: avalia-se a confiança dos resultados e conclusões finais, verificando se estes são afectados pelas incertezas dos dados, métodos de afectação ou cálculos dos resultados dos indicadores de categoria. Em Heijungs *et al.* (1992), distinguem-se quatro tipos de análise de sensibilidade: análise de confiança, análise de validade, análise de dominância e análise marginal.
- Avaliação pela verificação da consistência: determina-se se as suposições, métodos e dados são consistentes com os objectivos e âmbito do estudo.
- Conclusões, recomendações e relatório: desenham-se conclusões preliminares e verificam-se se estas são consistentes com os requisitos estabelecidos nos objectivos e âmbitos do estudo, incluindo, em particular, requisitos de qualidade dos dados, suposições e valores pré-definidos (ISO 14043, 2000).

O relatório deve ser um documento completo e imparcial do estudo, devendo o documento de referência conter os elementos seguintes:

- ✓ Informação Administrativa: Nome e endereço de quem conduziu o estudo,  
Data do relatório,  
Informação de contacto ou de divulgação.
- ✓ Definição dos objectivos e âmbito.
- ✓ Análise de inventário do ciclo de vida.
- ✓ Avaliação de impacte do ciclo de vida.
- ✓ Interpretação do ciclo de vida: Resultados,  
Suposições e limitações,  
Análise da qualidade dos dados.
- ✓ Revisão Crítica: Nome e filiação dos revisores,  
Relatório de revisão crítica,  
Réplicas e recomendações (ISO 14040,  
2006).

A interpretação de resultados poderá culminar numa Análise de Melhoria, em que se procede a uma avaliação sistemática das necessidades e oportunidades para reduzir a carga ambiental associada à energia e matéria-prima utilizadas, e às emissões de resíduos em todo o ciclo de vida do produto, processo ou actividades (Silva, 2008).

É importante referir, ainda no âmbito do estudo de ACV, que o mercado dispõe para a realização deste tipo de estudos, diversos *softwares* e modelos de avaliação de impactes e de avaliação energética, pelo que cabe ao utilizador a selecção dos mais apropriados à realização do estudo pretendido. A bibliografia desenvolveu uma série de critérios de avaliação dos métodos de caracterização. O estudo Dreyer *et al.* (2003), que deriva do já citado SETAC – Europa, estabelece como critérios centrais a avaliar:

- Validade científica: existem métodos aceites geralmente pela comunidade científica?
- Relevância ambiental das pontuações dos indicadores: é possível interpretá-las em termos de impacte ou dano ambiental?
- Reprodutibilidade e transparência: existe um procedimento bem definido e transparente para o cálculo dos factores de caracterização e pontuação dos indicadores?
- Realiza-se a quantificação das incertezas relacionadas com a pontuação dos indicadores?
- Viabilidade: é viável encontrar ou calcular factores para as substâncias mais importantes do inventário?

Takeda (2008), acrescenta ainda que a estes critérios se pode somar: o resultado destes métodos parece razoável? Ele está em conformidade com a experiência advinda do uso de outras ferramentas de avaliação ambiental?

A escolha do *software SimaPro* e dos modelos já apresentados, justifica-se com a grande aplicabilidade destes métodos e pela extensão da sua base de dados.



## 5. DECLARAÇÃO AMBIENTAL DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO

### 5.1. Definições e Objectivos

Uma estratégia utilizada no processo de conformidade com o desenvolvimento sustentável é o conhecimento e a adequação do desempenho ambiental dos produtos e dos modos de produção às leis ambientais.

Segundo Moura (2002), as normas ambientais exercem grande influência sobre as decisões estratégicas das empresas, tais como investimentos em equipamentos não poluentes e modificações dos processos produtivos. Estas melhorias visam geralmente a certificação, aspecto importantíssimo para a sobrevivência das organizações num mercado bastante exigente em termos de desempenho ambiental.

As declarações ambientais (*Environmental Product Declarations – EPD*) são uma das faces de um processo pelo qual a protecção do ambiente se converte num valor social.

São desenvolvidas de forma voluntária e configuram portanto um documento que, em forma de texto, apresentam dados ambientais quantificados sobre o ciclo de vida de um produto de forma a permitir comparações entre produtos que desempenham a mesma função. As declarações ambientais de produtos (DAP) podem ser desenvolvidas para todos os produtos e serviços (Capetillo *et al.*, 2010). Neste estudo dá-se especial relevância aos produtos de construção.

As declarações ambientais têm como principal objectivo a comunicação entre empresa – empresa (*business-to-business*) e empresa – consumidor (*business-to-consumer*) constituindo um instrumento dotado de objectividade e credibilidade. Encorajam a procura e a oferta de produtos que causem menor pressão sobre o ambiente, uma vez que constituem uma comunicação com informação verificável, exacta, não enganosa, estimulando assim o potencial de melhoria ambiental. Resumidamente, os objectivos das declarações ambientais são os seguintes:

- Apresentar informação baseada numa avaliação do ciclo de vida (ACV) e informação adicional acerca dos aspectos ambientais dos produtos;

- Ajudar compradores e utilizadores a efectuar comparações informadas entre produtos, apesar das declarações não serem afirmações comparativas;
- Incentivar a melhoria do desempenho ambiental;
- Fornecer informação para a avaliação dos impactes ambientais dos produtos durante o respectivo ciclo de vida (ISO 14025, 2009).

A harmonização das instruções gerais do programa e em particular as regras para a categoria do produto (RCP) são incentivadas entre programas, facilitando assim a comparação dos atributos ambientais dos produtos que cumprem requisitos funcionais equivalentes, satisfazendo portanto o princípio de comparabilidade. Assim sendo, os dados quantitativos devem ser apresentados em unidades de medida consistentes e apropriadas, os qualitativos, quando disponibilizados, devem ser comparáveis. Deverão ser utilizados os mesmos métodos ou sistemas para produzir a informação qualitativa, sendo que estes métodos e sistemas devem ser identificados (ISO 14025, 2009).

As DAP's de produtos de construção fornecem informações essenciais para a fase de planeamento para além de constituírem um documento importante na avaliação de imóveis e desempenho ambiental de edifícios completos, por exemplo. Arquitectos, projectistas, fornecedores, compradores são partes interessadas em utilizar as DAP's na comparação de impactes ambientais dos produtos de construção em determinadas condições (ISO 21930, 2007).

## **5.2. Enquadramento Normativo**

A Organização Internacional de Normalização (ISO) desenvolveu as normas ISO 14025:2009, relativa às declarações ambientais do tipo III já descrita no Capítulo 3 deste estudo, e a ISO 21930:2007 que define as regras para a emissão de uma DAP de produtos de construção.

Para além da ISO, também o CEN, *Comité Européen de Normalisation*, desenvolveu e publicou recentemente um relatório técnico, CEN/TR 15941:2010, relativo à metodologia a ter em conta na selecção e no tratamento de informação para desenvolvimento de uma DAP. Foi entretanto, aprovado em Outubro de 2011 a EN 15804 que define as regras, por categoria de produtos, para o desenvolvimento de DAP's e está em curso a aprovação da

prEN 15942, relativa ao formato de comunicação das declarações. Existe ainda a norma francesa NF P 01-010, desenvolvida a partir das NF EN ISO 14040 e NF EN ISO 14044, que se dedica ao esclarecimento relativamente à qualidade objectiva, quantidade e aos impactes ambientais e de saúde que advém da utilização de materiais e produtos de construção.

Foi aprovado no Parlamento Europeu o Regulamento de Produtos de Construção – regulamento 305/2011, que substituiu a Directiva 89/106/CEE de 21 de Dezembro de 1988. Este regulamento contempla uma nova abordagem aos requisitos básicos para as obras de construção, dando primazia aos princípios da sustentabilidade, nomeadamente, nos requisitos relacionados com higiene, saúde e ambiente no uso sustentável dos recursos naturais. Para a avaliação do uso sustentável dos recursos naturais e no impacte das obras de construção no ambiente, o Regulamento de Produtos da Construção preconiza o uso de Declarações Ambientais de Produtos, sempre que disponíveis.

### **5.3.Regras de Categoria do Produto**

O processo de desenvolvimento de uma DAP estabelece que se deve enquadrar o produto numa determinada categoria de produto de forma a que, se uniformizem os critérios de desenvolvimento das declarações ambientais. Desta forma, entende-se ser importante, alguns esclarecimentos sobre o tema.

#### **5.3.1. Definição e Enquadramento**

O princípio de harmonização que se pretende satisfazer no desenvolvimento de uma DAP preconiza que se atente à aplicação de directrizes já estabelecidas, as quais denominamos como Regras de Categorias de Produto, RCP's ou *Product Category Rules* (PCR). As RCP's estabelecem os requisitos e directrizes que devem orientar o desenvolvimento das declarações ambientais dos produtos, incluindo o processo de análise do ciclo de vida, e a sua aplicação permite a comparação fiável de declarações ambientais de produtos de diferentes fabricantes. As directrizes são específicas para diferentes categorias de produtos, pelo que a aplicação da ACV pode variar segundo, por exemplo, a função do produto, a incorporação de material reciclado ou a complexidade do processo produtivo. Um produto

de construção pode portanto, por si só, ser suficientemente complexo para constituir uma categoria de produto, senão, podem agrupar-se numa só categoria diferentes produtos.

Segundo as ISO 14025 e 21930, o princípio que justifica a junção de produtos numa única categoria será que a ambas se pode aplicar a mesma unidade funcional e a mesma unidade declarada. Em todo o caso, deve ser feita uma avaliação caso a caso e seguir o procedimento estabelecido pelas regras de categoria de produto.

Os documentos PCR são normalmente desenvolvidos e propostos por entidades e organizações em cooperação, preferencialmente do mesmo ramo de actividades, ou instituições que envolvam peritos de ACV, em cooperação directa com empresas ou organizações do mesmo ramo e interesse mas que não façam parte do trabalho preparatório das DAP's (CAATEEB, 2010).

### 5.3.2. Objectivos

O comité CEN TC 350, tem desenvolvido diversos trabalhos que vão regulando todo o mecanismo de concepção de uma declaração ambiental, e desenvolveu acerca das regras de categorias de produto um projecto de norma FprEN 15804 (2011), que estabelece os objectivos destas, que se listam da seguinte forma:

- Fornecimento de dados verificáveis e consistentes para a organização de uma DAP, com base em estudos de ACV.
- Fornecimento de dados técnicos ou cenários de avaliação de desempenho ambiental dos edifícios verificáveis e consistentes.
- Fornecimento de dados técnicos e cenários potencialmente relacionados com a saúde dos utilizadores para avaliação do desempenho energético dos edifícios.
- Assegurar que as comparações entre produtos de construção são realizadas no contexto da sua aplicação.
- Assegurar a comunicação empresa-empresa das informações ambientais de produtos de construção.
- Assegurar a comunicação da informação ambiental dos produtos de construção aos consumidores.

### 5.3.3. Conteúdo das Regras de Categoria do Produto

Estas regras consistem, tal como se explicou, num conjunto de regras, requisitos e *guidelines* que descrevem, para cada categoria de produto, a informação que deve ser incluída numa DAP. O coordenador responsável pela elaboração de uma RCP deverá assegurar durante o processo de desenvolvimento:

- O envolvimento de fabricantes de produtos pertencentes à categoria de produto em questão;
- Considerar a existência de RCP's de produtos similares já utilizados noutros sistemas de rotulagem tipo III. No caso de não se utilizarem RCP's já existentes e disponíveis, deverão ser justificadas as razões pelas quais se desenvolve uma nova categoria de produto;
- Atender ao cumprimento das normas ISO 14025 e ISO 21930, assim como o projecto de norma FprEN 15804 na elaboração das Regras de Categoria do Produto.

O desenvolvimento de uma RCP deve incluir vários estágios de desenvolvimento:

- Iniciação: nomeação de um coordenador da RCP, recolha de RCP's disponíveis, desenvolver cooperação com produtos similares existentes, apresentação da intenção de desenvolvimento da RCP aos *stakeholders*, anúncio do início do estudo de RCP no site internacional DAP.
- Preparação: identificação das categorias pré-estabelecidas de parâmetros a serem incluídos na DAP, especificação do conteúdo ACV – base do documento de RCP, verificação da consistência com o guia de RCP.
- Consultas: identificação dos elementos a serem envolvidos, preparação do processo de consulta aberta, convite/alertar das pessoas para tomar parte na consulta aberta, actualização do projecto de documento RCP de acordo com os comentários recebidos.
- Aprovação e Publicação: procedimentos de revisão da RCP, divulgação das informações sobre a aprovação do documento, definir a avaliação do documento de RCP.
- Actualizações: actualizações da PCR consoante os comentários à mesma, prorrogação do período de validade do documento (CAATEEB, 2010).

Assim, todos os intervenientes devem estar organizados de acordo com um mecanismo semelhante que se representa na Figura 6.

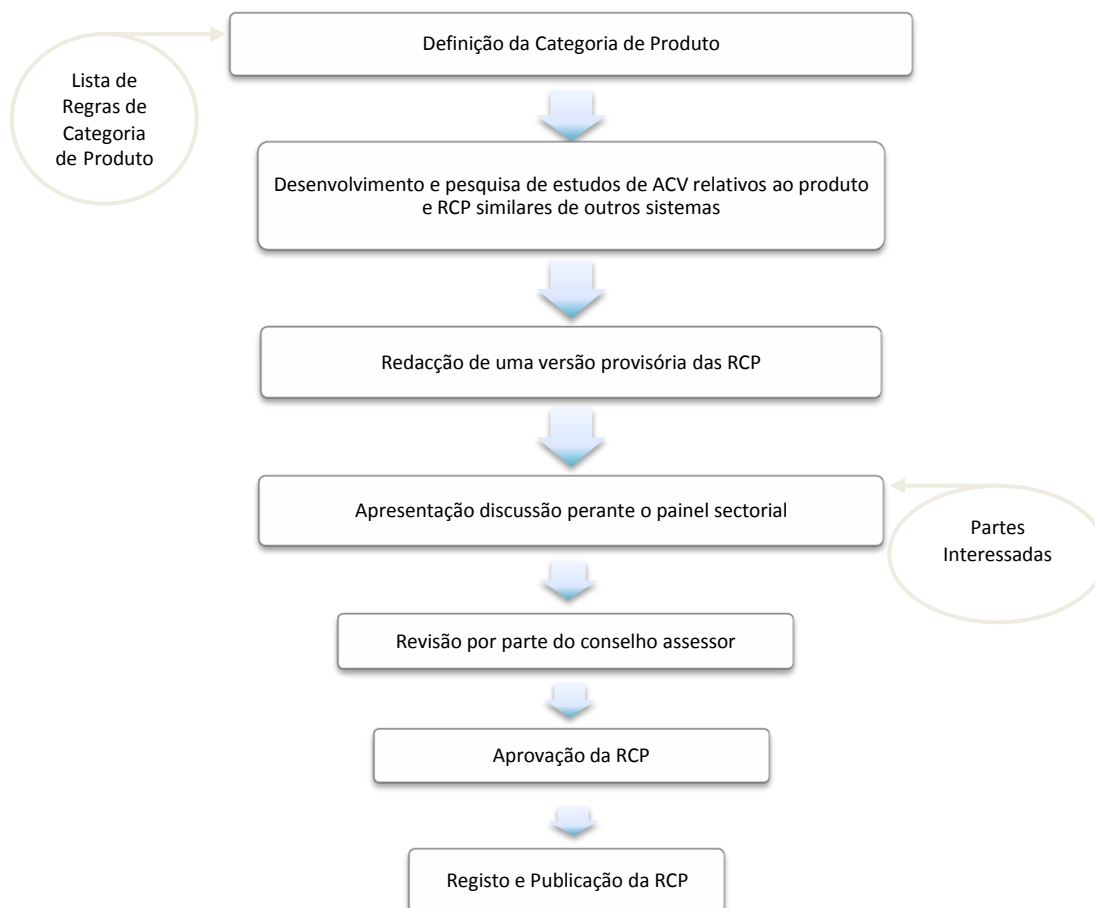


Figura 6: Processo de desenvolvimento de Regras de Categoria de Produto (CAATEEB, 2010)

As regras de categorias de produtos devem portanto, ser desenvolvidas de uma forma internacionalmente aceite, baseada num processo aberto e participado, por empresas e organizações em cooperação com outros grupos, instituições, envolvendo análises de ciclo de vida e declarações ambientais de outros produtos classificados nas mesmas categorias.

Assim, e de uma forma generalista, o conteúdo de uma RCP deve abranger:

- Critérios segundo os quais se classifica determinado produto numa categoria específica: função, comportamento técnico e uso (incluindo uma descrição do procedimento de instalação na obra, bem como dos materiais e produtos necessários à sua instalação e manutenção);
- Definição dos parâmetros para preparação da DAP;

- Âmbito e objectivos da Análise do Ciclo de Vida do produto: limites do sistema, descrição de dados, unidades, categorias de impacte ambiental a considerar e substâncias a inventariar;
- Análises de Inventário: recolha de dados, procedimentos de cálculo, fluxos de materiais e energia;
- Qualidade exigida para os dados e as regras de recolha e cálculo dos dados incluídos na DAP;
- Regras de apresentação de informação ambiental adicional;
- Instruções para o conteúdo e formato da DAP (CAATEEB, 2010).

#### **5.4. Conteúdos de uma DAP**

Na construção de uma DAP é importante considerar as necessidades de informação de diferentes compradores ou grupos de utilizadores, por exemplo, grandes empresas, pequenas ou médias (PME), agências de compras públicas e consumidores.

As organizações responsáveis pelas declarações necessitam de assegurar que os dados são verificados de forma independente, quer a nível interno quer externo e para que se assegure o princípio da comparabilidade, as empresas são incentivadas a trabalhar em cooperação de forma a atingirem a harmonização dos programas e a desenvolverem acordos de reconhecimento mútuo (ISO 14025, 2009).

Todas as declarações ambientais devem seguir o mesmo formato e incluir os mesmos parâmetros. A informação seguinte deve ser incluída em qualquer declaração ambiental:

- Identificação e descrição da organização que elabore a declaração;
- Descrição do produto;
- Identificação do produto;
- Nome, morada da empresa;
- Data de publicação e período de validade;
- Dados da Análise de Ciclo de Vida (ACV) e Inventários de Ciclo de Vida (ICV);
- Informação ambiental adicional;
- Declaração de conteúdo abrangendo os materiais e substâncias a serem declarados: informação sobre o conteúdo do produto, incluindo especificações dos materiais e

substâncias que possam ter um efeito nocivo na saúde humana e no ambiente, em todas as fases do ciclo de vida;

- Identificação das fases do ciclo de vida do produto;
- Informação sobre os locais onde o material poderá ser obtido (ISO 14025, 2009).

As declarações ambientais do tipo III devem incluir dados relevantes dos estudos de ACV e de ICV que segundo a ISO 14025 de 2009, devem ser claramente separados nas seguintes três categorias:

- Dados do inventário do ciclo de vida (ICV):
  - ✓ consumo de recursos, incluindo energia, água e recursos renováveis, e
  - ✓ emissões e descargas para o ar, água e solo;
- Resultados dos indicadores da avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV), se aplicável, incluindo:
  - ✓ alterações climáticas,
  - ✓ depleção da camada de ozono,
  - ✓ acidificação do solo e fontes de água,
  - ✓ eutrofização,
  - ✓ formação de oxidantes fotoquímicos,
  - ✓ depleção de recursos energéticos fósseis, e
  - ✓ depleção de recursos minerais;
- Outros dados, tais como quantidades e tipos de resíduos produzidos (resíduos perigosos e não perigosos).

A declaração deve ser apresentada de forma a indicar claramente como se aplica ao produto (ISO 14025, 2009).

## **5.5. Organização de uma DAP**

De forma sistemática todo o processo de organização da informação recolhida antes da elaboração do documento DAP obedece a uma metodologia, que se representa na Figura 7, e que vem de alguma forma disciplinar a informação que se expôs anteriormente.



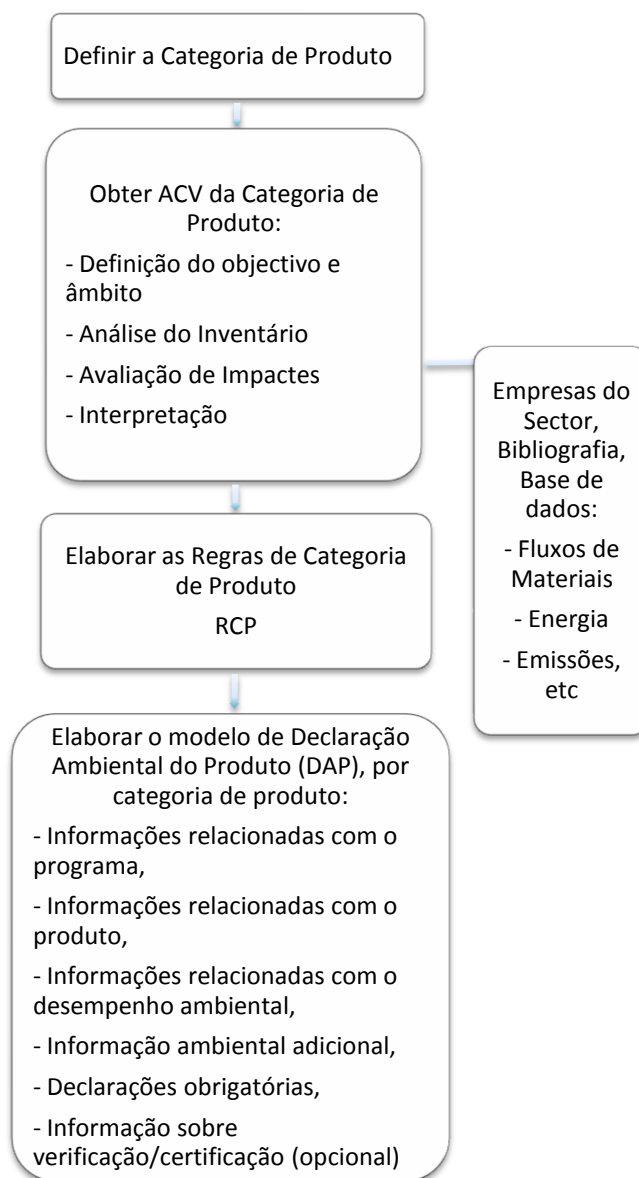


Figura 7: Metodologia de desenvolvimento de uma DAP (Almeida, M. *et al.*, 2011)

O *General Programme Instructions for Environmental Declarations* (2008) prevê que qualquer modelo de DAP deve estar organizado nas cinco categorias seguintes:

- 6 Informações relacionadas com o programa,
- 7 Informações relacionadas com o produto,
- 8 Informações relacionadas com o desempenho ambiental,
- 9 Informação ambiental adicional,
- 10 Declarações obrigatórias (IEC, 2008).

### 5.5.1. Informações relacionadas com o Programa

Nesta categoria de informação dever-se-á encontrar em qualquer declaração ambiental a seguinte informação:

- Nome do Programa e do Coordenador do Programa;
- O documento PCR desenvolvido no âmbito do estudo;
- Número de registo da DAP;
- Data de publicação e validade do documento;
- Âmbito geográfico de aplicação da DAP;
- Informações sobre o ano ou período de referência dos dados subjacentes à DAP;
- Referência a *sites* relevantes para mais informações (IEC, 2008).

### 5.5.2. Informações relacionadas com o Produto

As informações que aqui devem constar devem ser as seguintes:

- Nome comercial do produto;
- Identificação inequívoca de acordo com o sistema de classificação *Central Product Classification*;
- Breve descrição da organização, incluindo informações sobre os produtos ou sistemas de gestão certificados, ou outros trabalhos relevantes da organização;
- Descrição da utilização pretendida;
- Descrição técnica do produto em termos de características funcionais, tempo de vida útil, etc;
- Correspondente unidade funcional;
- Breve descrição das informações relativas ao estudo de ACV subjacente;
- Declaração de conteúdo que abrange materiais relevantes e substâncias (IEC, 2008).

### 5.5.3. Informações relacionadas com o Desempenho Ambiental

As informações acerca do desempenho ambiental deverão conter aspectos relativos ao uso de recursos, consumo de energia, emissões poluentes e deverá ser desenvolvido a partir de trabalho de inventário do ciclo de vida e os consequentes impactes ambientais.

#### **Uso de Recursos**

Os dados recolhidos no âmbito do inventário do ciclo de vida devem ser comunicados sob os seguintes títulos:

- Recursos não renováveis,
  - ✓ recursos materiais
  - ✓ recursos energéticos
- Recursos renováveis,
  - ✓ recursos materiais
  - ✓ recursos energéticos
- Uso da água.

Todos os parâmetros aqui referidos devem ser expostos separadamente, nunca agregados e preconiza-se que os mesmos devem ser expressos em gramas (g), com excepção aos Recursos renováveis energéticos usados na produção de energia eléctrica, hidroeléctrica, eólica e solar, que devem ser expressos em MJ. A água deverá ser expressa em litros (l).

Para além destes, as RCP's podem definir outro tipo de recursos que deverão ser listados e detalhados na DAP da sua categoria de produto.

#### **Potenciais Impactes Ambientais**

Os diferentes impactes ambientais estão associados às diferentes utilizações dos recursos e emissões de poluentes associados, e os mesmos devem ser comunicados através das seguintes categorias de impacte:

- Emissão de gases de efeito de estufa;
- Emissão de gases que destroem o Ozono;
- Emissão de gases acidificantes;

- Emissão de substâncias para a água e que contribuem para a depleção do oxigénio (IEC, 2008).

#### 5.5.4. Informação Ambiental Adicional

Uma DAP pode conter informação que não tenha sido identificada no âmbito do estudo de análise de ciclo de vida. Esta secção da DAP poderá reunir informações específicas relativas ao uso e fim de vida, cobrindo por exemplo, aspectos como:

- Instruções para utilização adequada do produto, por exemplo, especificando procedimentos de minimização de consumos de água e energia, contribuindo para o aumento do tempo de vida útil do produto;
- Instruções para a correcta manutenção e serviço do produto;
- Informações sobre aspectos fundamentais do produto que influenciam a sua durabilidade;
- Informações sobre reciclagem, incluindo por exemplo, procedimentos adequados para reciclagem de todo o produto ou partes integrantes, e os potenciais benefícios ambientais obtidos;
- Informações sobre o método adequado de reutilização do produto e procedimentos de eliminação como resíduo final do seu ciclo de vida;
- Esclarecimento de aspectos considerados necessários à minimização dos impactes inerentes ao fim de vida do produto (IEC, 2008).

#### 5.5.5. Declarações Obrigatórias

As DAP's devem incluir as seguintes informações obrigatórias:

- No caso de omissão de estágio de ciclo de vida na análise de ACV, anexar justificação;
- A DAP deve incluir a seguinte declaração obrigatória: “DAP's dentro da mesma categoria de produto, mas a partir de programas diferentes, não podem ser comparáveis”;

- Uma DAP deve também incluir informações sobre o procedimento de verificação efectuado (IEC, 2008).

## **5.6.Possibilidade de Actualização de uma DAP**

Um organismo promotor de uma declaração ambiental pode entender ser necessário efectuar alguma correcção/alteração na comunicação ambiental de determinado produto/serviço, o que pode ocorrer se, por exemplo, os dados de entrada de cálculo afectarem substancialmente os resultados da DAP.

Assim, e uma vez que a DAP deve contemplar os dados e informações mais recentes, esta deve ser actualizada e sujeita a uma verificação efectuada por uma entidade independente, a fim de examinar as novas informações que surgiram. A notificação de alteração da declaração deve ser entregue ao operador do programa juntamente com uma declaração de conformidade com os requisitos relevantes do verificador. No caso de a organização estar provida de um processo interno de verificação, esta está autorizada a fazê-lo por si mesmo (IEC, 2008).

## **5.7.Procedimento de Verificação de uma DAP**

Depois de concluída, o operador do programa deve determinar qual o procedimento de verificação mais conveniente da declaração ambiental de produto, de forma a que se assegure a conformidade com todas as instruções gerais do programa. O operador poderá entender ser conveniente a verificação da declaração por uma terceira parte, que constituirá um complemento à verificação que acompanha, de forma independente, a elaboração de uma DAP. O verificador independente, quer seja interno ou externo à organização, deve ser escolhido por não ter estado envolvido na execução de qualquer uma das partes de desenvolvimento da declaração, nem possuir conflito de interesses resultantes da sua posição na organização. O operador do programa deve garantir que a escolha recaia sobre alguém que:

- seja conhecedor do sector, produto e aspectos ambientais relacionados com o produto,
- seja conhecedor do processo e do produto no âmbito da categoria com o produto,

- seja conhecedor da metodologia de análise de ciclo de vida,
- seja conhecedor das normas relevantes influentes nos processos envolvidos,
- seja conhecedor do programa de declarações ambientais Tipo III.

Assim, o procedimento de verificação independente, deve garantir requisitos mínimos de conformidade, sendo que os requisitos estabelecidos pelas normas ISO 14020 e 14025, as instruções gerais do programa discriminadas na ISO 14025 e as RCP's relevantes e em vigor devem ser de todo consideradas.

A verificação deve ser desenvolvida de forma manifestamente inequívoca, aconselhando-se a documentação de todo o processo de verificação num relatório, que deve estar disponível sempre que solicitado por qualquer pessoa. Aqui deve atestar-se que toda a informação dada na declaração ambiental reflecte com exactidão a informação vigente nos documentos em que a declaração se baseia, e confirmar se esta informação é válida e cientificamente viável.

Se o operador do programa considerar, com base no relatório de verificação, que os dados que suportam a declaração ambiental são inadequados, a declaração não deve ser publicada (ISO 14025, 2009).

## **5.8. Programas Internacionais de Registo das DAP's**

Encontram-se na Europa, entidades que registam as DAP's em regime voluntário, das quais se destacam o INIES em França, o BRE do Reino Unido e o IBU na Alemanha enquanto que, em Portugal não existe uma entidade organizada para o efeito. Na Tabela 14 apresentam-se algumas das mais importantes entidades e informação relativa às mesmas. De salientar que, estas entidades integram uma rede que regula e coordena a verificação das DAP's designada por *Global Type III Environmental Product Declarations Network (GEDnet)*.

Tabela 14: Programas de Registo de DAP's (baseado em Almeida, M. *et al.*, 2011)

<b>Programa</b>	<b>Entidade Coordenadora</b>	<b>Origem</b>	<b>Endereço</b>
INIES	CSTB	França	<a href="http://www.inies.fr">www.inies.fr</a>
IBU	IBU: Institut fur Bautechnik Undwelt	Alemanha, Áustria e Suíça	<a href="http://bau.umwelt.de">bau.umwelt.de</a>
<i>Environdec Green Yard Stick</i>	SEMC : <i>Swedish Environment Management Council</i>	Consórcio internacional, coordenado pela Suécia.	<a href="http://www.environdec.com">www.environdec.com</a>
<i>GEDnet</i>	<i>Global Type III Environmental Product Declarations Network</i>	Rede Internacional	<a href="http://www.gednet.org">www.gednet.org</a>
DAPc	CAATEEB – <i>Collegi d'aparelladors, arquitectes técnicos I Enginyers d'Edificaió de Barcelona</i>	Espanha	<a href="http://es.csostenible.net/dapc/certificarse-en-dapc">es.csostenible.net/d apc/certificarse-en- dapc</a>
<i>BRE environmental profiles</i>	BREEAM ( <i>BRE Environmental Assessment Method</i> )	Reino Unido	<a href="http://www.bre.co.uk">www.bre.co.uk</a>
RTS	Desenvolvida em parceria pelas empresas, confederação, etc.	Finlândia	<a href="http://www.rts.fi">www.rts.fi</a>
<i>NHO Program</i>	<i>Norwegian EPD foundation</i>	Noruega	<a href="http://www.epd-norge.no">www.epd-norge.no</a>

A Figura 8 mostra o exemplo de uma marcação relativa a uma DAP efectuada pelo Sistema Sueco (*Environdec*), um dos mais antigos na União Europeia.



Figura 8: Logótipo de uma DAP (IEC, 2008)





## 6. ESTUDO DE CASO: DECLARAÇÃO AMBIENTAL DA ARGAMASSA COLA

### 6.1. Enquadramento e Apresentação do Produto

Este estudo desenvolve-se com o propósito final de demonstrar como se processa o desenvolvimento de uma declaração ambiental de produto de construção. Assim sendo, a selecção do produto recaiu sobre uma Argamassa Cola C2TE. Este tipo de Argamassa Cola poderá ser utilizado na colagem de peças cerâmicas e/ou pedra natural em pavimentos, revestimentos de paredes interiores e/ou exteriores. A classificação “C2TE” remete-nos para as exigências comportamentais estipuladas na norma EN 12004, tal como se apresenta na Tabela 15.

Tabela 15: Classificação de Argamassas Cola (EN 12004)

Classe	Aderência (N/mm <sup>2</sup> )	Tempo aberto após (N/mm <sup>2</sup> )			Aderência à tracção após 24h (N/mm <sup>2</sup> )	Deslize (mm)
		10 min	20 min	30 min		
C2	≥1.0		≥0.5			
C2E	≥1.0			≥0.5		
C2T	≥1.0		≥0.5			≤0.5
C2F	≥1.0	≥0.5			≥0.5	
<b>C2TE</b>	<b>≥1.0</b>			<b>≥0.5</b>		<b>≤0.5</b>
C2FT	≥1.0	≥0.5			≥0.5	≤0.5

As argamassas bem como outros produtos geram ao longo do seu ciclo de vida vários impactes ambientais. Recordar-se que o principal objectivo deste estudo de caso recai sobre o desenvolvimento de uma declaração ambiental de produto, cuja análise e quantificação dos impactes ambientais e energéticos globais associados à Argamassa Cola será conseguido com recurso ao estudo ACV (*cradle-to-gate*, portanto, desde a extracção de matérias-primas até à produção em fábrica). Assim, figurar-se-ão os resultados em formato de uma DAP, expondo-se as dificuldades experimentadas e limitações identificadas nos processos.

A metodologia descrita no Capítulo 5 servirá de guia de conduta para todo o processo que se desenvolverá ao longo deste estudo de caso, com algumas limitações e considerações que serão devidamente identificadas e justificadas.

De uma forma genérica e sintetizando um pouco o que foi apresentado nos capítulos anteriores, principalmente nos Capítulos 4 e 5, todo o processo é iniciado com a definição da categoria do produto seleccionado, no presente caso, a Argamassa Cola C2TE.

No âmbito da análise do ciclo de vida da argamassa, devem ser claros os objectivos do estudo e o âmbito em que o mesmo se desenvolve, de forma a que as incertezas identificadas durante a análise de inventário e dos impactes ambientais consigam ser facilmente balizadas. O processo de avaliação dos impactes ambientais deverá ser conseguido com recurso ao método *Cumulative Energy Demand* (CED), para avaliação energética, e o método CML 2001, abordagem *midpoint*, para avaliação ambiental, tal como foi já explicado no Capítulo 4. Com isto, esperam-se reunidas as condições para que se enquadre o produto numa determinada categoria de produto, e assim se conheçam as directrizes que deverão orientar a construção da DAP pretendida. A Figura 7 do capítulo anterior ilustra todo o mecanismo agora descrito.

Esta metodologia que se pretende prosseguir, está definida pelas normas ISO 14025 e ISO 21930, sendo que a metodologia de ACV foi desenvolvida tal como as ISO 14040 e 14044 preconizam. O *software* utilizado foi o *SimaPro7*, apresentado no Capítulo 4.

## **6.2. Desenvolvimento da DAP**

Neste subcapítulo ir-se-á apresentar as considerações mais relevantes que foram tidas em conta ao longo de cada fase de desenvolvimento do estudo, pretendendo-se justificar cada opção tomada.

Inicia-se todo o processo com a definição da categoria de produto e consequente identificação das regras de categoria do produto.

### 6.2.1. Regras de Categoria de Produtos

Tal como referido no Capítulo 5, o mecanismo estabelecido estipula que o estudo se inicie com o enquadramento da argamassa cola numa categoria de produto. Desta forma, o grau de pormenorização da análise do ciclo de vida, a listagem das categorias de impacto ambiental que deverão ser analisadas e ainda, a identificação dos métodos ACV que deverão ser utilizados na avaliação são identificados e definidos pelas regras de categoria de produto.

Ora, o desenvolvimento deste estudo de caso inicia-se com a contrariedade decorrente do facto de não existir, em Portugal, RCP's para a Argamassa Cola seleccionada. Como consequência disto, a DAP que se obterá deverá ser encarada como uma declaração não verificada, declaração esta que constitui um elemento importante no processo de desenvolvimento de uma RCP.

A não verificação irá possibilitar as organizações de transmitir ao mercado o desempenho ambiental dos seus produtos antes de se obter uma DAP final, sendo que a validade deste tipo de documento equivale ao período de tempo necessário para desenvolver as RCP, que não deve exceder um ano.

A elaboração desta DAP tem como referência a DAP Francesa, disponibilizada em [www.inies.fr](http://www.inies.fr), bem como as RCP's e DAP's de produtos cerâmicos desenvolvidos pelo CTCV para a APICER e ainda, as DAP's de produtos de cimento que podem ser consultadas em [www.environdec.com](http://www.environdec.com).

### 6.2.2. Análise de Ciclo de Vida

#### ▪ **FASE1: Definição do Objectivo e Âmbito**

##### *Definição dos objectivos*

O objectivo deste estudo é avaliar os impactes globais associados aos processos produtivos da Argamassa Cola C2TE utilizados ao longo do ano de 2010, identificar dificuldades ou

limitações e oportunidades de melhoria, e apresentar todos estes dados sob a forma de uma declaração ambiental de um produto de construção. Numa primeira fase, identificam-se e definem-se a unidade funcional ou a unidade de referência, estabelecem-se as fronteiras e limitações do sistema e, por último, seleccionam-se as categorias de impacte a avaliar.

#### *Unidade funcional*

A quantificação do desempenho ambiental do produto em estudo é dada pela unidade funcional que serve de referência à normalização da informação sobre todas as entradas (inputs) e saídas (outputs) do sistema.

A unidade funcional deste produto é 1 m<sup>2</sup>, no entanto atendendo a que é uma declaração modular (tipo *cradle-to-gate*), considera-se como unidade de referência 1 quilograma de argamassa cola, que equivale a 1,4 Kg/m<sup>2</sup>, pelo que todos os materiais e consumos de energia são referentes a esta unidade (Kg).

#### *Fronteiras e processos do sistema de produto*

As fronteiras do sistema determinam que operações, entradas e saídas, serão incluídas no modelo.

No presente caso de estudo, a delimitação das fronteiras foi condicionada pela existência dos dados e informações disponíveis e do tipo de DAP estabelecida (tipo *cradle-to-gate*). Assim, foram inventariados dados relativos às fases de extracção e transporte de matérias-primas e ainda relativos à fase de produção, ficando de fora do sistema de análise fases como a de utilização/consumo dos edifícios, a de utilização de equipamentos e, fase de fim de vida. Considera-se, por isto, que esta é uma avaliação *cradle-to-gate*. O estudo da produção de 1Kg de argamassa cola vê-se assim limitado a jusante pela saída do produto da fábrica.

Relativamente aos *inputs* do sistema, considerou-se o consumo de electricidade, associado ao funcionamento dos equipamentos utilizados na produção de argamassa cola (excluindo-se a duração da vida destes), o consumo de matérias-primas e ainda, os materiais de embalagem usados. No que se refere aos *outputs* do sistema, foram consideradas as

emissões gasosas, em particular a de partículas (monitorizado pela empresa) e os resíduos gerados na sua produção.

Para uma melhor compreensão entende-se ser útil apresentar um fluxograma em que se expõe, de forma simplificada, o modelo de ciclo de vida referente à produção de 1Kg de argamassa cola, Figura 9.

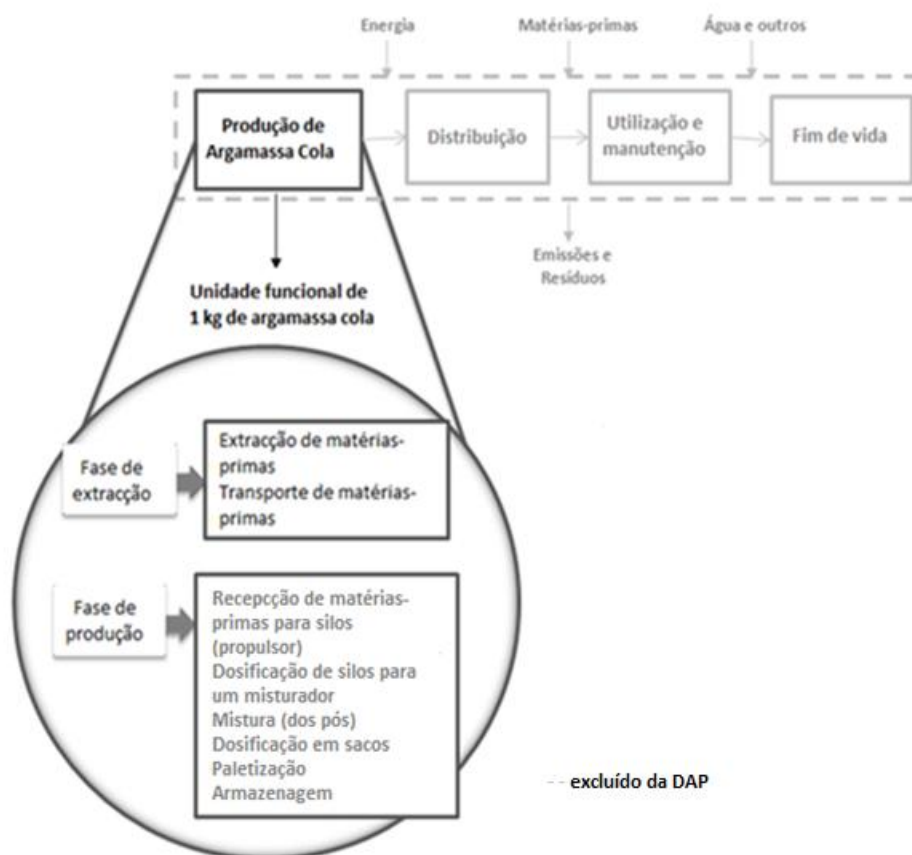


Figura 9: Fluxograma do modelo de ciclo de vida *cradle-to-gate* de 1Kg de argamassa cola (adaptado de Santos, M., 2010)

### Recolha e qualidade dos dados

Os requisitos de qualidade dos dados especificam, de uma forma geral, as características dos dados necessárias para o estudo.

No presente estudo, a recolha dos dados *inputs* e *outputs* foi realizada numa empresa de Argamassas, localizada em Aveiro, sendo estes dados referentes ao ano 2010. Foram ainda disponibilizados os dados de 2009 que serviram para aferir os dados de 2010 por unidade funcional.

Os dados fornecidos representam o consumo global, não sendo portanto específicos de cada etapa do processo. São referentes à extracção e produção da argamassa, incluindo as matérias-primas, e são elas: cimento *portland*, areias e aditivos, fibras de celulose, resinas, bentonite, formato de cálcio e sulfato de ferro. Os materiais de embalagem são: paletes, sacos de papel e plástico extensível. Consideram-se também consumos de electricidade, o transporte de matérias-primas e resíduos.

No âmbito da recolha de dados, foi elaborado um questionário de recolha e surgiram algumas dificuldades na interpretação dos mesmos facultados pela empresa, pelo que houve a necessidade de visitas constantes e contactos presenciais. Na tentativa de minimizar eventuais efeitos da insuficiência de dados, principalmente por parte de fornecedores e informações específicas relativas, entendeu-se razoável recorrer à base de dados *Ecoinvent* do *software* utilizado, o que se revelou constituir uma fonte de informação crucial no estudo. Apesar disto, e de a base de dados *Ecoinvent* para a utilização do *SimaPro* ser bastante abrangente, não se conseguiu disponibilidade de determinados dados e processos nacionais necessários para a realização da ACV do produto seleccionado para este estudo. Ferrão (1998) infere que nestas situações, deve recorrer-se a dados referentes a processos análogos.

#### *Precisão, integridade e representatividade dos dados*

No decurso do presente trabalho, sentiu-se necessidade de estabelecer alguns pressupostos reguladores, que devem ficar clarificados.

O formato de cálcio presente na composição da argamassa em estudo não foi considerado, por não constar na base de dados *Ecoinvent*. Como se trata de um aditivo orgânico utilizado em pequenas quantidades e apresenta um cut-off mássico inferior a 1%, foi possível desprezá-lo.

Também, no caso das resinas redispersáveis (copolímeros etileno-versatato de vinilo) não foi possível encontrar informação na base de dados do *SimaPro* relativa à sua composição química, pelo que se optou por substituir esse aditivo por outro semelhante. Esta substituição é válida, na medida em que o *SimaPro* possui flexibilidade suficiente para

permitir a adaptação da base de dados para o estudo de ACV realizado. Assim sendo, as resinas foram substituídas por *acrylic dispersion*. A sua escolha fundamenta-se no facto de tanto as resinas de etileno-versatato de vinilo como as acrílicas serem utilizadas para o fabrico de argamassa.

No que se concerne ao consumo de água, este não foi considerado, por se tratar de um produto em pó, sem consumo directo de água no seu processo de fabrico na instalação fabril, segundo informações da empresa do estudo de caso.

Neste estudo, a origem das matérias-primas e materiais de embalagem foram determinados sobretudo com base de dados que reflectem a situação da Suíça. Todos os valores utilizados foram-no à escala real, embora as origens e proveniências se fundamentem nos padrões e tipologias de indústria Suíços. Também a tipologia de transportes foi baseada nos dados reais, camiões de 25 toneladas, com os modelos de transporte da Suíça, que relacionam potenciais impactes em função da massa e distância de transporte.

Convém referir que, o ideal seria mesmo utilizar tipologias nacionais e não europeias como o foi o caso, contudo não existem bases de dados portuguesas para estudos de ACV nem para a produção do material utilizado.

## ▪ FASE2: Análise de Inventário

### *Descrição do processo*

Esta etapa procurou obter as informações necessárias para abranger as fases do ciclo de vida consideradas (extracção, transporte de matérias-primas e produção do material), sendo realizada através do levantamento (inventário) dos respectivos *inputs* e *outputs*, utilizando-se como *software* de apoio o *SimaPro7*.

As entradas englobam matérias-primas, materiais de embalagem, transporte de matérias-primas e consumo de electricidade. Por sua vez, as saídas incluem materiais/produtos, emissões gasosas e resíduos. Estes consumos são referentes ao ano 2010 e foram todos adaptados à unidade funcional, definida na FASE1.

Lêem-se nas Tabelas 16 e 17 as quantidades totais de *inputs* e *outputs*, de e para o ambiente, associadas à fase de extracção e produção. Nas Figuras 10 e 11, visualiza-se a contribuição de cada constituinte na produção de 1Kg de argamassa cola.

*Tratamento e descrição dos dados*

No que concerne às entradas consideradas no sistema, e no que toca às matérias-primas, a produção de 1Kg de Argamassa Cola requer grandes quantidades de areia e de cimento *portland*, exigindo menores quantidades de resinas e fibras de celulose. No que toca a materiais de embalagem, para a produção de 1Kg de Argamassa Cola, necessita-se da mesma quantidade de plástico extensível, de paletes e, em menor quantidade, sacos de papel.

Tabela 16: Principais *inputs* utilizados para o fabrico de 1Kg de produto

<b>Entradas/inputs</b>	<b>Quantidade/kg</b>	<b>Unidade</b>
Cimento <i>portland</i>	$450 \times 10^{-3}$	kg
Areias	$478 \times 10^{-3}$	kg
Resinas	$50 \times 10^{-3}$	kg
Fibras de Celulose	$10,7 \times 10^{-3}$	kg
Sulfato de Ferro	$0,50 \times 10^{-3}$	kg
Bentonite	$3 \times 10^{-3}$	kg
Paletes	$8,3 \times 10^{-1}$	kg
Saco de Papel	$80,2 \times 10^{-3}$	kg
Plástico Extensível	1	kg
Electricidade	$3,2 \times 10^{-3}$	kWh



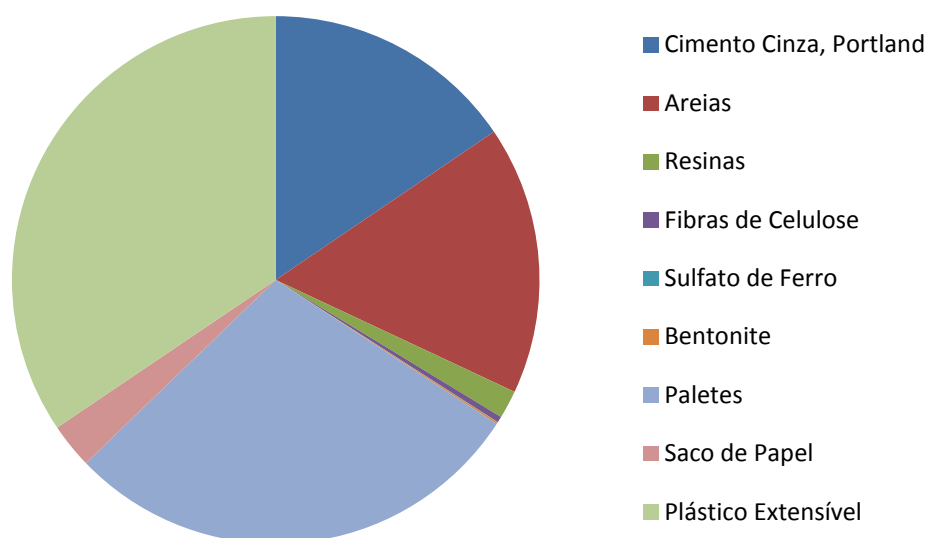


Figura 10: Contribuição de cada *input* considerado, na produção de 1Kg de Argamassa Cola, em Kg

Relativamente às saídas do sistema, os dados indicam que a maior parte das descargas efectuadas para o ambiente se referem a partículas emitidas, logo seguidos pelas emissões classificadas na categoria de “resíduos totais”, “resíduos não perigosos” e “resíduos não valorizados”. São ainda identificados, se bem com pouca significância, resíduos perigosos e resíduos valorizados.

Tabela 17: Emissões e descargas para o ar no fabrico de 1Kg de produto

Saídas/outputs	Quantidade/kg	Unidade
Resíduos totais	$7,60 \times 10^{-3}$	kg
Resíduos valorizados	$2,00 \times 10^{-3}$	kg
Resíduos não valorizados	$5,256 \times 10^{-3}$	kg
Resíduos perigosos	$0,564 \times 10^{-3}$	kg
Resíduos não perigosos	$7,101 \times 10^{-3}$	kg
Resíduos inertes	$2,842 \times 10^{-3}$	kg
Emissões para o ar: partículas	$18,405 \times 10^{-3}$	kg

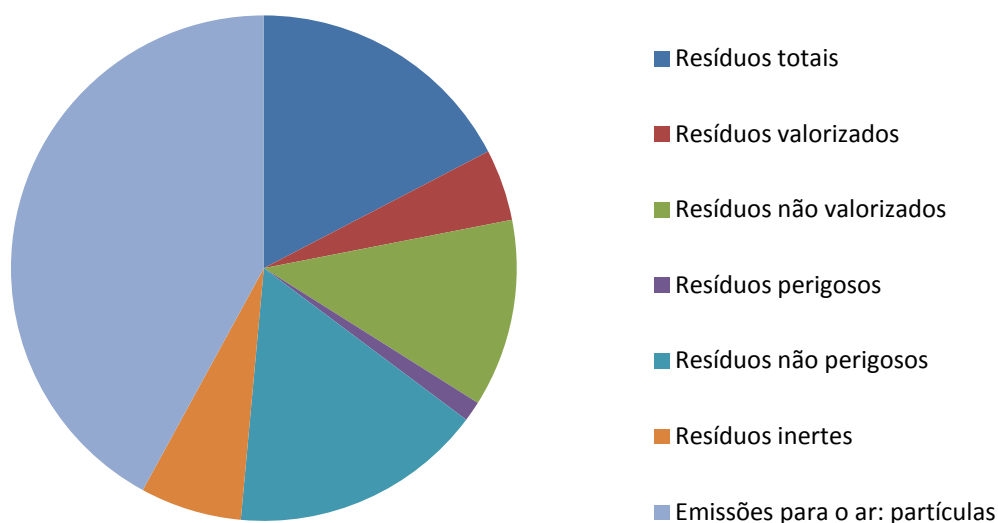


Figura 11: Contribuição das emissões e descargas, na produção de 1Kg de Argamassa Cola, em Kg

Para medição das distâncias médias percorridas pelas matérias-primas, desde o fornecedor até à fábrica (dados cedidos pela empresa do estudo de caso), utilizaram-se os mapas on-line *Via Michelin*, para percursos terrestres. A Tabela 18 lista as distâncias associadas aos *inputs* e respectivas quantidades.

Tabela 18: Distância média de transporte das matérias-primas até à fábrica por 1Kg de argamassa cola

<b>Materiais</b>	<b>Massa transportada (tkm)</b>	<b>Distância percorrida por camião* (km)</b>
Cimento <i>portland</i>	$2,835 \times 10^{-2}$	63
Areias	$9,5122 \times 10^{-2}$	199
Resinas	$13,195 \times 10^{-2}$	2639
Fibras de Celulose	$1,5042 \times 10^{-2}$	2639
Sulfato de Ferro	$0,1185 \times 10^{-2}$	2639
Bentonite	$0,156 \times 10^{-2}$	520
Paletes	$7,138 \times 10^{-2}$	86
Saco de Papel	$0,9945 \times 10^{-2}$	124
Plástico Extensível	$12,4 \times 10^{-2}$	124

\*Transporte em camião de 25 toneladas

### ▪ FASE3: Avaliação de Impactes

Esta etapa diz respeito à identificação e avaliação dos potenciais impactes ambientais dos dados recolhidos no âmbito da análise de inventário, FASE2. Nesta fase apresentam-se os resultados obtidos das análises ambiental e energética e as respectivas interpretações.

No presente estudo, a avaliação de impactes será realizada até à fase de caracterização, na metodologia prevista pela norma NP ISO 14040, descrita no ponto 4.4.3 deste estudo. Assim, e de acordo com o já escrito e preconizado pela referida norma, procede-se à selecção e classificação das categorias de impacte, de acordo com os resultados da análise de inventário, e à caracterização em que se calculam os valores dos indicadores de impacte para cada uma das categorias de impacte identificadas.

Nesta fase, são seleccionados dois métodos de avaliação de impacte do *SimaPro7*, o CML 2001 (*Leiden University*) e o CED (*Cumulative Energy Demand*), respectivamente para avaliação ambiental e energética, procedendo-se aos cálculos e à análise dos resultados, de acordo com os métodos escolhidos.

#### *Seleção das categorias de impacte*

No âmbito deste estudo e com base nos modelos de PCR e DAP existentes para produtos de construção civil, e nas normas ISO 21930, os parâmetros quantificados e declarados na DAP são os seguintes:

- Recursos não renováveis (incluindo ou não o conteúdo energético);
- Recursos renováveis (incluindo ou não o conteúdo energético);
- Aquecimento global (em kg equivalentes de CO<sub>2</sub> - Dióxido de Carbono);
- Acidificação (em kg equivalentes de SO<sub>2</sub> - Dióxido de Enxofre);
- Depleção da camada de ozono (em kg equivalentes de CFC-11 - Clorofluorcarboneto);
- Eutrofização (em kg equivalentes de PO<sub>4</sub> - Fosfato);
- Oxidação fotoquímica (em kg equivalentes de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> - Etileno);
- Gestão de resíduos: resíduos perigosos e não perigosos.

Para uma melhor interpretação, entende-se ser vantajoso a apresentação de uma breve descrição das Categorias de Impacte do método CML 2001, Tabela 19.

Tabela 19: Descrição das Categorias de Impacte do Método CML 2001 (baseado em Geodkoop *et al.*, 2006)

<b>Categorias de Impacte</b>
<p><b>Acidificação (Kg SO<sub>2-eq</sub>):</b> Analisa a capacidade de certas substâncias libertadas formarem iões H<sup>+</sup> que têm um efeito prejudicial no ambiente (aumento de acidez).</p>
<p><b>Eutrofização (Kg PO<sub>4-eq</sub>):</b> Mede os impactes provenientes do elevado nível de macronutrientes no meio ambiente causados pelas emissões de nutrientes para o ar, água e solo.</p>
<p><b>Aquecimento Global (Kg CO<sub>2-eq</sub>):</b> Determina qual a contribuição para o aquecimento global de um determinado gás com efeito de estufa relativamente ao dióxido de carbono.</p>
<p><b>Depleção da Camada de Ozono (Kg CFC-11<sub>-eq</sub>):</b> Mede o potencial de destruição da camada de ozono estratosférico causado pela libertação de químicos para o ambiente.</p>
<p><b>Oxidação Fotoquímica (Kg C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>):</b> Quantifica a formação de substâncias reactivas que são prejudiciais para a saúde humana e dos ecossistemas e que podem ainda danificar as colheitas.</p>

Pensa-se estarem reunidas as condições para se exporem os resultados de avaliação de impacte da argamassa cola C2TE, obtidos com o recurso ao *software SimaPro7*.

## **Avaliação Ambiental**

O método utilizado na avaliação ambiental foi o CML 2001, já apresentado anteriormente, cujos resultados se apresentam de seguida. Na Tabela 20 mostram-se os dados obtidos relativamente ao potencial impacte ambiental na produção de 1Kg de argamassa cola para o ano 2010. A Figura 12 apresenta a contribuição relativa dos fluxos de *inputs* para cada uma das categorias de impacte consideradas, em gráfico, enquanto que a Tabela 21 apresenta o mesmo tipo de dado sob a forma de tabela.

Tabela 20: Avaliação ambiental de 1Kg de argamassa cola

Categoria de impacte	Unidade	Valor total
Acidificação	Kg SO <sub>2</sub> -eq	$1,36 \times 10^{-3}$
Eutrofização	Kg PO <sub>4</sub> -eq	$2,54 \times 10^{-4}$
Aquecimento global (100 anos)	Kg CO <sub>2</sub> -eq	$5,45 \times 10^{-1}$
Depleção da camada de ozono	Kg CFC-11 <sub>-eq</sub>	$3,91 \times 10^{-8}$
Oxidação fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	$4,51 \times 10^{-5}$

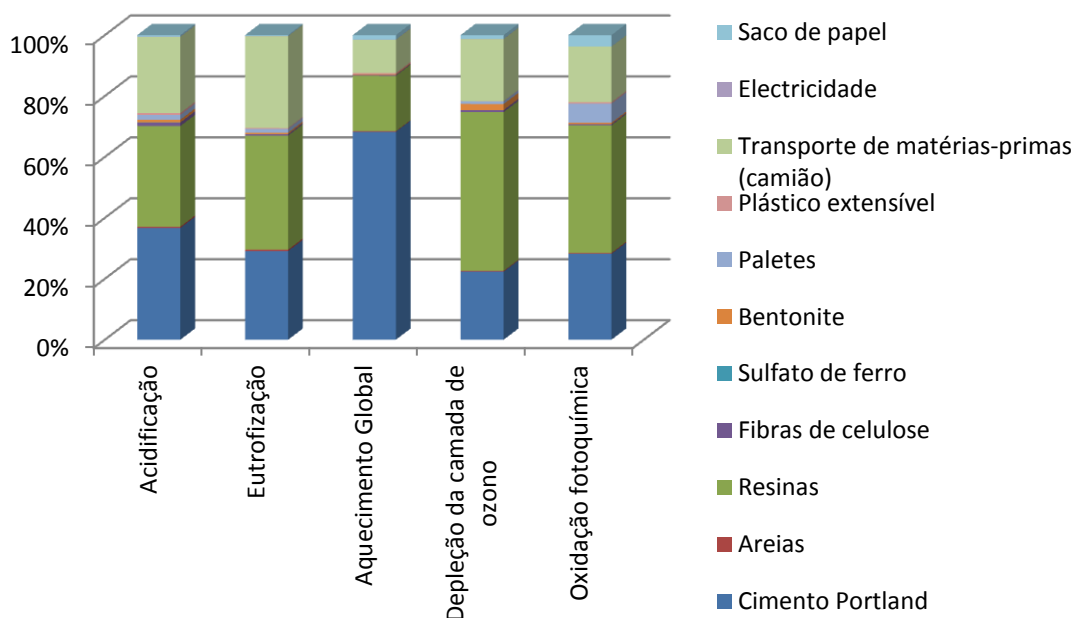
Figura 12: Contribuição percentual de cada *input* para as categorias de impacte consideradas

Tabela 21: Contribuição percentual de cada *input* para as categorias de impacte

MATÉRIA-PRIMA	CATEGORIAS DE IMPACTE				
	Acidificação	Eutrofização	Aquecimento Global	Depleção da camada de ozono	Oxidação Fotoquímica
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Cimento <i>portland</i>	36,68	29,11	68,29	22,36	28,21
Areias	0,42	0,45	0,17	0,25	0,29
Resinas	33,04	37,46	18,19	52,13	41,87
Fibras de celulose	1,15	0,44	0,26	0,65	0,40
Sulfato de ferro	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00
Bentonite	0,92	0,50	0,25	1,99	0,45
Paletes	1,55	1,26	0,00	0,87	6,27
Plástico extensível	0,63	0,26	0,39	0,08	0,48
Saco de papel	0,51	0,30	1,45	1,22	3,73
Transporte de matérias-primas	25,02	30,19	10,94	20,39	18,26
Electricidade	0,07	0,03	0,07	0,06	0,04

### Avaliação Energética

Os resultados obtidos na avaliação energética, com recurso ao CED, exibem-se de seguida. A Tabela 22 descreve os resultados relativos à utilização dos recursos, renováveis e não-renováveis, com e sem conteúdo de energia. Na Figura 13 e Tabela 23, faz-se uma caracterização, por tipo de *input*, do consumo de energia na produção de 1Kg de argamassa cola.

Tabela 22: Utilização de recursos por 1Kg de argamassa cola

Recursos energéticos	Unidade	Valor total
Recursos não renováveis – fósseis	MJ <sub>-eq</sub>	4,512
Recursos renováveis – biomassa	MJ <sub>-eq</sub>	0,428
Recursos renováveis – vento, solar, geotérmica	MJ <sub>-eq</sub>	0,00838
Recursos renováveis – água	MJ <sub>-eq</sub>	0,141

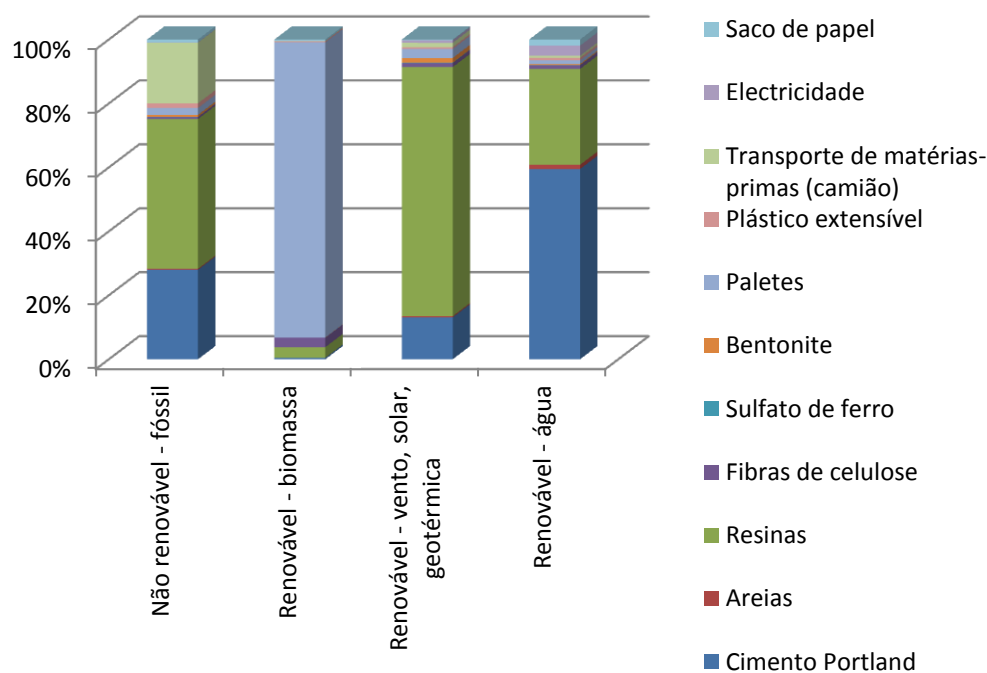
Figura 13: Caracterização, por tipo de *input*, do consumo de energia

Tabela 23: Caracterização percentual do consumo de energia

MATÉRIA-PRIMA	CATEGORIAS DE IMPACTE			
	Não Renovável		Renovável	
	Fóssil	Biomassa	Vento, Solar e Geotérmica	Água
	(%)	(%)	(%)	(%)
Cimento <i>portland</i>	27,99	0,47	13,10	59,51
Areias	0,29	0,01	0,36	1,30
Resinas	46,87	3,32	77,91	30,00
Fibras de celulose	0,63	2,95	1,26	1,15
Sulfato de ferro	0,02	0,00	0,11	0,04
Bentonite	0,66	0,05	1,48	0,33
Saco de papel	0,89	0,46	0,22	1,92
Paletes	2,15	92,34	2,83	1,18
Plástico extensível	1,44	0,33	0,55	0,76
Transporte de matérias-primas	18,99	0,04	1,36	0,67
Electricidade	0,09	0,03	0,81	3,15

## ▪ FASE4: Interpretação de Resultados

### Avaliação Ambiental

No gráfico da Figura 12, atribuem-se às categorias de impacte os resultados da FASE2: Análise de Inventário. Para a categoria “Aquecimento Global”, reconhece-se o cimento *portland* como a matéria-prima com maior contribuição, sendo responsável por 68,29% de contributo. Com 18,19%, as resinas constituem a matéria-prima com o segundo maior contributo, para a mesma categoria de impacte, sendo o sulfato de ferro o que se apresenta como menos participativo. Ainda para esta categoria de impacte, os sacos de papel são, dos materiais de embalagem, os maiores contribuintes.

Relativamente à categoria “Acidificação”, lê-se que os *inputs* que mais a afectam são o cimento *portland* em primeiro grau, com 36,68%, e as resinas depois, com 33,04%, seguindo-se os transportes com 25,02%. O menor contributo resulta da transformação do sulfato de ferro, com uma expressão de 0,02%.

Analisando a categoria “Eutrofização”, repara-se que no primeiro patamar de contribuição encontram-se as resinas, com 37,46%, seguido pelo transporte de matérias-primas com 30,19% e depois o cimento com 29,11%, sendo que a menor expressão registada é a do sulfato de ferro.

Por último, consegue-se ler que para as categorias “Oxidação Fotoquímica” e “Depleção da camada de Ozono”, as resinas constituem a maior tributária, com 41,87% e 52,13%, respectivamente, seguidas pelo cimento com valores de 28,21% e 22,36%, respectivamente.

Ora, relativamente às matérias-primas seleccionadas, consegue-se aferir uma tendência de comportamentos. O cimento *portland* e as resinas são, das matérias-primas, as que se demarcam com maior presença nas categorias de impacte seleccionadas, ou seja, são as matérias-primas que, no seu processo de transformação, libertam em maior quantidade, substâncias que causam impacte ao ambiente para as categorias seleccionadas. Entende-se que este facto pode resultar da composição da própria argamassa, uma vez que estes são dos constituintes que maior representatividade tem na constituição do próprio produto, como se lê na Tabela 16. Por outro lado, o constituinte da argamassa cola em estudo que menor impacte causa é o sulfato de ferro, o que se compreende uma vez que é o



constituente exigido em menor quantidade na produção de argamassa cola, tal como é perceptível na Tabela 16.

Relativamente aos materiais de embalagem, consegue-se ler na Figura 12 e Tabela 21, que são as paletes e os sacos plásticos que, de uma forma geral, são os mais colaboradores para os efeitos balizados nas categorias de impacte seleccionadas.

O transporte das matérias-primas apresenta-se com bastante significado no que toca à representatividade nas categorias de impacte, sendo a “Eutrofização” e a “Acidificação” as categorias que mais acusam os efeitos aqui contabilizados.

Em relação aos efeitos do consumo energético, este não se apresenta com grande significado.

De uma forma genérica, observa-se que o cimento *portland*, as resinas e o transporte de matérias-primas são, sem dúvida, os principais contribuintes para o impacte ambiental da argamassa cola, analisada com o recurso ao método CML 2001. As areias, fibras de celulose, plástico extensível, saco de papel, bentonite e paletes contribuem de forma menos significativa para as categorias de impacte consideradas. Os restantes constituintes, sulfato de ferro e consumo de electricidade, contribuem em menor escala para os impactes medidos nas várias categorias.

### **Avaliação Energética**

A avaliação energética é, como já se referiu, concretizada através do método CED, *Comulative Energy Demand*, que quantifica o consumo dos requisitos de energia de todos os estágios de vida de um sistema. Ora, da análise da Tabela 22, consegue perceber-se que, a nível energético, são os recursos não renováveis de origem fóssil os mais consumidos, com cerca de 4,5 MJ<sub>-eq</sub>, sendo os recursos renováveis como a energia eólica, solar e geotérmica o tipo de recurso com menor requisição, com uma expressão de 0,00838 MJ<sub>-eq</sub> neste estudo. Estes valores referem-se ao consumo energético relativo à produção de 1Kg de argamassa cola C2TE e, desde já, salienta-se o consumo de tipo de energia não condicente com a prática dos princípios da sustentabilidade, as não renováveis.

A Figura 13 e a Tabela 23 mostram os tipos de consumo que cada matéria-prima exige no seu processo de transformação, até à obtenção do produto final, a argamassa cola. Veja-se que, para o tipo de energia mais consumido durante a produção da argamassa, “Energia Não Renovável – Fóssil”, é o processo de transformação das resinas, com 46,87% que requer maior porção do consumo, logo seguido pelo cimento *portland*, que necessita de 27,99% do consumo. O sulfato de ferro é a matéria-prima com menos exigência de consumo energético.

Passando para a categoria das energias renováveis, regista-se que é a “Energia Renovável – Biomassa” que se apresenta como a mais consumida na produção de 1Kg de argamassa, com um valor de 0,428 MJ<sub>-eq</sub> (Tabela 23). Este é o tipo de energia renovável mais consumido, apesar de representar pouco mais de 9% do tipo de consumo de energia não renovável mais requisitado. Destaca-se pela sua baixa contribuição no processo de transformação das matérias-primas, sendo a sua maior contribuição, 92,3% as paletes de madeira, seguindo-se 3,32% para as resinas. Também neste sistema o sulfato de ferro é o menor consumidor de energia.

Passando à categoria “Energias Renováveis – Vento, Solar e Geotérmica”, a tendência confirma-se ao serem as resinas as maiores consumidoras deste tipo de energia, com cerca de 77,91% e, em menor grau, o cimento, com um consumo avaliado em 13,10%.

Por fim, analisando o consumo de “Energia Renovável – Água”, repara-se que é o cimento que aqui se destaca como maior consumidor, com valor de 59,51%, logo seguido pelas resinas com 30% de consumo de energia hídrica.

Analisados os consumos de energia por categoria de energia disponibilizada, consegue-se auferir que a tendência de comportamento observada na avaliação ambiental se mantém: do conjunto das matérias-primas que se analisam, são as resinas e o cimento *portland* os mais exigentes em termos de recursos energéticos necessários ao processo de fabricação. Entende-se que assim seja, uma vez que estas duas matérias-primas são as que se encontram em maior quantidade na produção de 1Kg de argamassa cola, e cujo processo de fabricação é o mais exigente, Tabela 16 ou Figura 10.

Relativamente aos materiais de embalagem, destaca-se o consumo de “Energia Renovável – Biomassa” no subsistema das paletes, com valor de 92,34%. Nos restantes materiais de embalagem as exigências energéticas são bastante baixas.

Relativamente ao transporte das matérias-primas, lê-se que são as “Energias não Renováveis – Fósseis” as mais consumidas, com um valor de 18,99% de consumo, enquanto que o consumo dos outros tipos de energia não têm expressão.

Também o consumo de electricidade não é significativo.

Em síntese, as resinas e o cimento cinza *portland*, são os maiores consumidores de energia, segundo o método CED do *SimaPro*. Em contrapartida as necessidades energéticas das areias, das fibras de celulose, bentonite, sacos de papel, paletes, plástico extensível, transporte de matérias-primas e electricidade, manifestam-se com pouca expressão. Por último, o sulfato de ferro é o de todos a matéria-prima com menos exigência de consumo energético.

#### ▪ **FASE5: Análise de Melhoria**

A interpretação dos resultados deve culminar numa análise de melhoria, em que se pretende uma avaliação sistemática das necessidades e oportunidades para reduzir a carga ambiental associada à energia e matéria-prima utilizadas e às emissões de resíduos em todo o ciclo de vida do produto avaliado.

No presente estudo identificaram-se, de entre as matérias-primas seleccionadas, aquelas que, na produção da argamassa cola C2TE, se apresentam com maior representatividade em termos de fluxo energético e ambiental, e foram elas: o cimento cinza *portland*, as resinas e o transporte de matérias-primas. De entre todas, estas foram as que se destacaram tanto na análise ambiental como na avaliação energética. É portanto, no processo de transformação destas matérias que se identificam maiores transferências de impactes ambientais e maior consumo de energia, e será então, para os processos de transformação destes subsistemas, que haverá interesse em encontrar alternativas mais condicentes com os princípios da sustentabilidade.

Sob o ponto de vista ambiental, poder-se-á optar, numa primeira fase, por identificar alternativas às duas matérias-primas, e estudar a viabilidade das mesmas. Caso não haja possibilidade de se efectivarem substituições das matérias-primas (ex: incorporação de cinzas (resíduos de outros processos) no fabrico de cimento), pode gerar-se uma melhoria se se estudarem formas de redução ou eliminação das emissões atmosféricas. Uma outra

opção pode decorrer da análise da viabilidade da deslocação das emissões para o ambiente, de etapas de ciclo de vida menos controladas, para etapas mais controladas, ou seja, etapas com sistemas mais completos e balizados. Relativamente ao transporte das matérias-primas haverá, com certeza, modelos de optimização dos efeitos do transporte que poderão substituir os utilizados. Em paralelo, parece sensato a procura de uma origem mais próxima dos destinos, com vista a diminuir os percursos efectuados e assim os efeitos produzidos.

Do ponto de vista energético, a opção pela diminuição dos consumos energéticos e optimização dos meios de disponibilização de energia ao processo, parece óbvia, para além da opção pelos diferentes tipos de energia renováveis que o mercado hoje em dia oferece, em detrimento das energias não renováveis.

Entende-se que o senso comum e a consciência ambiental deve prevalecer em cada opção de melhoria dos processos que se estude de forma a que se contribua, em cada processo para a minimização dos fluxos de e para o ambiente.

### 6.2.3. Declaração Ambiental de Produto

O documento DAP, construído com base nos pressupostos e nos resultados apresentados nos pontos anteriores, estará disponível para consulta no Anexo I. Este pretende servir de proposta, um ponto de partida, para a elaboração de uma declaração ambiental para qualquer argamassa.

Apesar da consciência de que existem ainda vários aspectos a melhorar, reconhece-se que foi criada, desta forma, e de acordo com os objectivos estabelecidos, uma plataforma consistente para a elaboração da imagem ambiental de um produto de construção, que são as DAP's.

### 6.3.Principais Dificuldades e Limitações

A crescente consolidação do movimento ambiental é, actualmente, uma realidade que tem incentivado transformações na procura e na oferta de produtos no mercado da construção civil. Pretende-se que os consumidores traduzam, cada vez mais, os seus valores ambientais em poder de compra e optem por produtos considerados com menor impacte. Esta é uma realidade com potencial de crescimento que deve ser impulsionado, pelo que o desenvolvimento de estudos como o que aqui se apresenta representa um alcance muito maior do que o do conhecimento concreto.

No entanto, e uma vez que estes são temas relativamente recentes e portanto timidamente desenvolvidos, existe ainda escassez de informação relativa às metodologias utilizadas, bases de dados ainda com défice de informação, conhecimento difuso dentro das próprias indústrias e ainda opiniões diversas, não consensuais, relativamente a conceitos, definições utilizadas.

Assim, no âmbito do desenvolvimento deste estudo, uma das maiores dificuldades sentidas foi a limitação no tempo. Uma vez que a escassez e dispersão de dados e a complexidade de toda a metodologia aplicada foram realidades presentes ao longo de todo o processo de estudo, o curto período de tempo disponível representou, sem dúvida, uma dificuldade.

Uma das primeiras dificuldades fez-se sentir logo na primeira fase de realização do estudo, a selecção da categoria de produto e o consequente estabelecimento das regras de categoria de produto para a Argamassa Cola seleccionada. Em Portugal não existe RCP para este tipo de produto, pelo que confrontamo-nos com a obrigatoriedade de recorrer às RCP's desenvolvidas pelo CTCV para a APICER.

Seguiu-se a fase de recolha de dados, o que se revelou uma etapa, apesar de bastante trabalhosa, muito enriquecedora, na medida em que os dados ao serem colectados directamente numa empresa de Argamassas, não estão disponíveis com o formato adequado às nossas necessidades, o que constitui sem dúvida um desafio auspicioso. Os dados disponibilizados pela empresa referiam-se apenas ao consumo global, não havendo portanto dados específicos para cada etapa do processo, o que representa uma limitação a todo o estudo. Para além disto, a insuficiência de dados disponíveis motivou a busca de

soluções de complementaridade, neste caso, o recurso à base de dados *Ecoinvent* do *software* utilizado. Ainda assim, a precisão do estudo fica contudo afectada, na medida em que não se conseguiu disponibilidade de determinados dados e processos necessários para a realização da ACV do produto seleccionado para este estudo. Por tudo isto, a delimitação das fronteiras do sistema ficam condicionadas, limitando-se o estudo às fases de extracção e transporte de matérias-primas e produção, ficando de fora do sistema de análise fases como a de utilização/consumo dos edifícios, a de utilização de equipamentos e, fase de fim de vida. Esta foi a etapa que mais tempo consumiu, uma vez que se pretendia primazia na qualidade dos dados a submeter.

O desenvolvimento da análise de avaliação de ciclo de vida revelou-se um processo todo ele minucioso, de uma elevada exigência de conhecimentos específicos com uma amplitude bastante alargada. Aqui, a limitação de tempo constituiu um entrave ao desenvolvimento rigoroso da metodologia. Sentiu-se também dificuldades na interpretação das informações contidas no *software* utilizado, o que se revelou preocupante. Era estritamente necessário perceber todos os pressupostos afectos à metodologia do *SimaPro*, para que a interpretação dos resultados fosse feita de forma clara e coerente. No entanto, a escassez de bibliografia relativa ao *software* foi superada com recurso à experiência de outros utilizadores, pelo que há a convicção de que todo o processo foi correctamente apreendido.

Por último, a interpretação dos resultados obrigou ao estudo árduo e metucioso das características específicas dos métodos CML e CED, identificando as incertezas, fragilidade e sensibilidade destes métodos e dos seus pressupostos.

De uma forma geral, houve uma preocupação contínua em balizar todo o estudo, identificar todas as incertezas e pressupostos menos consensuais, de forma a que os resultados fossem interpretados com o factor “incerteza” menor possível. O facto de existir poucos estudos sobre este tema dificultou a investigação e a pesquisa efectuada, estimulando contudo o desenvolvimento deste, assim como a importância de lhe dar continuidade.

Uma última nota, apenas para referir que se entende crucial que estes estudos sejam levados ao conhecimento das indústrias para que estas tomem consciência da necessidade

de se acompanharem os processos de produção de uma forma meticulosa, decompondo os fluxos existentes entre os diferentes sistemas e etapas de produção, para que se alcancem resultados cada vez mais minuciosos em estudos como este.





## 7. CONCLUSÕES

### 7.1. Considerações Finais

Sendo o sector da construção uma indústria consumidora de vastas quantidades de materiais, conclui-se que esta pode significar uma vantagem no sentido de ser capaz de escoar quantidades enormes de resíduos de outras indústrias. Formulou-se a ideia de que a utilização de materiais mais duráveis, com menor energia incorporada ou recicláveis devem constituir, no contexto actual, alternativas para uma maior sustentabilidade dos materiais de construção.

Relativamente à Rotulagem Ambiental, o presente estudo realça o papel importante que o selo ambiental configura, sendo-lhe reconhecido credibilidade e confiança, para além de demonstrar a garantia de preservação da natureza, comprovando também a qualidade do produto. Em Portugal, a tendência é a de utilização cada vez mais ampla das auto declarações ambientais, procurando oferecer informações precisas, relevantes e de fácil entendimento para o consumidor.

As Declarações Ambientais de Produto (DAP), também designadas por EPD (*Environmental Product Declaration*), são documentos técnicos emitidos pelas empresas produtoras para divulgação dos impactes ambientais gerados pelos seus produtos, ao longo do seu ciclo de vida.

Reconhece-se que estas consistem numa ferramenta importante na identificação, por parte dos fabricantes, dos aspectos com impactes mais negativos do ciclo de vida dos produtos e impulsionadores de acções de melhorias desses mesmos aspectos. A utilização da técnica de avaliação do ciclo de vida conclui-se ser fundamental para este efeito, às que estão normalmente associadas questões como a utilização de recursos naturais, matérias-primas e matérias secundárias, consumo de água no processo, consumo de energias renováveis e não renováveis, emissões associadas ao processo de transporte, durabilidade dos produtos e a sua reciclagem. As DAP's, numa última fase de proveito do documento, podem ser usadas pelos arquitectos e projectistas de edifícios ou obras de construção como fonte de informação para avaliação da sustentabilidade dos edifícios e outras obras de construção.

Desta forma, concluiu-se que desempenham um papel primordial também no encontro de soluções construtivas, entre as várias soluções técnicas que o mercado oferece, no sentido de identificar as mais sustentáveis e amigas do ambiente.

A nível de regulamentação, fica claro que a Organização Internacional de Normalização (ISO), desenvolveu uma série de documentação relativa às declarações ambientais, das quais destacamos a norma ISO 14025 relativa às declarações ambientais tipo III e a ISO 21930 que descreve as regras para emissão de uma DAP para produto de construção. Por outro lado, a Organização Europeia de Normalização, desenvolveu um relatório técnico, CEN/TR 15941, relativo à metodologia de selecção e uso de informação no desenvolvimento de uma DAP. Foi entretanto aprovado em Outubro de 2011 a EN 15804 que define as regras por categoria de produtos para o desenvolvimento de DAP e está em curso a aprovação da prEN 15942 relativa ao formato de comunicação das DAP's.

As declarações ambientais de produtos são declarações baseadas nas análises de ciclo de vida, como foi já amplamente divulgado, mas no entanto, para serem declarações do tipo III, e de acordo com a classificação da ISO 14025, necessitam de uma validação efectuada por um verificador externo.

Relativamente à análise de impacte de ciclo de vida, conclui-se que não há uma metodologia universal aceite consensualmente, o que se reflecte no grande número de métodos encontrados e disponíveis na bibliografia utilizada, aspecto que poderá até representar uma oportunidade de estudo, comparando aprofundadamente os diversos métodos existentes e identificando explicitamente as lacunas de cada um.

Evidencia-se também que as limitações resultantes da utilização de bases de dados Europeias poderiam ser contornadas através da implementação de projectos de investigação a fim de produzir bases nacionais.

Dos dados obtidos no âmbito do caso de estudo efectuado, conclui-se que de entre as matérias-primas seleccionadas, aquelas que, na produção da argamassa cola C2TE, se apresentam com maior representatividade em termos de fluxo energético e ambiental são o cimento cinza *portland*, as resinas e o transporte de matérias-primas. De entre todas, estas

foram as que se destacaram tanto na análise ambiental como na avaliação energética. É portanto, no processo de transformação destas matérias que se identificam maiores transferências de impactes ambientais e maior consumo de energia, e será então, para os processos de transformação destes subsistemas, que haverá interesse em encontrar alternativas mais condicentes com os princípios da sustentabilidade.

Também no contexto da avaliação energética, conclui-se que os recursos não renováveis de origem fóssil são os mais consumidos na produção de 1Kg de argamassa cola, sendo os recursos renováveis como a energia eólica, solar e geotérmica o tipo de recurso com menor requisição.

Salienta-se também o facto de as DAP's serem desenvolvidas com base em regras previamente estabelecidas, as Regras de Categoria de Produtos, concluindo-se que estas são comuns para os produtos que desempenham as mesmas funções.

Pensa-se que este foi, sem dúvida, o momento oportuno para o desenvolvimento deste tema, esperando que seja relevante a contribuição para o aumento da consciência ambiental de fabricantes e de utilizadores de produtos de construção, para o incremento do desenvolvimento de produtos com um perfil ambiental mais sustentável, estímulo da melhoria contínua do seu desempenho ambiental, motivação das empresas produtoras de materiais, projectistas, construtores civis e entidades públicas e privadas para a selecção e fabrico de materiais mais sustentáveis. Espera-se, que este estudo represente uma plataforma de construção da ferramenta que é uma DAP e que estimule e desperte mentalidades e formas de actuação.

## **7.2.Trabalhos Futuros**

Em virtude das considerações finais apresentadas no decorrer deste estudo, torna-se necessário frisar que a continuidade de estudos futuros representará, sem dúvida, uma mais valia e um factor de enriquecimento deste que terminamos.

Como complemento deste trabalho, recomenda-se que será benéfico fazer uma análise de sensibilidade. Pretende-se identificar de que forma a mudança no tipo de dados, na forma

de recolha dos mesmos, na escolha de metodologias se repercute nos resultados de avaliação de impactes ambientais do ciclo de vida ao longo dos diferentes estágios do sistema.

Efectivamente, reconhece-se que será importante fazer um estudo mais rigoroso e aprofundado, considerando as outras fases do ciclo de vida, nomeadamente a fase de utilização e de fim de vida, para desenvolver uma declaração ambiental de produto (DAP) com todas as fases do ciclo de vida – *cradle-to-gate*.

Outro ponto que merece consideração é a necessidade de uma melhor adaptação às novas normas EN 15804 e prEN 15942, que se encontram em fase de publicação.

Um outro aspecto que se entende como relevante será uma afectação do carácter económico e social ao estudo de análise de ciclo de vida, considerando efeitos externos gerados ao longo de toda a cadeia produtiva dos sistemas de conversão, e avaliando-se deste modo os três pilares da sustentabilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, C. M. V. B.; Giannetti, B. F.; Ribeiro, C. M.; (sd). *Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): Uma Ferramenta Importante da Ecologia Industrial*.

Almeida, M.; Arroja, L. M.; Dias, A. C.; Dias, B. (2011). Seminário “Avaliação do Ciclo de Vida na Construção”. *A Declaração Ambiental de Produto para Materiais de Construção*. Universidade do Minho, Guimarães. 12 Maio 2011. Plataforma para a Construção Sustentável.

Alves, M. C. M.; Andrade, P.; Campanhol, E. M. (2003). *Rotulagem Ambiental: Barreira ou Oportunidade Estratégica?* Revista Electrónica de Administração – FACEF. Vol 02. Edição 03. Julh.-Dez. 2003.

Amado, M. P.; Ferreira, B. A. (2010). Congresso de Inovação na Construção Sustentável, CINCOS'10. *Construção do Edifício Sustentável – contribuição para um processo operativo*. Curia. Plataforma para a Construção Sustentável. pp.297-312.

Assies, J. (1992). *State of Art. Life Cycle Assessment*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education. pp.1-20. Leiden, Netherlands.

Barbato A. M.; Blatt C. R.; (sd). *A Responsabilidade Ambiental das Empresas através da Rotulagem de Produtos*. Universidade de Ensino Superior Vale Iguaçu – UNIGUAÇU.

Barbosa, G. S. (2008). *O Desafio do Desenvolvimento Sustentável*. Revista Visões. Vol 01. Edição 04. Jan.-Jun. 2008.

Bragança, L.; Mateus, R. (2006). *Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção*. PROMETEU. Edições Ecopy. Cap.2.

Brundtland, G. (1987). *Our Common Future*. The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University Press.

CAATEEB (2010). *Reglas Generales del Sistema DAPc de Declaraciones Ambientales de Producto en el Sector de la Construcción*. Março 2010. Barcelona.

Camargo, A. (2004). *Governança para o século 21*. In: Trigueiro, A. Meio Ambiente no século 21: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Sextante. Rio de Janeiro.

Capetillo, A.; Oliveira, C.; Pinto, A. R. (2010). Congresso de Inovação na Construção Sustentável, CINCOS'10. *A “Declaração Ambiental de Produto” como factor de sustentabilidade na construção*. Curia. Plataforma para a Construção Sustentável. pp.125-133.

Coelho, A.; Ramos, C. (2010). Congresso de Inovação na Construção Sustentável, CINCOS'10. *Aplicações da Análise de Ciclo de Vida na Avaliação Ambiental dos Produtos: esquemas de reconhecimento existentes*. Curia. Plataforma para a Construção Sustentável. pp.11-21.

Comissão Europeia (2008). *IP/08/80: Promover o crescimento e o emprego satisfazendo os nossos compromissos no domínio das alterações climáticas*. 23 Janeiro 2008. Bruxelas.

Consoli, F.; Allen, D.; Boustead, I.; Fava, J.; Franklin, W.; Jensen, A.; Oude, N.; Parrish, R.; Perriman, R.; Postlethwaite, D.; Quay, B.; Séguin, J.; Vigon, B. (1993). *Guidelines for Life Cycle Assessment: A "Code of Practice"*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education. Sesimbra, Portugal.

Corrêa, L. A. (1998). *Comércio e Meio Ambiente: actuação diplomática brasileira em relação ao selo verde*. Instituto Rio Branco: Fundação Alexandre de Gusmão. Brasília.

Dreyer, L. C.; Niemann, A. L.; Hauschild, M. Z. (2003). *Comparison of Three Different LCIA Methods: EDIP97, CML 2001 and Eco-Indicator 999. Does it matter which one you choose?* International Journal of LCA. Vol 8(4). pp.191-200.

Druszcz, M. T. (2002). *Avaliação dos Aspectos Ambientais dos Materiais de Construção Civil – uma revisão bibliográfica com estudo de caso do bloco cerâmico*. Dissertação de Mestrado em Construção Civil. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

Fava, J. *et al.* (1990). *A Technical Framework of Life Cycle Assessment*. Society of Environmental Toxicology and Chemistry: SETAC Foundation for Environmental Education. pp.119-128. Pensacola.

Ferrão, P. (1998). *Introdução à Gestão Ambiental: a avaliação do ciclo de vida de produtos*. Coleção Ensino da Ciência e Tecnologia. Editado pela IST PRESS. ISBN: 972-8469-05-05. Lisboa.

Ferreira, S. R. L. (2009). *O Pensamento do Ciclo de Vida como Suporte à Gestão dos Resíduos Sólidos da Construção e Demolição: exemplo no Distrito Federal e estudos de casos de sucessos no Brasil e no exterior*. Dissertação de Mestrado. Junho 2009. Brasil, Brasília.

Fukurozaki, S. H. (2011). *Avaliação do Ciclo de Vida de Potenciais Rotas de Produção de Hidrogénio: estudo dos sistemas de gaseificação da biomassa e de energia solar fotovoltaica*. IPEN. Tese de Doutorado em Tecnologia Nuclear - Materiais. São Paulo, Brasil.

Geodkoop, M.; Schryver, A. D.; Oele, M. (2006). *Introduction to LCA with SimaPro7*. PRé Consultants. Amersfoort.

Gomes, V. S. (2004). *Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios de Escritórios Brasileiros: directrizes e base metodológica*. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da

Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, Brasil.

Guinée, J. B. (2001). *Handbook on Life Cycle Assessment - Operational Guide to the ISO Standards*. Int. J. LCA 6 (5).

Harrington, H. J.; Knight, A. (2001). *A Implementação da ISO 14000: como actualizar o SGA com eficácia*. Atlas. São Paulo.

Heijungs, R.; Guinée, J. B.; Huppes, G.; Lankreijer, R. M; de Haes, H.; Sleeswijk, A. (1992). *Environmental Life Cycle Assessment of Products - Backgrounds and Guide LCA*. CML - Centre of Environmental Science. Leiden, Netherlands.

Inácio, M.; Oliveira, C.; Pinheiro, M.; Pinto, A. R. (2008). Congresso de Inovação na Construção Sustentável, CINCOS'08. *A metodologia da Avaliação do Ciclo de Vida na definição de Critérios de Sustentabilidade em Edifícios*. Curia. Plataforma para a Construção Sustentável. pp.293-306.

ISO 14025:2009. *Rótulos e Declarações Ambientais – Princípios e Procedimentos*. Agosto 2009.

ISO 14040:2006. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. Geneva, Suíça.

ISO 14041:1998. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Goal and Scope Definition - Inventory Analysis*. Geneva, Suíça.

ISO 14042:2000. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Impact Assessment*. Geneva, Suíça

ISO 14043:2000. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Life Cycle Interpretation*. Geneva, Suíça.



ISO 14044:2006. *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Requirements and Guidelines*. Geneva, Suíça.

ISO 21930:2007. *Sustainability in Building Construction – Environmental Declaration of Building Products*. Outubro 2007.

Kibert, Charles J. (1994). *Establishing Principles and a Model for Sustainable Construction*. In Kibert, C. J. ed. *Proceedings of the First International Conference on Sustainable Construction*. Tampa, FL. CIB Publications TG 16. Roterdão.

Kloppfer, W. (1997). *In defense of the cumulative energy demand (editorial)*. *International Journal of Life Cycle Assessment* 2. pp.61.

Lopez, D. A. R.; Moraes, J. A. R.; Preussler, M. F.; Vaz, M. (2003). *Rotulagem Ambiental – Um Estudo Sobre NR's , 1<sup>st</sup> International Workshop Advances in Cleaner Production*. Universidade de Santa Cruz do Sul. São Paulo, Brasil.

Maimon, D. (1996). *Passaporte Verde: gerência ambiental e competitividade*. Qualitymark. Rio de Janeiro.

Mateus, R.; (sd). *A Integração do Método LCA na Avaliação e Certificação da Construção Sustentável - avaliação do ciclo de vida na construção*. Escola de Engenharia. Universidade do Minho.

Ministério da Economia (2001). *Eficiência Energética e Energias Endógenas*. Resolução do Conselho de Ministros nº 154/2001, de 27 de Setembro. Ministério da Economia, Lisboa.

Moura, L. A. A. (2002). *Qualidade e Gestão Ambiental: sugestões para implantação das normas ISO 14000 nas empresas*. Juarez de Oliveira. São Paulo.

Pereira, P. I. (2009). *Construção Sustentável: o desafio*. Monografia. Universidade Fernando Pessoa. Porto.

Pinheiro, M. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente. Amadora, Portugal.

Pires, A. C.; Paula, M. C. S.; Villas Boas, R. C. (2005). *Avaliação de Ciclo de Vida: a ISO 14040 na América Latina*. ABIPTI. Brasília.

Presidência do Conselho de Ministros (2001). Resolução do Conselho de Ministros n.º 154/2001 – Aprova o Programa E4, Eficiência Energética e Energias Endógenas, Diário da República n.º 243/2001, série I – B de 19 de Outubro de 2001. pp.6648-6649.

Presidência do Conselho de Ministros (2003). Resolução do Conselho de Ministros n.º 63/2003 – Aprova as Orientações da Política Energética Portuguesa, Diário da República n.º 98/2003, série I – B de 28 de Abril de 2003. pp.2722-2731.

Presidência do Conselho de Ministros (2005). Resolução Conselho de Ministros n.º 169/2005 – Aprova a Estratégia Nacional para a Energia, Diário da República n.º 204/2005, série I – B de 24 de Outubro de 2005. pp.6168-6176.

Presidência do Conselho de Ministros (2010). Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010 – Aprova a Estratégia Nacional para a Energia 2020, Diário da República n.º 73/2010, série I – B de 15 de Abril de 2010. pp.1289-1296.

Ribeiro, C. M. *et al.* (2003). *Avaliação do Ciclo de Vida (ACV): uma ferramenta importante da ecologia industrial*.

Roodman, D. M.; Lenssen N. (1995). *A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction*. Worldwatch Paper 124. Worldwatch Institute. Março 1995. Washington, D.C, USA.

Santini, G. A.; Pinto, L. B. (2009). *Entraves à Consolidação do Brasil na Produção de Energias Limpas e Renováveis*. “2<sup>nd</sup> International Workshop Advances in Cleaner Production” – Key Elements for a Sustainable World: energy, water and climate change. São Paulo, Brasil. Disponível em:

[www.advancesincleanerproduction.net/.../G.%20A.%20Santini%20](http://www.advancesincleanerproduction.net/.../G.%20A.%20Santini%20)

Santo, H. E.; Amado, M. (2010). Congresso de Inovação na Construção Sustentável, CINCOS'10. *A Certificação da Construção Sustentável*. Curia. Plataforma para a Construção Sustentável. pp.413-419.

Santos, M. I. V. (2010). *Avaliação de Ciclo de Vida de Louça Cerâmica Sanitária*. Dissertação de mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Departamento de Engenharia Mecânica. Coimbra.

Santos, S. R; (sd). *Programas de Rotulagem Ambiental*. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - UFRGS. Porto Alegre, Brasil.

Sattler, M. A. (2007). *Princípios Norteadores das Atividades Desenvolvidas pela LECS*. Habitações de Baixo Custo mais Sustentáveis: a casa alvorada e o centro experimental de tecnologias habitacionais sustentáveis. HABITARE. Porto Alegre.

Saur, K. (1997). *Life Cycle Interpretation - A Brand New Perspective?* Int. J.LCA. Vol 2 (1). pp.8-10. Ecomed. Landsberg, Germany.

Silva, A. C. F. C. (2008). *Aplicação de Ferramentas de Análise do Ciclo de Vida na Sustentabilidade da Construção – Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro. Aveiro.

Sodré, M. G. (1997). *Consumidor e a Rotulagem Ambiental*. Disponível em: <http://ftp.unb.br/pub/UNB/admin/reciclagem/Cempre%20-%20n%BA%2034%20%20junho-1997.doc> [visto em 20 Abr. 2011].

Software SimaPro. Disponível em:

[www.pre.nl](http://www.pre.nl)

Sonneman, G. (2002). *Environmental Damage Estimations in Industrial Process Chains: methodology development with on waste incineration and special focus on human health*.

Tese de Doutorado. Universitat Rovira Virgili. Espanha.

Takeda, A. (2008). *Levantamento de Métodos de Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV) e Análise Comparativa dos Métodos mais Utilizados*. Tese de Graduação em Engenharia Ambiental. Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade São Paulo. Brasil.

The International EPD Cooperation, IEC (2008). *General Programme Instructions for Environmental Product Declarations, EPD*. Version 1.0.

Thrane, M.; Schmidt, J. (2006). *Life Cycle Assessment, LCA*. Life Cycle Assessment, Department of Development and Plainning. Aalborg University. Cap.4. Dinamarca.

Tibor, T.; Feldman, I. (1996). *ISO 14000: Um Guia para as Novas Normas de Gestão Ambiental*. Futura. São Paulo.

Uso na Rotulagem Ambiental. Disponível em:

[http://acv.ibict.br/uso/usoRotulagem.htm/document\\_view](http://acv.ibict.br/uso/usoRotulagem.htm/document_view) [visto em: 23 Abr., 2011].

# ANEXOS



## Anexo I – Declaração Ambiental de Produto

### 1. Informações relacionadas com o Programa

<b>Nome do programa:</b>	<i>International EPD®System</i>
<b>Operador do programa:</b>	<i>International EPD Consortium, IEC</i>
<b>Referência do documento PCR:</b>	.....
<b>Número de registo:</b>	.....
<b>Data de publicação:</b>	.....
<b>Validade:</b>	.....
<b>Período de referência:</b>	.....
<b>Mais informações sobre o programa:</b>	<a href="http://www.environdec.com">www.environdec.com</a>

### 2. Informações relacionadas com a empresa e descrição do produto

#### 2.1. Empresa

Este campo descreve sucintamente dados relativos à organização/empresa que elabora a DAP, tais como, a morada, o país, o website e os contactos da empresa. Por constituir conteúdo confidencial não se revelará o nome da organização/empresa, apenas se refere que os dados foram recolhidos de uma Empresa de Argamassas, localizada em Aveiro.

<b>Organização/Empresa:</b>	<i>Confidencial</i>
<b>Morada:</b>	<i>Confidencial</i>
<b>País:</b>	<i>Portugal</i>
<b>Website:</b>	<i>Confidencial</i>
<b>Contacto Telefónico:</b>	<i>Confidencial</i>
<b>Fax:</b>	<i>Confidencial</i>
<b>E-mail:</b>	<i>Confidencial</i>

## 2.2. Produto

<b>Definição do Produto:</b>	<i>Cimento-cola deformável melhorado com deslizamento reduzido e tempo aberto alongado para a aplicação de ladrilhos</i>
<b>Categoria do produto:</b>	<i>Argamassas</i>
<b>Aplicação:</b>	<i>Revestimento de pavimentos e paredes interiores e exteriores</i>
<b>Vida útil do produto:</b>	<i>50 anos</i>
<b>Propriedades:</b>	<i>Densidade: 1,4 kg/m<sup>2</sup> Cor: branco</i>
<b>Características:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Reacção ao fogo: Classe A<sub>2</sub>-S1.d<sub>0</sub></i></li> <li>- <i>Elevada tensão de aderência inicial à tracção: <math>\geq 1,5 \text{ N/mm}^2</math></i></li> <li>- <i>Elevada tensão de aderência à tracção após acção do calor: <math>\geq 2,0 \text{ N/mm}^2</math></i></li> <li>- <i>Elevada tensão de aderência à tracção após imersão em água: <math>\geq 1,0 \text{ N/mm}^2</math></i></li> <li>- <i>Elevada aderência à tracção após ciclos de gelo/degelo: <math>\geq 1,0 \text{ N/mm}^2</math></i></li> <li>- <i>Cimento-cola deformável: deformação transversal: <math>\geq 2,5 \text{ N/mm}^2</math> e <math>&lt; 5 \text{ mm}</math></i></li> <li>- <i>Deslizamento: <math>\leq 0,5 \text{ mm}</math></i></li> <li>- <i>Tempo aberto prolongado. Tensão de aderência à tracção: <math>\geq 1,0 \text{ N/mm}^2</math> (após não menos de 30 minutos)</i></li> </ul>
<b>Características Marcação CE</b>	<i>Cumpre os requisitos essenciais da Directiva 89/106/CEE, alterada pela Directiva 93/68/CEE, e está conforme o anexo ZA da norma NP EN 12004:2008</i>

Na Tabela I.1 exibem-se algumas características específicas das várias tipologias de Argamassa Cola existentes.



Tabela I.1: Classificação de Argamassas Cola (EN 12004)

Classe	Aderência (N/mm <sup>2</sup> )	Tempo aberto após (N/mm <sup>2</sup> )			Aderência à tracção após 24h (N/mm <sup>2</sup> )	Deslize (mm)
		10 min	20 min	30 min		
C2	≥1.0		≥0.5			
C2E	≥1.0			≥0.5		
C2T	≥1.0		≥0.5			≤0.5
C2F	≥1.0	≥0.5			≥0.5	
<b>C2TE</b>	<b>≥1.0</b>			<b>≥0.5</b>		<b>≤0.5</b>
C2FT	≥1.0	≥0.5			≥0.5	≤0.5

## 2.3. Identificação de materiais

### 2.3.1. Materiais e substâncias químicas

A Tabela I.2 apresenta o conteúdo dos materiais e substâncias químicas, associadas à fase de extracção e produção de 1Kg de argamassa cola.

Tabela I.2: Principais materiais utilizados para o fabrico de 1Kg de argamassa cola

Entradas/inputs	Quantidade/kg	Unidade
Cimento <i>portland</i>	$450 \times 10^{-3}$	kg
Areias	$478 \times 10^{-3}$	kg
Resinas	$50 \times 10^{-3}$	kg
Fibras de Celulose	$10,7 \times 10^{-3}$	kg
Sulfato de Ferro	$0,50 \times 10^{-3}$	kg
Bentonite	$3 \times 10^{-3}$	kg
Paletes	$8,3 \times 10^{-1}$	kg
Saco de Papel	$80,2 \times 10^{-3}$	kg
Plástico Extensível	1	kg

### 2.3.2. Electricidade

O consumo de electricidade, associado ao funcionamento dos equipamentos utilizados na produção de argamassa cola é de aproximadamente  $3,2 \times 10^{-3}$  kWh.

### **3.Declaração de desempenho ambiental**

#### **3.1.Metodologia**

A metodologia utilizada para calcular o desempenho ambiental foi a Análise do Ciclo de Vida (ACV), tal como as ISO 14040 e ISO 14044 preconizam e foi desenvolvida com um *software* específico, o *SimaPro7*.

A Avaliação de Impacte do Ciclo de Vida (AICV) foi realizada até à fase de caracterização, na metodologia prevista pela norma NP ISO 14040.

Foram seleccionados dois métodos de avaliação de impacte do *SimaPro7*. Assim sendo, o processo de análise de avaliação dos impactes ambientais foi conseguido com recurso ao método *Cumulative Energy Demand* (CED), para avaliação energética, e ao método CML 2001, abordagem *midpoint*, para a avaliação ambiental.

#### **3.2.Unidade de referência**

A unidade funcional deste produto é 1 m<sup>2</sup>, no entanto atendendo a que é uma declaração modular (tipo *cradle-to-gate*), considera-se como unidade de referência 1 quilograma de argamassa cola, que equivale a 1,4 Kg/m<sup>2</sup>, pelo que todos os materiais e consumos de energia são referentes a esta unidade (Kg).

#### **3.3.Fronteiras do sistema**

As fronteiras do sistema abrangem as fases de extracção e transporte de matérias-primas e ainda a fase de produção, sendo por isso uma avaliação *cradle-to-gate* (ou seja, do berço até à porta).

Foram excluídas das fronteiras do sistema fases como a de utilização/consumo dos edifícios, a de utilização dos equipamentos e, fase de fim de vida do produto.

A Figura I.1 ilustra o modelo de ciclo de vida referente à produção de 1Kg de argamassa cola.

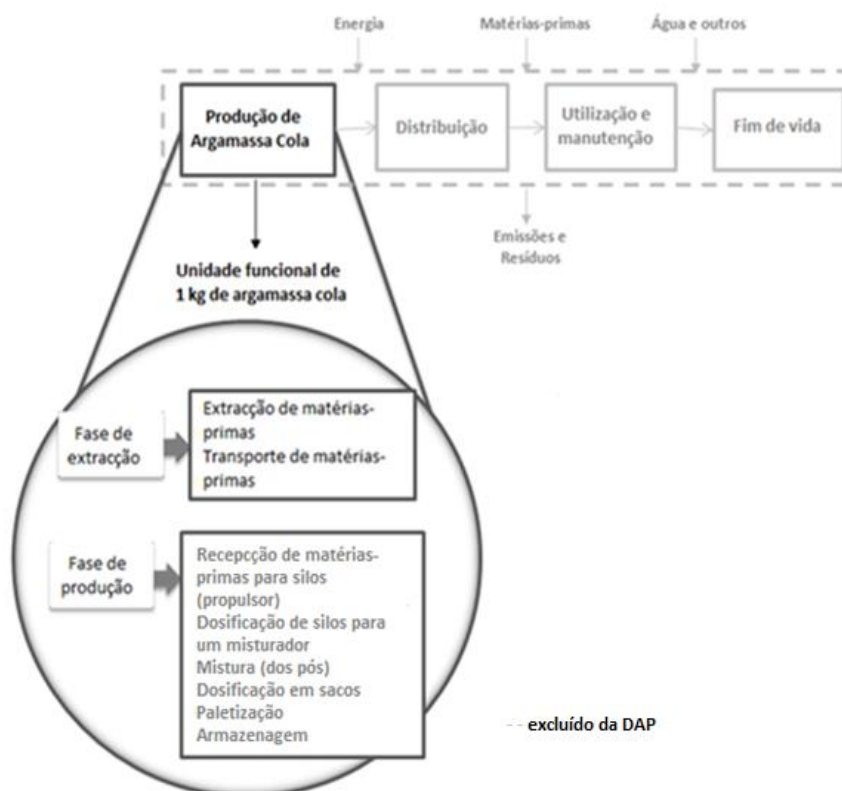


Figura I.1: Modelo do ciclo de vida da argamassa cola (adaptado de Santos, M., 2010)

### 3.4. Qualidade dos dados

Os dados foram recolhidos numa Empresa de Argamassas, localizada em Aveiro, e são representativos do ano de 2010. Foram ainda disponibilizados os dados de 2009 que serviram para aferir os dados de 2010 por unidade funcional.

Representam o consumo global, não sendo específicos de cada etapa do processo. São referentes à extração e produção da argamassa e incluem matérias-primas, materiais de embalagem, consumo de electricidade, transporte de matérias-primas e resíduos.

Foram ainda utilizados dados da base de dados *Ecoinvent*, devido à insuficiência de dados, principalmente por parte de fornecedores e informações específicas relativas do caso em estudo.

A origem das matérias-primas e materiais de embalagem foram determinados sobretudo com base de dados que reflectem a situação da Suíça. Todos os valores utilizados foram-no à escala real, embora as origens e proveniências se fundamentem nos padrões e tipologias de indústria Suíços. Também a tipologia de transportes foi baseada nos dados reais,

camiões de 25 toneladas, com os modelos de transporte da Suíça, que relacionam potenciais impactes em função da massa e distância de transporte.

### 3.5.Avaliação de impacte

#### 3.5.1.Potencial impacte ambiental

A Tabela I.3 mostra os dados obtidos relativamente ao potencial impacte ambiental na produção de 1Kg de argamassa cola.

Tabela I.3: Impacte potencial associado a 1Kg de argamassa cola

<b>Categoria de impacte</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor total</b>
Acidificação	Kg SO <sub>2</sub> -eq	1,36×10 <sup>-3</sup>
Eutrofização	Kg PO <sub>4</sub> -eq	2,54×10 <sup>-4</sup>
Aquecimento global (100 anos)	Kg CO <sub>2</sub> -eq	5,45×10 <sup>-1</sup>
Depleção da camada de ozono	Kg CFC-11 <sub>-eq</sub>	3,91×10 <sup>-8</sup>
Oxidação fotoquímica	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	4,51×10 <sup>-5</sup>

A contribuição relativa das matérias-primas, materiais de embalagem e transporte de matérias-primas para cada uma das categorias de impacte consideradas são apresentadas na Figura I.2.

Lê-se que o cimento *portland*, as resinas e o transporte de matérias-primas são os principais contribuintes para o impacte ambiental da argamassa cola.

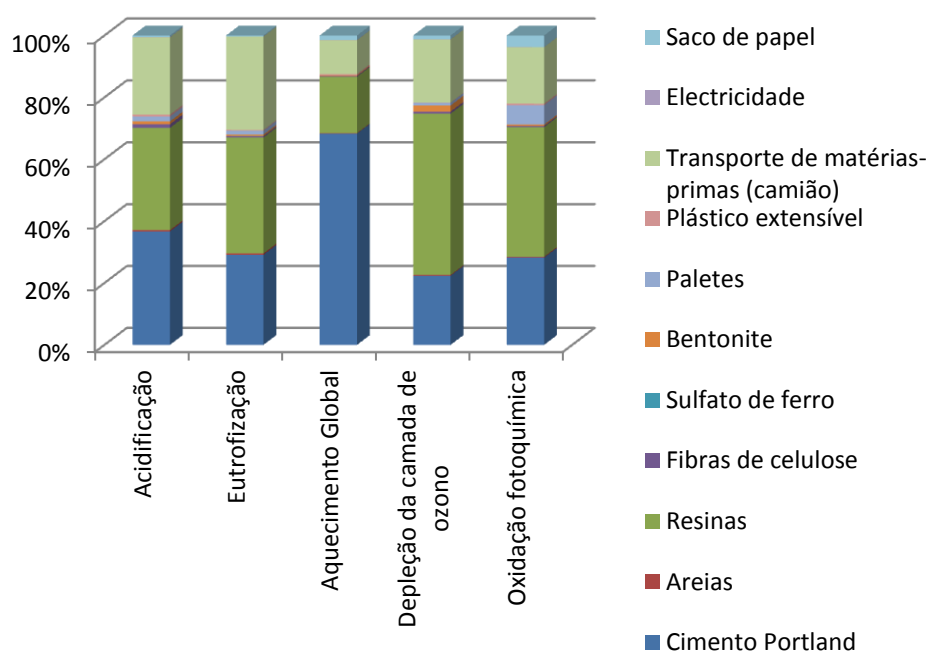


Figura I.2: Contribuição percentual de cada *input* para as categorias de impacto consideradas

### 3.5.2. Utilização de recursos e geração de resíduos na fase de fabrico

A Tabela I.4 descreve os resultados relativos à utilização dos recursos, renováveis e não-renováveis, com e sem conteúdo de energia. Os resíduos gerados na produção de 1Kg de argamassa cola visualizam-se na Figura I.4.

É perceptível que os recursos não renováveis de origem fóssil são os mais consumidos, sendo os recursos renováveis como a energia eólica, solar e geotérmica o tipo de recurso com menor requisição.

Tabela I.4: Utilização de recursos por 1Kg de argamassa cola

Recursos energéticos	Unidade	Valor total
Recursos não renováveis – fósseis	MJ <sub>-eq</sub>	4,512
Recursos renováveis – biomassa	MJ <sub>-eq</sub>	0,428
Recursos renováveis – vento, solar, geotérmica	MJ <sub>-eq</sub>	0,00838
Recursos renováveis – água	MJ <sub>-eq</sub>	0,141

A caracterização por tipo de *input*, do consumo de energia na produção de 1Kg de argamassa cola é apresentada na Figura I.3.

As resinas e o cimento cinza *portland*, são os maiores consumidores de energia. Em contrapartida as necessidades energéticas das areias, das fibras de celulose, bentonite, sacos de papel, paletes, plástico extensível, transporte de matérias-primas e electricidade, manifestam-se com pouca expressão.

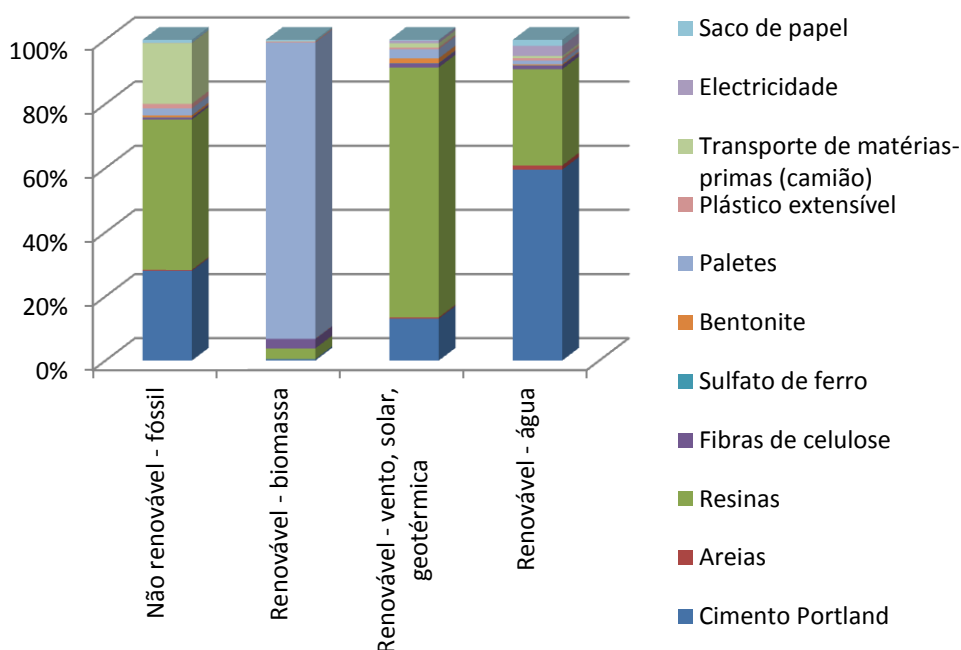


Figura I.3: Caracterização, por tipo de *input*, do consumo de energia

Os dados indicam que a maior parte das descargas efectuadas para o ambiente se referem a emissões classificadas na categoria de “resíduos totais”, logo seguidos pelos “resíduos não perigosos” e “resíduos não valorizados”. São ainda identificados, se bem com pouca significância, resíduos perigosos e resíduos valorizados.

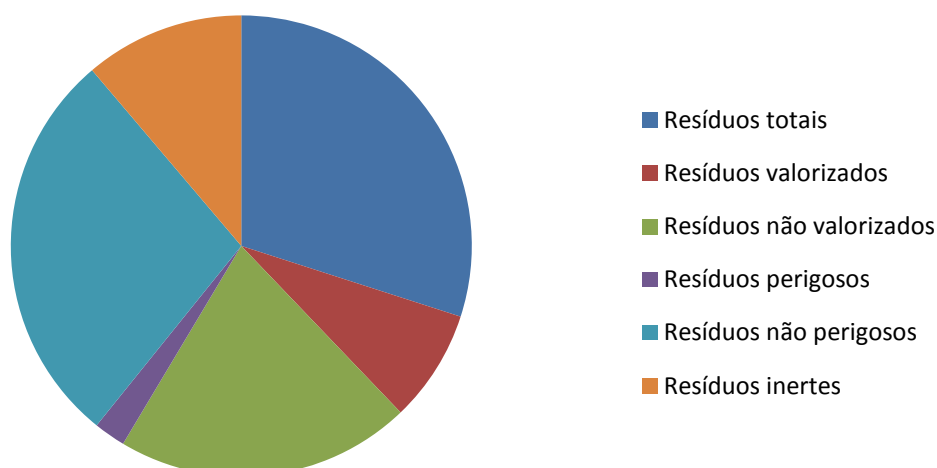


Figura I.4: Resíduos gerados por 1Kg de argamassa cola

#### 4. Informações sobre a empresa e organismo de verificação

<b>Contactos:</b>	<i>Nome da empresa:</i> ..... <i>Morada:</i> ..... <i>Telefone:</i> ..... <i>Website:</i> ..... <i>Fax:</i> ..... <i>E-mail:</i> ..... <i>Nome da pessoa a contactar:</i> .....
<b>Outros registos da empresa:</b>	<i>P.E: o registo de sistema de gestão ambiental, sistemas de qualidade ambiental</i>
<b>Organismo de certificação:</b>	<i>Nome do organismo que certificou:</i> ..... <i>Validade do certificado:</i> .....
<b>Outras informações:</b>	<i>Para se poder comparar DAP's dentro desta categoria de produto tem que ser com base em regras da categoria do mesmo produto do Sistema Internacional EPD. DAP's dentro da mesma categoria de produto, mas a partir de programas diferentes não podem ser comparáveis.</i>
<b>Site onde a DAP vai ficar disponível:</b>	.....

#### 5. Referências

Norma ISO 14020:2000. Rótulos e Declarações Ambientais – Princípios Gerais.

Norma ISO 14040:2006. Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Enquadramento.

Norma ISO 14044:2006. Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Requisitos e Linhas de Orientação.

Norma ISO 14025:2009. Rótulos e Declarações Ambientais – Declarações Ambientais Tipo III – Princípios e Procedimentos. Agosto 2009.

Norma ISO 21930:2007. Sustainability in Building Construction – Environmental Declaration of Building Products. Outubro 2007.