



**ISEL**

**INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA**  
**Área Departamental de Engenharia Civil**



## **Gestão Integrada de Resíduos de Construção e Demolição – Análise de Casos de Estudo**

**Cláudia Mendes Godinho**  
Licenciada em Engenharia Civil

Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil na Área de Especialização em Edificações

**Orientadores:**

Doutor Manuel Marques Inácio, Prof. Adjunto (ISEL)  
Engenheiro Rui Miguel David, DQA (OPWAY)

**Júri:**

Presidente: Doutor João Alfredo Santos, Prof. Coordenador (ISEL)

Vogais:

Mestre Carlos Manuel Martins, Eq, Prof. Adjunto (ISEL)  
Doutor Manuel Marques Inácio, Prof. Adjunto (ISEL)  
Engenheiro Rui Miguel David, DQA (OPWAY)

**Janeiro de 2011**

## RESUMO

A actividade de construção civil é responsável por grande parte dos resíduos produzidos, nomeadamente em obras de construção, demolições de edifícios ou derrocadas, operações de manutenção, restauro, remodelação e reabilitação de construções. A gestão dos resíduos deste sector, abreviadamente designada por resíduos de construção e demolição (RCD), passou a estar regulada, através de regime de operações de gestão de RCD. Este diploma, define entre outras, a responsabilidade dos vários intervenientes no processo de gestão de resíduos, fase de projecto, execução, transporte e recepção.

Com a evolução das preocupações ambientais da população e maior envolvência das empresas na contribuição para uma gestão integrada de resíduos, existe um crescente desenvolvimento de estudos no âmbito de caracterização de quantidades e tipos de resíduos produzidos pelo sector.

Neste contexto, e por ser importante uma economia integrada com a gestão de resíduos, os principais desafios passam pelo planeamento e preparação de Obra desde da fase de projecto à fase de execução, com vista à prevenção, redução, reutilização e valorização dos RCD.

O presente trabalho pretende contribuir para este desenvolvimento do sector, mais concretamente na obtenção de indicadores de resíduos de construção (RC), resíduos de demolição (RD) e caracterização da tipologia destes.

Para tanto, foi feita uma avaliação dos estudos desenvolvidos no âmbito de caracterização dos tipos de resíduos e indicadores de RC e RD, como método comparativo. Os indicadores deste estudo foram obtidos com base na análise de dados de casos de estudo, no caso concreto RC, de obras de estruturas, e RD de edifícios com execução de demolição selectiva.

Na parte final deste estudo apresentam-se algumas conclusões e recomendações.

**Palavras Chave:** Resíduos de Construção e Demolição (RCD), Indicadores de Resíduos de Construção (RC) e Resíduos de Demolição (RD), Prevenção; Reutilização; Triagem; Reciclagem.

## ABSTRACT

The construction industry is responsible for a great part of industrial waste, mainly through building works, demolitions or collapses, as well as building maintenance, restoration, renovation or rehabilitation operations. Waste management in this industry, known as construction and demolition waste (CDW), is now regulated by CDW rules of management operations. This decree defines, among other matters, the responsibility of the various actors involved in waste management, project stage, execution, transport and reception.

With the evolution of population environmental concerns, plus the larger company participation towards the contribution to an integrated waste management, there is an increasing development of studies concerning the characterization of types and quantities of waste produced by this industry.

In this framework, and considering the importance of an integrated economy that includes waste management, the main tasks have to do with Construction Work planning and preparation from project stage to implementation stage, towards CDW prevention, reduction, reusing and enhancement.

The current work aims to contribute towards this sector's development, especially by obtaining indicators of construction waste (CW), demolition waste (DW) and characterization of these types.

Towards this purpose, an assessment was made of the studies within the characterization of waste types, in addition to CW and DW indicators, as comparative method. The Indicators presented in this study were obtained by means of analysis of data from case studies concerning structure works – in the CW case –, and concerning buildings in which selective demolition was performed – in the DW case.

In the final part of this study some conclusions and recommendations are offered.

**Key Words:** Construction and Demolition Waste (CDW); Construction Waste Indicators (CW); Demolition Waste (DW); Prevention; Reuse; Screening; Recycling.

## **AGRADECIMENTOS**

Apesar de uma dissertação ser um trabalho individual devido ao seu objectivo académico, há sempre contributos de natureza diversa que não podem deixar de ser mencionados, pelo que expresso aqui os meus sinceros agradecimentos a todos os que contribuíram para este trabalho.

Um agradecimento especial é devido ao Professor Manuel Marques Inácio e ao Engenheiro Rui Miguel David que desde logo aceitaram a orientação deste trabalho, pela disponibilidade sempre revelada, pelas críticas, correcções e sugestões relevantes feitas durante a orientação e, sobretudo pela amizade e confiança demonstradas.

Ao Engenheiro Miguel Gama, pelo incansável apoio moral, orientação e permanente disponibilidade, me permitiram encontrar informações e soluções que em muito contribuíram para a execução desta tese.

Aos meus colegas do Mestrado, pela excelente relação pessoal que criamos e pela ajuda e intercâmbio de ideias e informação para a elaboração deste trabalho, em especial à Engenheira Carmen Lima, pelas informações prestadas, ao dr. João Caixinhas, por toda a colaboração e apoio.

Aos meus amigos que me foram perguntando pelo trabalho e que me foram estimulando pela confiança em mim depositada, fazendo-me acreditar que era possível chegar ao fim com sucesso.

À minha família, pelo apoio incondicional que me deram, em especial ao meu marido, aos meus pais, irmãs, sobrinhos e cunhado pela paciência e carinho com que sempre me ouviram e a sensatez com que sempre me apoiaram e ajudaram.

Por fim gostaria de estender os meus agradecimentos a todos aqueles que anonimamente me foram ajudando, fornecendo informações ideias e críticas, algumas das quais essenciais para a prossecução deste trabalho.

## ÍNDICE GERAL

RESUMO .....	i
ABSTRACT .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	vi
INDICE DE QUADROS .....	viii
SIGLAS E ABREVEVIATURAS .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA .....	1
1.2 ENQUADRAMENTO DA EMPRESA .....	1
1.3 OBJECTIVO DO TRABALHO .....	5
1.4 METODOLOGIA .....	5
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	6
2. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO .....	8
3. REVISÃO DA LITERATURA .....	15
3.1 ESTADO DA ARTE .....	16
3.1.1 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA UNIÃO EUROPEIA .....	16
3.1.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM PORTUGAL .....	22
4. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....	24
5. CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	27
5.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	28
5.2 RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO .....	29
5.3 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	30
6. GESTÃO INTEGRADA DE RCD .....	35
6.1 HIERARQUIA DE GESTÃO DE RESÍDUOS .....	35
6.2 MATERIAIS/TIPOLOGIAS DE RESÍDUOS .....	36
6.3 PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	39

6.4	DESCONSTRUÇÃO/DEMOLIÇÃO SELECTIVA.....	41
6.5	ACONDICIONAMENTO, TRIAGEM E TRANSPORTE .....	44
6.6	OPERADORES DE GESTÃO DE RESÍDUOS .....	48
7.	CASOS DE ESTUDO.....	51
7.1	CASOS DE ESTUDO 1 .....	53
7.1.1	GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	56
7.1.2	GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO .....	60
7.1.3	PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	70
7.2	CASOS DE ESTUDO 2 .....	71
7.2.1	GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO .....	73
7.2.2	GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO .....	76
7.2.3	PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	80
7.3	CASOS DE ESTUDO 3 .....	81
7.3.1	GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO.....	82
7.4	ANÁLISE DE RESULTADOS .....	85
7.4.1	Análise SWOT .....	88
8.	CONCLUSÃO .....	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	94
	ANEXOS.....	96

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – VALORES DA OPWAY .....	2
FIGURA 1.2 – OBRAS EMBLEMÁTICAS .....	4
FIGURA 3.1 – PERCENTAGEM DE RCD NOS VÁRIOS PAÍSES EU-15 (AEA).....	17
FIGURA 3.2 – PERCENTAGEM DE RCD NOS VÁRIOS PAÍSES EU-27 (ETC, 2009).....	19
FIGURA 3.3 – PERCENTAGEM E TIPO DE RESÍDUOS NA FASE DE ESTRUTURAS TIPO (A) (ITEC, 2000)..	21
FIGURA 3.4 – PERCENTAGEM E TIPO DE RESÍDUOS NA FASE DE ESTRUTURAS TIPO (B) (ITEC, 2000)..	21
FIGURA 4.1 – PILARES DA SUSTENTABILIDADE .....	24
FIGURA 4.2 – CICLO DE VIDA DA CONSTRUÇÃO (FIGURA RETIRADA DO SITE LIDERA).....	25
FIGURA 6.1 – HIERARQUIA DA GESTÃO DE RCD.....	35
FIGURA 6.2 – HIERARQUIA DA GESTÃO DE RCD E METODOLOGIAS E PRÁTICAS A ADOPTAR NAS FASES DE PROJECTO E OBRA .....	35
FIGURA 6.3 – HIERARQUIA DA GESTÃO DE RESÍDUOS PARA A DEMOLIÇÃO E OPERAÇÕES DE CONSTRUÇÃO (NUTAU, 2006).....	42
FIGURA 6.4 – ORDEM DE DEMOLIÇÃO DE EDIFÍCIO (MANUAL DE DESCONSTRUCCIÓN, 1995).....	44
FIGURA 6.5 – ESQUEMA DE ESTRUTURA DE GESTÃO DE RESÍDUOS EM OBRA .....	44
FIGURA 6.6 – FORMAS DE ACONDICIONAMENTO EM OBRA.....	46
FIGURA 6.7 – ESQUEMA DE ESTRUTURA DE GESTÃO DE RESÍDUOS APÓS ENTREGA DE RCD EM OPERADOR LICENCIADO.....	48
FIGURA 6.8 – SEQUÊNCIA DE TRIAGEM NAS INSTALAÇÕES DE OPERADOR LICENCIADO. ....	49
FIGURA 6.9 – RCD INERTES .....	49
FIGURA 7.1 – ESQUEMA DO CASO DE ESTUDO 1 E 2 .....	52
FIGURA 7.2 – ESQUEMA DO CASO DE ESTUDO 3 .....	52
FIGURA 7.3 – EDIFÍCIO NOVO <i>BUSGATE</i> NORTE - CASO DE ESTUDO 1 .....	54
FIGURA 7.4 – COFRAGEM METÁLICA EM PILARES - CASO DE ESTUDO 1.....	55
FIGURA 7.5 – COFRAGEM TRADICIONAL - CASO DE ESTUDO 1 .....	55
FIGURA 7.6 – MESAS DE COFRAGEM - CASO DE ESTUDO 1.....	56
FIGURA 7.7 – AÇO PRÉ-MOLDADO - CASO DE ESTUDO 1 .....	56
FIGURA 7.8 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO E PERCENTAGEM DE RC – CASO ESTUDO 1 .....	58
FIGURA 7.9 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DOS RC “DIVERSOS” - CASO DE ESTUDO 1.....	59
FIGURA 7.10 – EDIFÍCIO <i>GROUNDFORCE</i> .....	60
FIGURA 7.11 – EDIFÍCIO 17.....	61
FIGURA 7.12 – SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA (17 02 01) (ESQ.), RESÍDUOS DE LÂMPADAS FLUORESCENTES (20 01 21*) (DIR.).....	62
FIGURA 7.13 – DEMOLIÇÃO COM MEIOS MECÂNICOS.....	62

FIGURA 7.14 – FRAGMENTAÇÃO DE RESÍDUOS E SEPARAÇÃO POR TIPOLOGIA .....	63
FIGURA 7.15 – BRITAGEM DE RESÍDUOS DE INERTES .....	64
FIGURA 7.16 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RD EDIFÍCIO DA PORTWAY – CASO ESTUDO 1 .....	65
FIGURA 7.17 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RD EDIFÍCIO DA GROUNDFORCE E EDIFÍCIO 17 – CASO ESTUDO 1 .....	66
FIGURA 7.18 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RD DIVERSOS - EDIFÍCIO DA GROUNDFORCE E EDIFÍCIO 17 – CASO ESTUDO 1.....	67
FIGURA 7.19 – SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS MISTURA DE RCD – CASO ESTUDO 1.....	68
FIGURA 7.20 – SEPARAÇÃO DE RESÍDUOS DE MADEIRA – CASO ESTUDO 1.....	68
FIGURA 7.21 – RECICLAGEM DE RESÍDUOS INERTES – CASO ESTUDO 1.....	69
FIGURA 7.22 – GRÁFICO DE CENÁRIO 1 – CASO ESTUDO 1.....	69
FIGURA 7.23 – FÓRUM SINTRA - CASO ESTUDO 2 .....	72
FIGURA 7.24 – COFRAGEM DE PILARES - CASO DE ESTUDO 2.....	72
FIGURA 7.25 – SISTEMA DE COFRAGEM - CASO DE ESTUDO 2.....	73
FIGURA 7.26 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RC EM PERCENTAGEM - CASO ESTUDO 2 .....	74
FIGURA 7.27 – DEMOLIÇÃO DE UM PILAR – CASO ESTUDO 2.....	75
FIGURA 7.28 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RC “DIVERSOS” EM PERCENTAGEM – CASO ESTUDO 2 .	76
FIGURA 7.29 – EDIFÍCIO FEIRA NOVA – CASO ESTUDO 2.....	76
FIGURA 7.30 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RD EM PERCENTAGEM – CASO ESTUDO 2 .....	78
FIGURA 7.31 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RD “DIVERSOS” EM PERCENTAGEM – CASO ESTUDO 2 .	79
FIGURA 7.32 – GRÁFICO DE CENÁRIO 1 – CASO ESTUDO 2.....	80
FIGURA 7.33 – EDIFÍCIO HOSPITALAR - CASO ESTUDO 3 .....	81
FIGURA 7.34 – GRÁFICO DE COMPOSIÇÃO DE RC, EM PERCENTAGEM E TIPO DE RESÍDUO - CASO ESTUDO 3 .....	83
FIGURA 7.35 – CONTENTOR COM RESÍDUOS DE MISTURA DE BETÃO E TIJOLO (17 01 07) .....	84
FIGURA 7.36 – ANÁLISE SWOT (WIKIPÉDIA).....	89

## INDICE DE QUADROS

QUADRO 3.1 – QUANTIDADE DE RCD (T) POR CAPITA NA EU-27 (ETC, 2009).....	17
QUADRO 3.2 – PERCENTAGEM DE RECICLAGEM DE RCD NOS PAÍSES DA EU (ETC, 2009). .....	18
QUADRO 3.3 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO (RC) (ITEC, 2000). .....	20
QUADRO 3.4 – QUANTIDADE DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO (RD) (ITEC, 2000). .....	21
QUADRO 3.5 – ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE RCD EM PORTUGAL (LIMA, 2008). .....	22
QUADRO 3.6 – ÍNDICES DE RESÍDUOS, SEPÚLVEDA & JALALI (MIRANDA, 2009). .....	23
QUADRO 5.1 - TIPO DE RCD E PERCENTAGEM NO ESPAÇO COMUNITÁRIO (RUIVO E VEIGA, 2004)....	27
QUADRO 5.2 – MATERIAIS CONSTITUINTES NOS RCD .....	28
QUADRO 5.3 - COMPOSIÇÃO DE RESÍDUOS DE NOVAS CONSTRUÇÕES (RUIVO E VEIGA, 2004). .....	29
QUADRO 5.4 - ESTIMATIVA DE CONSTITUIÇÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO DE EDIFÍCIOS NA UE... 30	
QUADRO 5.5 – LISTA EUROPEIA DE RESÍDUOS – CAPITULO 15 E 17 .....	31
QUADRO 6.1 – PRINCIPAIS FONTES DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS INERTES .....	36
QUADRO 6.2 – PRINCIPAIS FONTES DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS .....	38
QUADRO 6.3 – PRINCIPAIS FONTES DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS PERIGOSOS .....	39
QUADRO 6.4 – QUADRO DE ESTIMATIVA DE RCD DO PPG (MODELO DA APA) .....	40
QUADRO 6.5 – ETAPAS DA FASE DE DESMANTELAMENTO DA DEMOLIÇÃO SELECTIVA (RUIVO E VEIGA, 2004).....	43
QUADRO 7.1 – ÁREAS E PERCENTAGENS DAS FASES DA OBRA – CASO ESTUDO 1 .....	54
QUADRO 7.2 – QUANTIDADE DE MATERIAIS UTILIZADOS – CASO ESTUDO 1 .....	54
QUADRO 7.3 – INDICADOR DE REFERÊNCIA DE QUANTIDADE DE RC – CASO ESTUDO 1 .....	57
QUADRO 7.4 – INDICADORES DE REFERÊNCIA PARA COMPARAÇÃO DE QUANTIDADE DE RC .....	57
QUADRO 7.5 – COMPOSIÇÃO E PERCENTAGEM DE RC – CASO ESTUDO 1 .....	58
QUADRO 7.6 – ÁREAS DE DEMOLIÇÃO – CASO ESTUDO 1 .....	61
QUADRO 7.7 – QUANTIDADE EM PESO E VOLUME DE RD – CASO ESTUDO 1 .....	64
QUADRO 7.8 – INDICADORES DE REFERÊNCIA DE QUANTIDADE DE RD – CASO ESTUDO 1 .....	65
QUADRO 7.9 – COMPOSIÇÃO DE RD DO EDIFÍCIO PORTWAY – CASO ESTUDO 1 .....	65
QUADRO 7.10 – COMPOSIÇÃO DE RD DO RAMPA – CASO ESTUDO 1 .....	66
QUADRO 7.11 – COMPOSIÇÃO DE RD EDIFÍCIO DA GROUNDFORCE E DO EDIFÍCIO 17 – CASO ESTUDO 1 .....	66
QUADRO 7.12 – PPG - INCORPORAÇÃO DE RECICLADOS – CASO ESTUDO 1 .....	70
QUADRO 7.13 – QUANTIDADE DE MATERIAIS APLICADOS – CASO ESTUDO 2.....	72
QUADRO 7.14 – INDICADOR DE REFERÊNCIA DA QUANTIDADE DE RC – CASO ESTUDO 2.....	73
QUADRO 7.15 – COMPOSIÇÃO DE RC, EM QUANTIDADE E TIPO DE RESÍDUO - CASO ESTUDO 2 .....	74
QUADRO 7.16 – INDICADOR DE REFERÊNCIA DE QUANTIDADE DE RD – CASO ESTUDO 2 .....	77

QUADRO 7.17 – COMPOSIÇÃO DE RD DO EDIFÍCIO – CASO ESTUDO 2.....	78
QUADRO 7.18 – REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS - CASO ESTUDO 2 .....	81
QUADRO 7.19 – QUANTIDADE DE MATERIAIS APLICADOS – CASO ESTUDO 3.....	82
QUADRO 7.20 – INDICADOR DE REFERÊNCIA DE QUANTIDADE DE RC – CASO ESTUDO 3 .....	83
QUADRO 7.21 – COMPOSIÇÃO DE RC, EM QUANTIDADE E TIPO DE RESÍDUO - CASO ESTUDO 3 .....	83
QUADRO 7.22 – RESUMO DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS DOS CASOS DE ESTUDO .....	85
QUADRO 7.23 – PERCENTAGEM DE RESÍDUOS EM RELAÇÃO AOS MATERIAIS APLICADOS (FERRO E AÇO) .....	85
QUADRO 7.24 – PERCENTAGEM DE RESÍDUOS EM RELAÇÃO AOS MATERIAIS APLICADOS (BETÃO) .....	86
QUADRO 7.25 – INDICADOR DE REFERÊNCIA, ESTUDO ITEC, 2000 .....	86
QUADRO 7.26 – RESUMO DE INDICADORES DE RC .....	86
QUADRO 7.27 – RESUMO DE QUANTIDADES DE RC .....	87
QUADRO 7.28 – RESUMO DE INDICADORES DE REFERÊNCIA DE RD .....	88

## **SIGLAS E ABREVEVIATURAS**

ACE – Agrupamento Complementar de Empresas  
ANA – Aeroporto de Lisboa  
AEA – Agência Europeia do Ambiente  
APA – Agência Portuguesa do Ambiente  
APCER – Associação Portuguesa de Certificação  
CCP – Códigos de Contratos Públicos  
CEIFA – Centro de Estudos, Informação e Formação para o Ambiente  
CIRVER – Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos  
DO – Dono de Obra  
DS – Demolição Selectiva  
EEE – Equipamento Eléctrico e Electrónico  
EIA – Estudo de Impacte Ambiental  
EPA – Environmental Protection Agency (EUA)  
ETC – European Topic Centre on Resource and Waste Management  
GAR – Guia de Acompanhamento de Resíduos  
GARRCD – Guia de Acompanhamento de Resíduos de Construção e Demolição  
IDI – Investigação Desenvolvimento e Inovação  
INE – Instituto Nacional de Estatística  
INR – Instituto de Resíduos  
IST – Instituto Superior Técnico  
ITEC – Institut de Tecnologia de la Construcción de Catalunya  
LER – Lista Europeia de Resíduos  
LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil  
NESDE – Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas  
OPCA - Obras Públicas e Cimento Armado, S.A  
OPWAY – OPWAY Engenharia, SA  
PERSU – Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos  
PESGRI – Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais  
PGE – Plano de Gestão de Empreitada  
PPG – Plano de Prevenção e Gestão de RCD  
SIRAPA – Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa de Ambiente  
SIRER – Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos  
SOPOL – Sociedade Geral de Construções e Obras Públicas, S.A  
SGA – Sistema de Gestão Ambiental

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RC – Resíduos de Construção

RD – Resíduos de Demolição

REEE – Resíduos de Equipamento Eléctrico e Electrónico

RJUE – Regulamento Jurídico da Urbanização e Edificação

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

Wambuco – Waste Manual for Bulding Construction

## **1. INTRODUÇÃO**

### **1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA**

O interesse por este tema inicia após a colaboração com uma empresa pública para a qual foi necessária a elaboração de um Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos (PPG) de Construção e Demolição (RCD) para os projectos em curso no ano de 2008.

Devido a alguma dificuldade na obtenção de informação sobre este tema, surgiu a necessidade de aprofundar os conhecimentos nesta área contribuindo para o desenvolvimento do conhecimento na área de Gestão de RCD numa perspectiva de maior sustentabilidade no sector da construção civil em Portugal.

No decorrer da pesquisa de empresas para a recolha de dados, surgiu a oportunidade de colaborar com a empresa de construção OPWAY, Engenharia SA., onde serão analisados três casos de estudo.

A aprovação do Código dos Contratos Públicos – CCP, pelo Decreto-Lei n.º18/2008, conjugado com o Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março dos Resíduos de Construção e Demolição, veio estabelecer a obrigatoriedade da execução de um Plano de Prevenção e Gestão de RCD como parte integrante do Projecto Execução.

Desta forma, o sector de RCD passa a ser regulamentado e mais controlado por parte das entidades intervenientes no processo de produção de resíduos, desde do Dono de Obra (DO) e projectista na fase de projecto à entidade executante e operadores de gestão.

O conceito de uma gestão integrada de resíduos está relacionado, não só com a gestão de resíduos, isto é operações de recolha, transporte, valorização e eliminação de resíduos, e monitorização dos locais de descarga e planeamento destas operações, mas também está associado à hierarquia de prioridades estabelecida pela política Comunitária em matéria de resíduos. Esta hierarquia traduz-se na redução, reutilização, reciclagem, outros tipos de valorização, e eliminação.

### **1.2 ENQUADRAMENTO DA EMPRESA**

A Empresa OPWAY, Engenharia S.A (abaixo designada por OPWAY), é uma empresa de construção civil e obras públicas, resultado da fusão, concretizada em Janeiro de 2008, das empresas OPCA - Obras Públicas e Cimento Armado, S.A. e da SOPOL – Sociedade Geral de Construções e Obras Públicas, S.A.

A OPWAY tem no seu plano estratégico o aumento da participação da empresa no mercado internacional. Com esse objectivo em mente e a título de exemplo, reforçaram a presença e alargaram

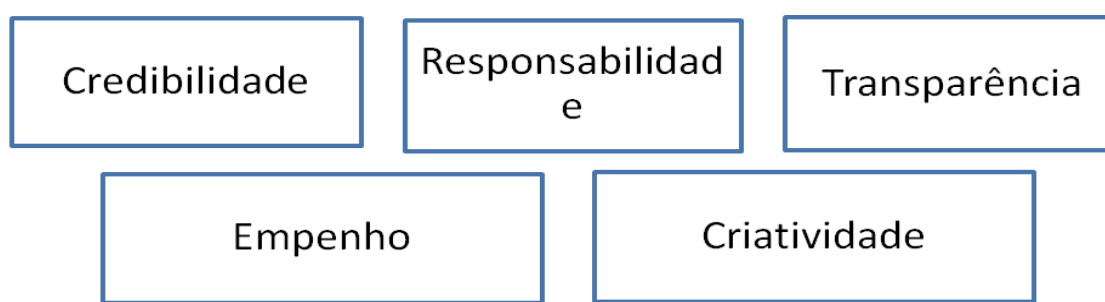
a área de actuação em Angola, Moçambique, Cabo Verde, Argélia, México, Brasil e na Colômbia. (Relatório de Contas OPWAY, 2009)

#### A Visão OPWAY

“Integrar de forma estável um líder numa base geográfica relevante, de excelência na montagem e execução de negócios com construção e crescendo para novos mercados internacionais.

Aspiração última é antecipar as necessidades da sociedade, ajudando-a a criar novos projectos e a concretizá-los com sustentabilidade, em que a construção representa uma importante componente de um conjunto mais amplo de actividades.” (Manual de Gestão OPWAY, 2010).

Para que a estratégia da OPWAY seja bem sucedida, definiu-se um conjunto de valores:



**Figura 1.1 – Valores da OPWAY**

A OPWAY., com base na sua Visão e nos Valores de todos os seus colaboradores estabeleceu a sua Missão:

*“Seremos excelentes e fiáveis a construir, adaptáveis a novas geografias e culturas organizacionais...  
... visionários e empreendedores nas soluções que propomos, cooperantes activos em redes  
Multidisciplinares, economicamente impactantes e benéficos para a sociedade”*

A empresa é constituída por aproximadamente 780 colaboradores e aposta no crescimento constante tendo traçado um objectivo para 2009, de atingir um volume de negócios de 542 milhões de euros.

Trata-se de uma empresa certificada nos sistemas de gestão da qualidade, ambiente, segurança e investigação desenvolvimento e inovação (IDI), pela APCER, de acordo com os referenciais normativos NP EN ISO 9001:2008 (Qualidade), NP EN ISO 14001:2004 (Ambiente), NP 4397:2001 e OHSAS 18001:2007 (Segurança), NP 4457:2007 (IDI).

Os Sistemas de Gestão da OPWAY, Engenharia S.A., assentam nos seguintes princípios:

- Satisfação das expectativas e requisitos dos nossos clientes;
- Liderança e comprometimento da gestão de topo, promovendo o envolvimento de todos os colaboradores;
- Gestão da actividade da empresa suportada na medição de objectivos estratégicos que permitem a tomada de decisões baseadas em factos;
- Relação aberta e responsável com as partes interessadas e parceiros de negócio;
- Promoção do desenvolvimento sustentável, com clara orientação para a qualidade, ambiente e segurança, visando a melhoria contínua e a inovação;
- Cultura de responsabilidade social, qualidade, ambiente e segurança, orientada para a melhoria contínua e inovação;
- Cumprimento de toda a legislação aplicável à actividade.

O modelo de gestão abrange todos os sectores de actividade da OPWAY, garantindo maior rigor e eficiência da gestão da empresa e maior credibilidade face ao cliente e de todas as partes interessadas, através da implementação de rotinas que promovam a satisfação.

Em obra, o sistema é implementado, através do Plano de Gestão da Empreitada (PGE) que define a estratégia para implementação do sistema de gestão da qualidade e ambiente. Este plano, tem como objectivos:

- Fazer cumprir a política de gestão;
- Definir a organização da obra - responsabilidades e competências dos colaboradores afectos à obra;
- Implementar medidas de forma a garantir a execução adequada da empreitada de acordo com os requisitos legais e contratuais.
- Estabelecer e atingir os objectivos e metas da obra, através da implementação no plano de objectivos da obra;
- Integração de fornecedores e subempreiteiros no sistema de gestão da OPWAY;
- Identificar e avaliar os aspectos ambientais significativos da obra para o ambiente.

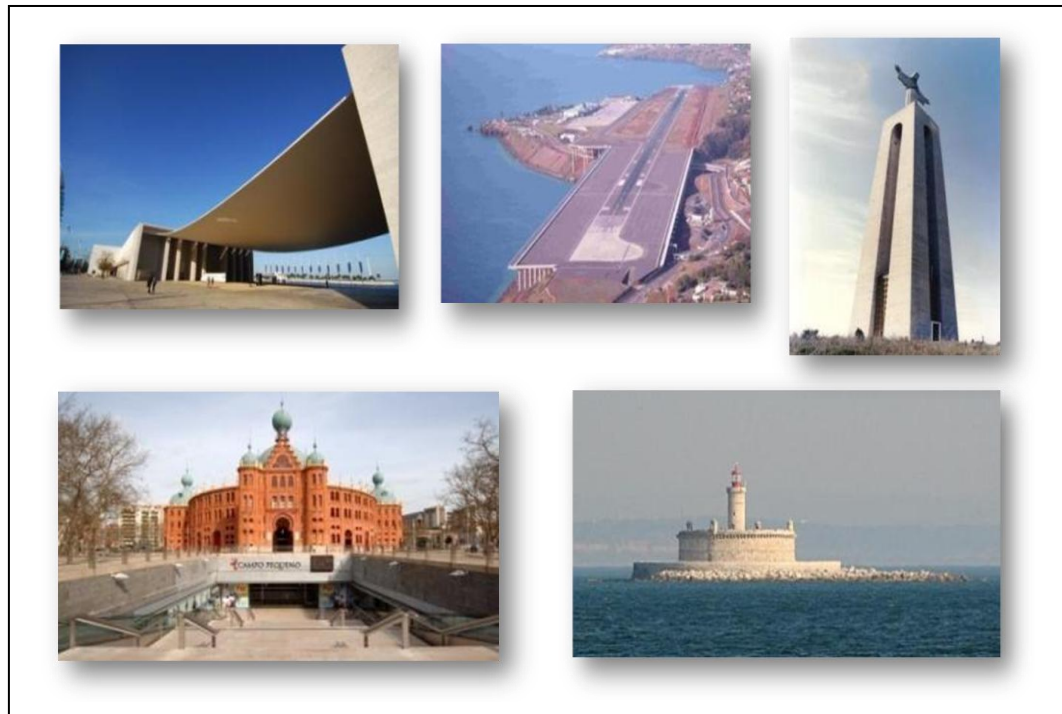
A OPWAY, consciente que a actividade de construção é responsável por impactes ambientais, e de forma a minimizar os impactes negativos que a actividade tem no meio ambiente, procede ao levantamento de aspectos ambientais significativos. Uma parte significativa destes aspectos ambientais é derivada do consumo de matéria-prima e produção de RCD.

A OPWAY, orienta os esforços da equipa da qualidade e ambiente, para uma integração mais abrangente dos subempreiteiros e fornecedores, através de um maior envolvimento, responsabilização e participação na implementação dos sistemas gestão da qualidade e ambiente nas obras.

Como forma de garantir o sucesso deste objectivo, a OPWAY, promove, em todas as suas obras, acções de sensibilização/formação a todos os subempreiteiros e a realização de auditorias a subempreiteiros seleccionados. A formação ambiental é a primeira ferramenta destinada a dotar os colaboradores do conhecimento imprescindível a esta área. Esta formação dirige-se aos colaboradores da OPWAY e subempreiteiros, e abrange a legislação ambiental, as auditorias ambientais, os aspectos ambientais dos materiais de construção, o ciclo de produção dos resíduos, entre outros.

No que se refere à problemática dos RCD, com a introdução do diploma dos RCD a OPWAY, definiu como um desafio, gerir, prevenir e reciclar e estabeleceu como objectivo reencaminhar 75% de resíduos de forma segregada, permitindo apenas 25% de mistura de RCD, com o código 17 09 04, tendo atingido o objectivo.

A figura seguinte apresenta algumas obras emblemáticas em que a empresa esteve envolvida, nomeadamente, Pavilhão de Portugal, Ampliação do Aeroporto do Funchal, Estátua do Cristo Rei, Campo Pequeno e Forte do Bugio.



**Figura 1.2 – Obras Emblemáticas**

### **1.3 OBJECTIVO DO TRABALHO**

O objectivo desta dissertação é analisar a gestão de resíduos de construção e demolição, do ponto de vista das empresas de construção, visando uma perspectiva de gestão integrada.

Pretende-se igualmente obter indicadores de referência de quantidades e tipos de resíduos de construção e demolição, por fases de construção, particularmente a fase de estruturas. Os indicadores obtidos servirão de base para estimar com maior rigor a produção de resíduos durante a fase de orçamentação de futuras obras da empresa.

### **1.4 METODOLOGIA**

O presente trabalho assenta sobre quatro etapas, tendo-se utilizado como metodologia o recurso a realização de várias tarefas. A primeira etapa caracteriza-se pela recolha de informação, revisão da literatura, estado da arte ao nível europeu e nacional, análise e verificação de legislação aplicável.

Nesta fase serão utilizadas pesquisas bibliográficas, consulta de trabalhos e estudos realizados sobre esta matéria, revistas de informação técnica e científica e fontes disponíveis na internet, a qual serve de enquadramento teórico a toda a investigação realizada. Na revisão bibliográfica são abordados os diversos temas considerados relevantes para o desenvolvimento deste estudo.

A segunda etapa caracteriza-se pelo contacto e análise de informação de especialistas, para um melhor conhecimento e esclarecimento de dúvidas. Optou-se por conversas com especialistas na área de resíduos em várias áreas, empresas de construção e demolição OPWAY, DEMOTRI, entidades QUERCUS, CEIFA AMBIENTE, AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (APA), operadores de gestão de resíduos AMBITRENA, QUIMITÈCNICA, donos de obra ANA.

A terceira etapa define-se pela escolha da metodologia, para recolha de dados relativos à produção de resíduos face ao tipo e fase de construção e demolição, através da observação directa de três obras, denominadas Caso de estudo 1, 2 e 3. Dos supra referidos casos de estudo, apenas foi possível acompanhar a obra relativamente ao Caso de Estudo 1. Essa experiência permitiu avaliar de forma directa a produção e gestão de resíduos.

Os casos de estudo da presente dissertação são:

- Caso 1 – Empreitada de construção de estruturas e fundações do Novo Busgate Norte do Aeroporto de Lisboa.
- Caso 2 – Empreitada de construção da estrutura em betão armado do futuro centro comercial Fórum Sintra, localizado no Sintra Retail Park.

- Caso 3 – Empreitada de construção de um edifício de serviços hospitalares, fase de estruturas e fundações.

Realizou-se também a escolha da metodologia para a obtenção dos indicadores de RC e RD. Estes vão reflectir a quantidade de resíduos produzidos em peso e volume por área de construção.

A quarta etapa consiste no tratamento de dados, para caracterização do tipo de resíduos produzidos e obtenção de indicadores de referência.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

No presente estudo, pretende-se, conforme referido nos objectivos, analisar a gestão integrada de resíduos em obra e obter indicadores de RC e de RD. No capítulo introdutório também são descritos a metodologia utilizada para a elaboração do estudo assim como um breve enquadramento do tema.

No segundo capítulo pretende-se efectuar o enquadramento legislativo, através do resumo da legislação aplicável ao sector de RCD.

No terceiro capítulo, efectua-se a revisão da literatura, onde são identificados trabalhos realizados na área de RCD, em Portugal. Pretende-se com este capítulo compreender o estado da arte na união europeia e a nível nacional, em relação à indústria da construção civil.

No seguimento desta análise, procurou-se destacar estudos, que servirão de base para comparação dos resultados obtidos.

No quarto capítulo, identifica-se o ciclo de vida dos edifícios e os princípios básicos da construção e medidas para contribuir uma construção sustentável.

No quinto capítulo, pretende-se caracterizar os Resíduos de Construção (RC) e os Resíduos de Demolição (RD) e apresentar a forma de classificação dos resíduos de acordo com a Lista Europeia de Resíduos – LER, publicada através da Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março.

No sexto capítulo, apresentam-se as prioridades de gestão de resíduos, isto é, hierarquia de gestão de resíduos e são identificados principais fontes de produção de resíduos e potenciais metodologias de reutilização ou reciclagem. Devida à importância de demolições de edifícios e por estas serem fonte de maior produção de resíduos, pretende-se identificar as metodologias e práticas para uma desconstrução/demolição selectiva.

Seguidamente, ainda neste capítulo, identifica-se o processo de gestão de RCD desde da sua produção ao encaminhamento para operadores licenciados.

No sétimo capítulo, define-se a metodologia adoptada para obter indicadores de RC e RD. É feita uma descrição individual dos casos de estudo e apresentação composição dos resíduos. Por fim efectua-se uma análise dos resultados obtidos.

No capítulo final, apresentam-se as conclusões gerais mais importantes do presente estudo. No seguimento destas conclusões e são apresentadas propostas para trabalhos futuros.

## 2. ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO

O enquadramento legislativo associado aos RCD tem vindo a ser progressivamente aperfeiçoado primeiro com o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, que estabelece o quadro jurídico relativo ao regime geral de gestão de resíduos, e recentemente pelo Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março, específico para o sector da construção, que estabelece o novo regime de gestão de resíduos de construção e demolição.

Este novo diploma, bem como o Código dos Contratos Públicos (CCP), pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro, e o Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação (RJUE), pelo Decreto-Lei n.º 26/2010, de 30 de Março, vêm instituir na construção a obrigatoriedade da gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas compreendendo a prevenção, reutilização, operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação.

O CCP, exige a execução de um plano de prevenção de resíduos de construção e demolição (PPG), para obras públicas. O cumprimento é verificado através de vistoria e é condição da recepção da obra (artigo 43.º, 394.º e 395º do Decreto-Lei n.º 18/2008).

No caso de obras particulares, o RJUE define que o cumprimento legal da gestão de RCD deve ser efectuado em obras de urbanização ou de edificação. A não realização de limpeza e respectiva gestão de resíduos condicionam a emissão do alvará de autorização de utilização ou a recepção provisória das obras de urbanização. Este diploma salvaguarda o disposto no Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março, constitui uma das condições fixadas pela entidade licenciadora, a observar na execução da obra (artigo 7º, artigo 57º e artigo 86º do Decreto-Lei n.º 26/2010).

### **Decreto-Lei. n.º 178/2006 de 5 de Setembro**

Este diploma salienta os conceitos de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação.

Os princípios gerais da gestão de resíduos são:

- Princípio da responsabilidade pela gestão (número 1 e 5 do artigo 5.º), estabelece a responsabilidade do detentor e do produtor de resíduos, na gestão de resíduo como parte integrante no seu ciclo de vida. Essa mesma responsabilidade extingue-se pela transmissão dos resíduos a operadores de gestão licenciados.

- Princípio da prevenção e redução, tem como objectivo prioritário evitar e reduzir a produção de resíduos assim como o seu carácter nocivo para o meio ambiente e saúde pública (artigo 6.º).

- Princípio da hierarquia das operações de gestão de resíduos, assegura a reutilização, ou não sendo viável, que se proceda à sua reciclagem ou ainda a outras formas de valorização a abordagem da gestão de resíduos tendo como objectivo principal o aumento do ciclo de vida dos materiais (alínea 1, 2 e 3 do artigo 7.º).

1º Prevenção/Redução	- Reutilização de materiais - Planeamento de quantidades de materiais a aplicar em obra para evitar materiais excedentes
2º Valorização	- Encaminhamento dos RCD para valorização - Utilização de materiais reciclados - Utilização de materiais recicláveis
3º Eliminação	- Incineração ou deposição em aterro

- Princípio da regulação da gestão de resíduos proíbe a realização de operações de armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos não licenciados (número 2 do artigo 9.º).

O artigo 23.º do supra referido decreto define quais as operações de gestão de resíduos sujeitas a licenciamento (armazenagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos) bem como as não sujeitas (recolha e transporte de resíduos, armazenagem de resíduos que seja efectuada no próprio local de produção por períodos não superior a um ano e, ainda, as de valorização energética de biomassa).

O registo de informação e acompanhamento da gestão de resíduos é feita no Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (artigo 45.º). De acordo com o artigo 48.º o registo é obrigatório.

Este diploma, define a aplicação de taxas de gestão de resíduos, pelos destinatários sobre a quantidade de resíduos geridos (artigo 58.º).

### **Decreto-Lei. n.º 46/2008, de 12 de Março**

Este diploma vem estabelecer a obrigatoriedade da gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou derrocadas, compreendendo a preservação, operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação. Reforça a responsabilidade dos intervenientes no ciclo de vida dos resíduos.

Visa a sustentabilidade ambiental da actividade de construção numa perspectiva de ciclo de vida dos materiais, sendo necessário definir nas fases de projecto e execução de obras metodologias e práticas a adoptar que privilegiem a aplicação dos princípios da prevenção e redução e da hierarquia das operações de gestão de resíduos (alínea a), b) e c) do artigo 5.º).

Prevê a reutilização de solos e rochas que não contenham substâncias perigosas provenientes de actividades de construção, sejam reutilizados nos trabalhos da obra de origem, ou noutra obra sujeita a licenciamento ou comunicação prévia, na recuperação paisagística de explorações mineiras e de pedreiras, na cobertura de aterros destinados a resíduos ou ainda em locais licenciados pela câmara municipal (alínea 1 e 2 do artigo 6.º).

Introduz a preocupação de utilização de materiais reciclados no sector da construção, promovendo o mercado dos reciclados, com o estabelecimento de critérios de qualidade, com a aprovação de especificações técnicas relativas à Utilização de RCD em obra (alínea 2 do artigo 7.º).

Obriga a uma triagem de resíduos no local da sua produção, com objectivo do seu encaminhamento por fluxos e fileiras de materiais, o que aumenta a possibilidade de reciclagem ou outras formas de valorização, e reduz as quantidades de resíduos que são depositados em aterro (artigo 8.º e 9.º).

Este diploma introduz a obrigatoriedade de execução de um Plano de Prevenção e Gestão (PPG) de Resíduo de Construção e Demolição nas empreitadas e concessões de obras públicas, que assegura o cumprimento dos princípios gerais da gestão de RCD (artigo 10.º).

Para obras particulares sujeitas a licenciamento ou comunicação prévia, define as obrigatoriedades do produtor, nomeadamente assegurar um sistema de acondicionamento adequado que permita uma gestão selectiva, assim com metodologias de triagem e registo de dados de RCD (artigo 11.º).

Responsabiliza o operador de gestão de resíduos a preencher uma guia de acompanhamento de RCD por cada transporte, e após a recepção dos resíduos deve emitir um certificado de recepção de RCD, no prazo máximo de 30 dias, que comprova a recepção dos resíduos nas suas instalações (artigo 16.º).

### **Portaria n.º209/2004, de 3 de Março**

A presente Portaria publica a Lista Europeia de Resíduos – LER, que assegura a caracterização e classificação de resíduos, provenientes de vários sectores de actividade, ao mesmo tempo enumera as operações de valorização e de eliminação de resíduos.

### **Portaria n.º 335/97, e 16 de Maio**

O regime de transportes é regulamentado pela presente portaria, define:

- Quem pode realizar o transporte rodoviário de resíduos (alínea a), b) e e) do artigo 2.º);
- Condições ambientais adequadas para o transporte rodoviário (alínea b) e d) de artigo 3.º);

Esta portaria aplica-se no transporte de resíduos, com exceção dos n.ºs 5, 6 e 7 relativos à utilização da guia de acompanhamento de resíduos. Sendo para este efeito utilizada a Portaria n.º417/2008 de 11 de Junho.

### **Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho**

Esta portaria à semelhança da anterior estabelece o regime de transporte de resíduos, no entanto é específica para os RCD, identificando os intervenientes no processo de gestão de resíduos.

Define a obrigatoriedade de preenchimento de guias de acompanhamento de resíduos, apresenta em anexo o modelo das guias. Este modelo prevê dois tipos de guias de acompanhamento de RCD, provenientes de um único produtor e detentor e proveniente de mais de um produtor/detentor. (alínea 1, 2 e 3 do artigo 1º).

O diploma define a forma de preenchimento das guias (artigo 2.º).

Existem outros diplomas relacionados com a gestão de RCD, nomeadamente:

- Portaria n.º 320/2007, de 23 de Março, altera Portaria n.º1408 de 18 de Dezembro que aprovou o regulamento de funcionamento do SIRER;
- Portaria n.º 1407/2006, de 18 de Dezembro, estabelece as regras respeitantes à liquidação de taxas de gestão de resíduos;
- Portaria n.º 1023/2006, de 20 de Setembro, regulamenta os processos de autorização das operações de gestão de resíduos industriais, resíduos sólidos urbanos e outros tipos de resíduos;
- Decreto-Lei n.º 152/2002, de 23 de Maio, revogado pelo Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, regulamenta a deposição de resíduos em aterro.

## **Enquadramento Europeu**

Actualmente está em curso o Sexto Programa Comunitário de Acção em Matéria de Ambiente, Decisão n.º 1600/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Julho de 2002 «Ambiente 2010: O nosso futuro, a nossa escolha».

Este programa determina os principais objectivos e prioridades ambientais, com base numa avaliação do estado do ambiente e de tendências predominantes nesse domínio, contribuindo para o desenvolvimento sustentável de toda a comunidade. Centra-se em quatro domínios de acção prioritários: alterações climáticas, natureza e biodiversidade, ambiente, saúde e qualidade de vida, recursos naturais e resíduos.

Para cada um destes domínios são indicados objectivos-chave e metas, sendo identificadas algumas acções com vista a alcançar essas metas. No que refere à gestão dos recursos naturais e dos resíduos, o objectivo é garantir que o consumo de recursos renováveis e não renováveis não ultrapasse os limites que o ambiente pode suportar, dissociando o crescimento económico da utilização dos recursos, melhorando a eficácia da sua utilização e diminuindo a produção dos resíduos. O objectivo específico em matéria de resíduos é reduzir o seu volume final em 20% até 2010 e em 50% até 2050. O plano de acções a realizar no sentido de atingir este objectivo são os seguintes:

- Reduzir o volume de resíduos produzidos, através de iniciativas de prevenção da produção de resíduos, da melhoria do rendimento dos recursos e da utilização de materiais mais sustentáveis;
- Reduzir a quantidade de resíduos destinados a eliminação e o volume de resíduos perigosos produzidos, evitando um aumento das emissões para a atmosfera, para a água e para o solo;
- Incentivar a reutilização, relativamente aos resíduos produzidos;
- O nível de perigosidade dos resíduos deve ser reduzido e apresentar o menor risco possível;
- Elaborar uma estratégia para a reciclagem dos resíduos;
- A quantidade de resíduos para eliminação deverá ser reduzida ao mínimo e a eliminação efectuada em condições de segurança;
- Os resíduos que se destinem a ser eliminados deverão ser tratados o mais próximo possível do local onde são produzidos, na medida em que tal não implique uma diminuição da eficácia das operações de tratamento de resíduos.

(adaptado da Decisão n.º 1600/2002/CE do Parlamento Europeu e o Conselho, de 22 de Julho de 2002)

A actual Directiva Quadro dos Resíduos (Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e de Conselho, de 19 de Novembro) constitui a nova filosofia europeia em termos de prevenção e gestão de resíduos. Estabelece medidas de protecção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactos adversos decorrentes da geração e gestão de resíduos, diminuindo os impactos gerais da utilização dos recursos e melhorando a eficiência dessa utilização.

Salienta-se os pontos revistos, relativamente à Directiva anterior:

No que se refere a definições entende-se que a “recolha separada” é a recolha em que o fluxo de resíduos é mantido separadamente por tipo e natureza de resíduo é recolhido e transportado separadamente.

Esta directiva prevê uma hierarquia dos resíduos, enquanto princípio geral de legislação e da política de prevenção e gestão de resíduos, traduzida pela prevenção e redução, prevenção para reutilização, reciclagem, outros tipos de valorização, por exemplo valorização energética e eliminação (artigo 4.º).

Introdução de um novo conceito de subproduto, sendo este uma substância ou objecto resultante de um processo cujo objectivo principal não seja a produção deste (artigo 5.º).

No que diz respeito à lista de resíduos, a requalificação os resíduos perigosos em resíduos não perigosos não pode ser obtida por diluição ou mistura de resíduos que resulte uma redução da concentração inicial em substâncias perigosas para valores inferiores aos limites que definem o carácter perigoso de um resíduo (artigo 7.º).

Na perspectiva de reforçar a prevenção, reciclagem, e outros tipos de valorização de resíduos, esta directiva define regime de responsabilidade alargada do produtor, podendo os Estados Membros tomar medidas de carácter legislativo ou não legislativo para permitir que uma pessoa singular o colectiva que a título profissional desenvolva, fabrique, transforme, trate, venda ou importe produtos (o produtor do produto) (artigo 8.º).

Nesta revisão da Directiva-Quadro foi incluído um artigo relativo à prevenção de resíduos que estipula a realização de um relatório, até finais de 2011, para avaliar a evolução de produção de resíduos e o alcance de prevenção dos resíduos, deverá ser definida uma política de concepção ecológica de produtos, com o objectivo de promover tecnologias orientadas para produtos sustentáveis, reutilizáveis e recicláveis. Até finais de 2014, serão definidos objectivos de prevenção com tendo em vista o ano 2020, com base em melhores práticas e caso necessário a revisão dos indicadores. Até 31 de Dezembro de 2013, serão elaborados programas de prevenção de resíduos, com base nos objectivos e âmbito de aplicação da Directiva, e hierarquia de resíduos. Estes programas devem ser integrados nos planos de gestão de resíduos e noutros programas de política ambiental.

Esta Directiva contempla também um novo artigo referente à reutilização e reciclagem, que define a aplicação de medidas para promoção de reutilização de produtos e as actividades de preparação com vista à reutilização. Determina que até 2020 a preparação para a reutilização, reciclagem e valorização devem afectar no mínimo um aumento de 70% em peso dos resíduos de construção e demolição não perigosos, com exclusão de materiais naturais definidos na categoria 17 05 04 da lista de resíduos.

(adaptado da Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e de Conselho, de 19 de Novembro)

### 3. REVISÃO DA LITERATURA

A regulamentação do sector de gestão de resíduos tem vindo a sofrer alterações, no sentido de uma “sociedade da reciclagem” com o objectivo de evitar a produção de resíduos e utilizá-los como recursos. Existem no país, projectos desenvolvidos no âmbito de maior conhecimento e melhoria contínua do sector.

Um dos projectos é Projecto de Wambuco – Manual Europeu de Resíduos e Construção e Demolição financiado pela União Europeia, publicado em 2002, elaborado por vários países.

Este efectuou uma abordagem à gestão dos RCD na indústria da construção, com o objectivo de obter a identificação qualitativa e quantitativa de RCD produzidos, com relação aos materiais e tecnologias construtivas. Deste projecto resultou o “Manual europeu de resíduos da construção de edifícios” que acusa os indicadores de referência e as boas práticas de construção.

O manual é constituído por três volumes. O primeiro resume os volumes II e III e contém exemplos das fichas de resíduos específicos de construção e das fichas de resíduos de edifícios, o segundo trata dos resultados da investigação empírica realizada para diferentes tipos de edifícios e elementos de construção. O terceiro volume apresenta outros resultados da investigação, tais como boas práticas para a gestão de RCD na construção e tecnologias inovadoras para prevenção/minimização dos resíduos, realizadas individualmente pelos participantes no projecto.

Mais recentemente surge um projecto internacional, o Projecto Zero Win, em curso de Maio de 2009 a Abril de 2014. A nível nacional os estudos serão desenvolvidos pela Ceifa Ambiente. O projecto consiste em definir estratégias para aplicar as metas ambientais.

Existem também vários trabalhos efectuados por universidades, como por exemplo, Estudo de gestão dos resíduos de construção e demolição na Zona Norte de Portugal da Universidade do Minho, L. PEREIRA, S. JALALI e B. AGUIAR, sendo esta a universidade Nacional com maior pesquisa no sector.

Após a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º46/2008, de 12 de Março, a Agência Portuguesa de Ambiente (APA) assume um papel dinâmico no sector, através de sessões técnicas para esclarecimento e actualização da gestão de resíduos, como exemplo: Sessão Técnica – Regime de Licenciamento no Âmbito da Gestão de RCD apresentado pela Eng.ª Maria Joana Sabino, a 30 de Junho 2008.

Foi também elaborada uma proposta de incorporação mínima obrigatória de 5% de materiais reutilizados e reciclados em Obra Públicas, elaborada por Carmen Lima, da Quercus, em 2009, através

da publicação de um Despacho que obrigue à definição e introdução de uma percentagem mínima de 5% referente à incorporação de materiais mais sustentáveis.

### **3.1 ESTADO DA ARTE**

#### **Enquadramento Nacional**

Em Portugal, durante muito tempo os RCD foram colocados em terrenos baldios, em lixeiras sem qualquer controlo, ou queimados em obra. Com o encerramento de lixeiras, estas foram substituídas pelos aterros sanitários, aterros para resíduos e inertes e aterros para resíduos não perigosos.

No entanto não existia um Plano Estratégico para os RCD, conforme se veio verificar para os resíduos sólidos urbanos e para os resíduos industriais.

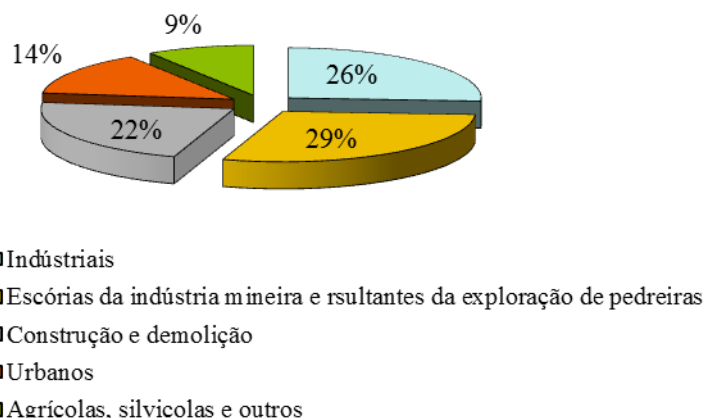
O Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), aprovado pelo Governo em 1997, apresentou como principais directrizes o encerramento de lixeiras, a criação de sistemas multimunicipais e intermunicipais de gestão de RSU, a construção de infra-estruturas para valorização e eliminação de RSU e o reforço da recolha selectiva e multimaterial, preconizando metas específicas para os horizontes 2000 e 2005 (Martinho, Maria; Gonçalves, Maria 2000).

Seguidamente elaborou-se o PERSU II, actual Plano Estratégico para os RSU, cuja aprovação foi publicada através da Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, define prioridades, estabelece novas metas a atingir, acções a implementar e as regras orientadoras a definir pelos planos multimunicipais, intermunicipais e municipais, no período de 2007 a 2016.

No que se refere a resíduos industriais foi elaborado um Plano estratégico de Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI), aprovado em Decreto-Lei n.º516/99, de 2 de Dezembro, que define os princípios estratégicos, tendo como objectivo preferencial a prevenção, seguida de reutilização, Reciclagem, Valorização Energética e, por último, a deposição em Aterro Sanitário.

#### **3.1.1 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO NA UNIÃO EUROPEIA**

Foram identificadas, duas fontes com diferentes resultados de quantidade de produção de resíduos de construção e demolição apresentados em percentagem. Segundo dados publicados pela Agência Europeia do Ambiente (AEA), a grande maioria de resíduos produzidos na União Europeia dividem-se em cinco fluxos principais, apresentados na figura 3.1, em que 22% de correspondem a RCD.



**Figura 3.1 – Percentagem de RCD nos vários Países EU-15 (AEA).**

Segundo o estudo efectuado por Cristian Fincher, European Topic Center on Resource and Waste Management (ETC, 2009), são gerados cerca de 850 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição, na União Europeia por ano. Este valor representa 31% do total de resíduos gerados na EU-27.

Em análise, salienta-se que a amostragem recolhida nos estudos foi distinta, isto é, no primeiro estudo apenas foram analisados os dados de quinze países da UE, enquanto que o segundo abrange os vinte e sete países da UE e a Noruega. Poderão também existir diferentes metodologias de recolha de dados, ou seja, se consideram ou não os solos e rochas não contaminados (17 05 04), provenientes de escavação. Não foram identificados dados mais consistentes para melhor fundamentação destas diferenças.

Os valores que foram possíveis obter referentes à produção de RCD nos países da União Europeia, em 2004, são apresentados no quadro 3.1.

**Quadro 3.1 – Quantidade de RCD (t) por capita na EU-27 (ETC, 2009).**

País UE	Quantidade de RCD (ton/cap)
Áustria	0,81
Bélgica	1,06
Dinamarca	0,83
Finlândia	3,99
França	5,50
Alemanha	2,33
Grécia	0,37
Irlanda	2,74

País UE	Quantidade de RCD (ton/cap)
Itália	0,80
Luxemburgo	5,90
Holanda	1,47
Portugal	0,70
Espanha	0,74
Suécia	1,14
Reino Unido	1,90
Bulgária	0,39
Chipre	0,54
Checoslováquia	1,44
Estónia	1,12
Hungria	0,43
Letónia	0,07
Lituânia	0,10
Malta	1,95
Polónia	0,11
Roménia	0,00
Eslováquia	0,26
Eslovénia	*ND

\*ND – não disponível

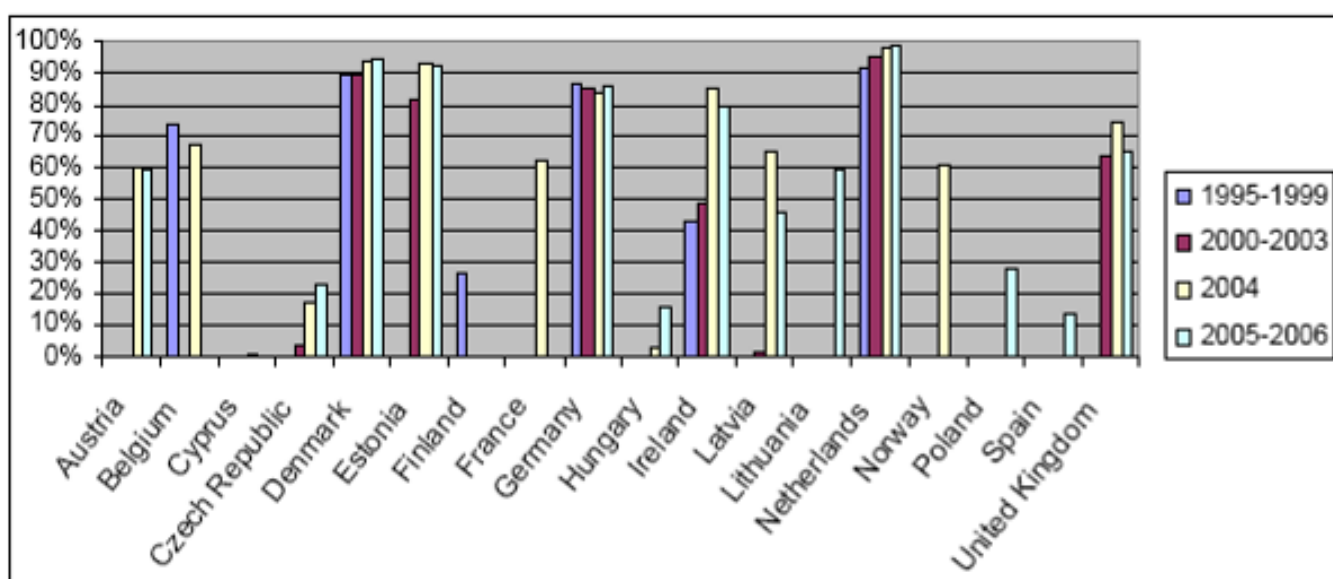
A percentagem de reciclagem de RCD nos países da União Europeia e Noruega, são apresentados no Quadro 3.2 e na Figura 3.2 (ETC, 2009). Neste estudo apenas existe informação de 18 países, dos 28 países estudados (EU-27 e Noruega). Portugal é um dos países dos quais não existe informação, assim como Itália, Grécia, Suécia, entre outros.

**Quadro 3.2 – Percentagem de Reciclagem de RCD nos países da EU (ETC, 2009).**

País	Percentagem de reciclagem de RCD (%)			
	1995 - 1999	2000 - 2003	2004	2005 - 2006
Áustria	sd	sd	60,2	59,5
Bélgica	73,8	sd	67,5	sd
Chipre	sd	sd	0,7	sd
Checoslováquia	sd	3,6	17,0	23,0
Dinamarca	89,0	89,4	94,1	94,9
Estónia	sd	81,0	92,7	91,9
Finlândia	26,3	sd	sd	sd
França	sd	sd	62,3	sd
Alemanha	86,7	85,3	83,6	86,3
Hungria	sd	sd	3,1	15,5

País	Percentagem de reciclagem de RCD (%)			
	1995 - 1999	2000 - 2003	2004	2005 - 2006
Irlanda	43,3	48,2	85,2	79,5
Letónia	sd	1,8	64,6	45,9
Lituânia	sd	sd	sd	59,7
Holanda	91,4	95,5	97,8	98,1
Noruega	sd	sd	61,0	sd
Polónia	sd	sd	sd	28,3
Espanha	sd	sd	sd	13,6
Reino Unido	sd	63,5	74,6	64,8

SD – Sem dados



**Figura 3.2 – Percentagem de RCD nos vários Países EU-27 (ETC, 2009).**

Da análise dos dados acima, verifica-se que países como Dinamarca, Alemanha, Irlanda, Holanda e Estónia têm percentagens de reciclagem acima dos 80% da produção de resíduos de construção e demolição. No período de 1995 a 2006, verificou-se um aumento de reciclagem de RCD, na Dinamarca, Alemanha, Holanda e Reino Unido.

A nível europeu pode-se caracterizar diferentes níveis de desenvolvimento na gestão de RCD, isto é, países com elevado nível de desenvolvimento (Dinamarca, Holanda, Bélgica, Estónia), países com desenvolvimento relativo (Alemanha e Reino Unido) e países de baixo desenvolvimento (Portugal e Espanha).

Em Espanha o *Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006*, estima a produção de resíduos na ordem dos 450 a 1000 kg por habitante ano. Esta disparidade de quantidades deve-se à diferença de critérios utilizados para as diferentes zonas do país. Considerando que as

quantidades estimadas pela Catalunha, tendo em conta que esta é uma das comunidades que mais legislou sobre os resíduos e que há mais anos controla a sua produção (desde 1994), admitiu-se que a produção seria mais próxima de 1000 kg/hab.ano. Através deste pressuposto conclui-se que Espanha produz cerca de 44 milhões de toneladas por ano (Puig, sd).

No que diz respeito à percentagem de reciclagem, Espanha tem uma percentagem de 3%, sendo esta uma das mais baixas da Europa.

Segundo o estudo de *Symonds Group*, países como Portugal, Espanha e Grécia têm baixas percentagens de reciclagem de RCD, abaixo de 5%.

Identificou-se também um estudo efectuado pelo *Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya*, (ITEC 2000), sobre resíduos produzidos em obras de construção que permitiram estabelecer valores médios de quantidade globais de resíduos.

A metodologia utilizada no estudo anteriormente referido para a obtenção de indicadores de referência, assenta da relação entre a quantidade total de produção de resíduos de construção e demolição e área de construção ou demolição, consoante o caso.

No Quadro 3.3 são apresentadas as quantidades de resíduos produzidos na fase de construção em  $m^3$  por área de construção e fase de construção, fase de estruturas e acabamentos, de edifícios de betão armado, convencionais.

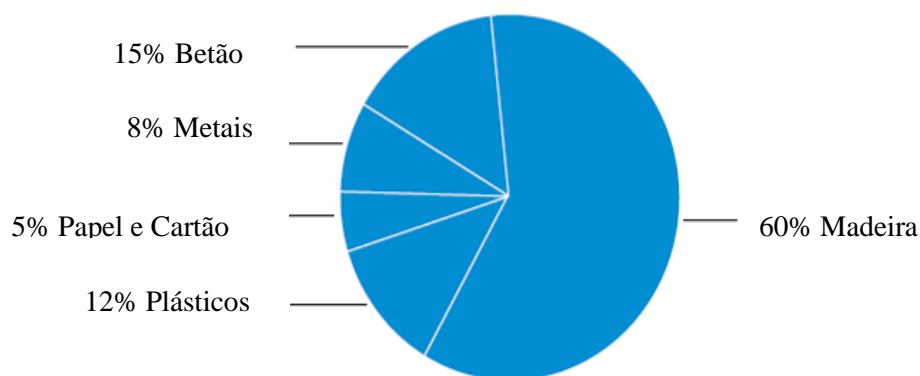
**Quadro 3.3 – Quantidade de Resíduos de Construção (RC) (ITEC, 2000).**

Fase de Construção	Quantidade de RC ( $m^3/m^2$ )
Fase de estruturas	0,01500 (a)
	0,00825 (b)
Fase de acabamentos	0,105

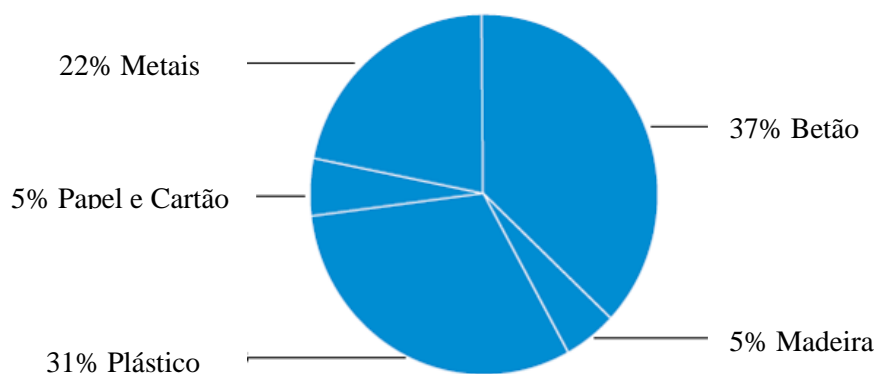
(a) Construção com cofragem de madeira.

(b) Construção com cofragem metálica.

Neste estudo, também foi quantificada a composição de resíduos face à fase de construção. Na Figura 3.3 e Figura 3.4, são apresentados, respectivamente, os tipos de resíduos produzidos numa obra de construção na fase de estruturas com cofragem de madeira e cofragem metálica (ITEC, 2000).



**Figura 3.3 – Percentagem e tipo de resíduos na Fase de estruturas tipo (a) (ITEC, 2000).**



**Figura 3.4 – Percentagem e tipo de resíduos na Fase de estruturas tipo (b) (ITEC, 2000).**

Da análise da Figura 3.3 e Figura 3.4, verifica-se que nas obras de construção a escolha dos processos construtivos influencia a composição dos resíduos produzidos, isto é, o tipo e a quantidade dos resíduos produzidos.

Relativamente a resíduos de demolição este mesmo estudo, apresenta as quantidades referidas no quadro seguinte.

**Quadro 3.4 – Quantidade de Resíduos de Demolição (RD) (ITEC, 2000).**

Tipo de Construção	Quantidade de RC (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Edifício de habitação de estrutura em betão armado	0,969
Edifício industrial de estrutura pré-fabricada	0,874
Edifício de habitação de estrutura pré-fabricada	0,732

### 3.1.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM PORTUGAL

Segundo a Agência Portuguesa de Ambiente (APA) 2008, de acordo com estimativas comunitárias efectuadas em 2005 os RCD representavam cerca de 22% do total de resíduos produzidos na União Europeia, o que corresponde a 290 milhões de toneladas por ano, uma vez que o total de produção de resíduos à data era cerca de 1,3 milhões de toneladas por ano. Com base na proporção apresentada para a EU, a APA, estimou para Portugal uma produção de 7,5 milhões de toneladas de RCD.

Em Portugal, não existem estimativas fiáveis sobre a produção de resíduos. Conforme se pode verificar no Quadro 3.5, a quantificação de resíduos produzidos em Portugal variam entre 219.040 toneladas/ano, até 22 milhões de toneladas por ano, e diferem consoante as fontes. Estas diferenças podem ser justificadas pelas diferentes metodologias de análise de dados, ou seja, se consideram ou não os solos e rochas não contaminados (17 05 04), provenientes de escavação.

O Quadro 3.5 apresenta as estimativas de produção de RCD em Portugal, de acordo com várias fontes.

**Quadro 3.5 – Estimativa de Produção de RCD em Portugal (Lima, 2008).**

Ano	Quantificação (ton)	Fonte
1997	3.200.000	Relatório de Symomds
1999	219.040	PESGRI (Quadro X.2 do Pesgri)
2001	1.282.673	INR
2002	22.194.350	Estudos realizados na Área Metropolitana do Porto
2002	6.000.000	Projecto de Wambuco
2002	4.403.778	IST/Quercus
2005	7.500.000	Agência Portuguesa de Ambiente

Prevê-se que com o registo de dados do Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos, SIRER, efectuado através do SIRAPA, Sistema Integrado de Resíduos da Agência Portuguesa do Ambiente, passem a existir dados consistentes para avaliar a quantificação de resíduos de construção e demolição em Portugal.

Este já se encontra em funcionamento desde 2008, tendo sido inseridos os dados do ano anterior, 2007, no entanto ainda não existe informação relativa à quantidade de resíduos produzida em Portugal. A APA, ainda não publicou nenhuma estimativa que tenha sido tratada pelo SIRAPA.

Existe em Portugal, um estudo efectuado em 2007, metodologia método de Sepúlveda & Jalal para o cálculo da produção de resíduos, através do conhecimento da área de construção e índices de resíduos.

Foram estimados índices de resíduos por tipo de construção, em quantidade (kg) por área de construção, para o cálculo atrás referido. No quadro seguinte, são apresentados os índices de resíduos estimados.

**Quadro 3.6 – Índices de Resíduos, Sepúlveda & Jalali (Miranda, 2009).**

<b>Construção Nova</b>	<b>Alteração e Ampliação</b>	<b>Reconstrução</b>	<b>Demolição</b>
50 kg/m <sup>2</sup>	250 kg/m <sup>2</sup>	400 kg/m <sup>2</sup>	850 kg/m <sup>2</sup>

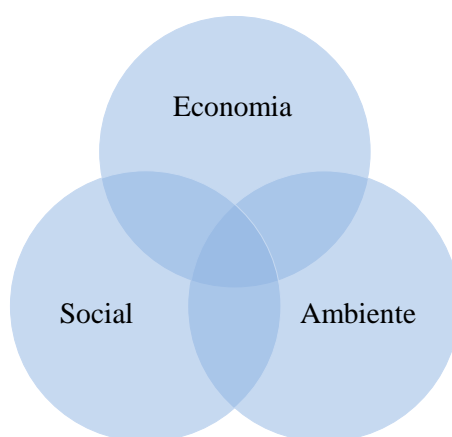
O índice de construção nova, foi calculado no Projecto de Wambuco, os de demolição foram obtidos por confirmação dos resíduos produzidos de vários projectos de construção unifamiliar. Relativamente aos de Reconstrução, os autores estimaram, por falta de estudos, que estes seriam valores próximos da metade do índice de demolição. Para os índices de Alteração e Ampliação, também inexistência de estudos, os autores consideraram que o valor estaria entre os índices de construção nova e Reconstrução.

#### 4. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Desenvolvimento Sustentável - “O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e o futuro atinjam um nível satisfatório social e económico e de realização humana e cultural, fazendo ao mesmo tempo, um uso razoável de recursos da terra e preservando as espécies os habitats naturais” (Relatório de Brundtland, 1987).

A indústria da construção é uma das indústrias que consome mais recursos, matérias-primas, energia e produz grandes quantidades de RCD. Devido aos impactes negativos que o sector da construção é responsável, é necessário uma alteração do paradigma que caracteriza este sector que possibilite a transição de um sector poluente para um sector mais sustentável.

O novo paradigma de construção sustentável representa a forma de equacionar a concepção, construção, operação e a desconstrução/demolição e enquadrar os pilares da sustentabilidade, Economia, Ambiente, Social, no ciclo de vida dos edifícios.



**Figura 4.1 – Pilares da Sustentabilidade**

Os sectores de construção, sector da extracção de materiais, e restantes intervenientes no ciclo de vida dos edifícios, têm um papel importante na abordagem de construção sustentável. Este novo modo de conceber a construção procura satisfazer as necessidades humanas, protegendo e preservando simultaneamente a qualidade ambiental e os recursos naturais (Pinheiro, 2006).

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

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.

O ciclo de vida da construção de um edifício pode-se definir por: Concepção – Ideia e Projecto, Construção, Operação e Demolição, apresentado na Figura 4.2.



**Figura 4.2 – Ciclo de vida da Construção (Figura retirada do site LIDERA)**

Na fase de concepção, desenvolve-se a ideia de elaboração de um projecto, seguida do projecto de execução, composto por caderno de encargos, cláusulas gerais, condições técnicas especiais, projecto de arquitectura, e especialidades, lista de quantidades, plano de segurança e saúde e mais recentemente, no caso de obras públicas, o plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição. A terceira fase refere-se à Construção, fase de execução do projecto. Segue-se a fase de operação, que inclui a fase de exploração, manutenção do edifício. Por último, a demolição, é fase em que se dá como terminado o ciclo de vida do edifício. Este pode terminar mais cedo que o horizonte de projecto, por factores extrínsecos à capacidade de resistência do edifício e degradação do edifício.

No âmbito da gestão de resíduos, existe o objectivo de promover o desenvolvimento sustentável, cujo desafio é não efectuar apenas uma gestão integrada de resíduos, mas sim envolver e responsabilizar os intervenientes na concepção de projecto, para uma gestão sustentável de resíduos.

Medidas para contribuir para a sustentabilidade na construção:

- Na fase de concepção de um projecto, deve-se planear e inovar, isto é, utilizar materiais sustentáveis, materiais reciclados e possíveis de serem reutilizados para outros fins aquando o fim do ciclo de vida de um edifício;

- Na fase de execução, deve-se planear e quantificar os materiais, solos, energia e água, para minimização de desperdícios. Deve-se ainda utilizar processos construtivos que consumam menos recursos para minimização da utilização de recursos como água e energia;
- A Reabilitação de edifícios, em detrimento à Construção Nova, possibilita a diminuição do impacto da produção de energia, a redução da extracção de matérias-primas para a construção e a diminuição da produção de materiais de construção (<http://www.csustentavel.com>). Possibilita ainda a diminuição da degradação dos edifícios e a posterior demolição;
- A Desconstrução possibilita a separação selectiva dos materiais, permitindo a sua reutilização e valorização. Esta fomenta o aparecimento de um novo mercado – o de materiais usados, trás benefícios económicos e ambientais;
- Reciclagem de resíduos inertes e utilização dos agregados britados, em detrimento de matéria-prima, reduz a deposição dos materiais em aterro de inertes e a diminuição de utilização de recursos naturais. Salienta-se no entanto, que neste ponto, em Portugal o custo com a matéria-prima pode ser mais económico que a utilização de materiais reciclados.

## 5. CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Os Resíduos de Construção e Demolição por definição são resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações, segundo art.º3 do Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro.

A produção de resíduos de construção e demolição depende directamente das características da obra e do tipo de actividades a executar. Estas influenciam as características dos resíduos, quantidade e constituição.

Segundo o artigo 1.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março, de modo geral pode-se definir que a produção de resíduos pode ser dividida por três tipos de obras, sendo estas as seguintes:

- Construção;
- Reconstrução, ampliação, alteração, conservação;
- Demolição.

Apresenta-se no Quadro 5.1 a percentagem média de resíduos produzidos no espaço comunitário, de cada um dos três tipos de obras (Ruivo e Veiga, 2004).

**Quadro 5.1 - Tipo de RCD e Percentagem no Espaço Comunitário (Ruivo e Veiga, 2004).**

<b>Tipo</b>	<b>Percentagem (%)</b>
Resíduos de Construção	10 – 20
Resíduos de Reconstrução, ampliação, alteração, conservação	30 - 40
Resíduos Demolição	40 - 50

Numa obra de construção a quantidade de resíduos é mais reduzida, relativamente aos outros dois tipos de obra, pois a sua produção está relacionada com desenvolvimento da obra, métodos construtivos, controlo de qualidade de materiais e da execução dos trabalhos.

A composição de RCD varia em função da matéria-prima e dos produtos utilizados na construção, das técnicas arquitectónicas e de métodos construtivos e de demolição. Conforme referido no capítulo 3, através da análise das Figura 3.3 e Figura 3.4, verificou-se a diferença da quantidade e composição de resíduos produzidos, face aos métodos construtivos. Os métodos de demolição também são determinantes para a composição dos resíduos na medida em que a demolição de edifícios deve ser uma demolição selectiva para que seja possível uma maior triagem de resíduos.

No Quadro 5.2. são apresentados os principais materiais encontrados nos RCD.

**Quadro 5.2 – Materiais Constituintes nos RCD**

<b>Tipo</b>	<b>Materiais</b>
Materiais Orgânicos	Papel e cartão, madeira, entre outros.
Materiais Compósitos	Revestimentos de gesso cartonado, madeira envernizada, embalagens metálicas, entre outros.
Materiais Inertes	Betão, tijolo, telhas, azulejos, argamassas, vidro, pedra, misturas betuminosas, entre outros.

(Environmental Protection Agency (EPA), 1998)

A quantificação de RCD, resíduos de constituição não homogénea, compostos por fracções e dimensões diversas, podem ser classificados em três categorias, Inertes, Perigosos, Não Perigosos, é também reconhecido que existem RCD com percentagens de materiais reutilizáveis e recicláveis (APA, 2008).

**Inertes:** Betão, materiais cerâmicos, tijolos, vidro, solos e rochas;

**Perigosos:** Amianto, misturas betuminosas contendo alcatrão, telas asfálticas, tintas e vernizes;

**Não Perigosos:** misturas betuminosas, gesso, fibrocimento, fibra de vidro, lã de rocha;

**Recicláveis:** cartão, plástico, madeira, metais.

Regra geral, os resíduos inertes são os mais produzidos nos tipos de obras de demolição referidos no Quadro 5.1. No que diz respeito a resíduos perigosos, estes são produzidos em menores quantidades, deve-se no entanto ter particular atenção, pois dependendo do grau de perigosidade podem apresentar impactes ambientais significativos.

## 5.1 RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Os resíduos provenientes de obras de construção nova variam consoante do tipo de construção, exemplo (obra de construção civil de estruturas, ou acabamentos, e obras de estradas). Estão também relacionados com os métodos construtivos, desenvolvimento tecnológico, materiais de construção, exigências e complexidade de projectos.

Os métodos construtivos e o planeamento de uma obra são muito importantes, pois através de uma boa gestão destes dois factores pode-se reduzir a produção de resíduos.

A quantidade de resíduos de betão é ainda controlada através da preparação e controlo da quantidade necessária para o elemento estrutural, (fonte: OPWAY).

De referir a ausência de dados referentes a resíduos provenientes de obras de construção de obras novas, em Portugal. Assim como a sua quantificação por tipologia de obra de construção, conforme existe em Espanha e nos Estados Unidos da América (ver capítulo 3.2). Existem dados obtidos por um trabalho efectuado por L. PEREIRA, S. JALALI e B. AGUIAR, em que se estudou a gestão dos resíduos de construção e demolição na Zona Norte de Portugal. Este apresenta a composição de resíduos de construção e demolição em percentagem de massa, no entanto este estudo não são serviu de base para o presente estudo, pois pretende-se analisar separadamente os dados da produção de resíduos em obras de construção e os resíduos de demolição.

No Quadro 5.3, apresenta-se a quantificação de tipos de resíduos de construção, da Holanda (Ruivo e Veiga, 2004).

**Quadro 5.3 - Composição de Resíduos de Novas Construções (Ruivo e Veiga, 2004).**

<b>Materiais</b>	<b>Resíduo de Construção (%) em massa</b>
Materiais Cerâmicos	39
Madeira	17
Betão	13
Tijolos e revestimentos	14
Argamassa	8
Outros (ex: plásticos, solos, papel)	9

## 5.2 RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO

Os resíduos provenientes de obras de demolição à semelhança dos referidos no ponto anterior, variam consoante a tipologia de construção edifícios, e materiais de construção aplicados. A diferença está na quantificação e caracterização dos materiais e dos elementos, que pode ser definidas através de uma medição do edifício a demolir. Com esta caracterização do edifício objecto de demolição, pretende-se ter uma aproximação de quantidades e composição de resíduos, e identificar possibilidade de valorização (reutilização, reciclagem).

Para além desta quantificação de resíduos, pode-se caracterizar a composição de resíduos através da identificação da época da construção do edifício (ITEC, 2000).

Em Portugal pode-se identificar os seguintes processos construtivos:

- Edifícios com estrutura de alvenaria (< 1755);
- Terramoto de Lisboa em 1755 – necessidade de construção anti-sísmica;

- Edifícios com estrutura de alvenaria da época pombalina e similares (1755 a 1880);
- Edifícios com estrutura de alvenaria tipo gaioleiro (1880 a 1930);
- Edifícios com estrutura mista de alvenaria e betão (1930 a 1940);
- Edifícios com estrutura mista de betão e alvenaria (1940 a 1960);
- Edifícios recentes de betão armado (> 1960).

(Fonte: Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (NESDE) LNEC).

Nos diversos processos construtivos serão produzidos diferentes quantidades e tipos de resíduos, como exemplo, na demolição de um edifício de época pombalina existe uma maior quantidade de resíduos de madeira comparativamente a edifícios de estrutura mista de alvenaria e betão.

No quadro 5.4 apresenta-se as estimativas de constituição de resíduos de demolição de edifícios na União Europeia. (Ruivo e Veiga, 2004)

**Quadro 5.4 - Estimativa de constituição de Resíduos de Demolição de Edifícios na UE  
(Ruivo e Veiga, 2004).**

<b>Materiais</b>	<b>Resíduo de Demolição (%) em massa</b>
Alvenaria	57
Betão	37
Madeira	2
Aço	0,3
Diversos	3,7

### **5.3 CLASSIFICAÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

Os resíduos são classificados de acordo com a Lista Europeia de Resíduos – LER, publicada através da Portaria n.º209/2004, de 3 de Março.

A Lista Europeia de Resíduos assegura a harmonização, identificação e classificação de resíduos, e visa facilitar o conhecimento pelos agentes económicos e regime jurídico a que estão sujeitos.

Esta é constituída por códigos que definem os resíduos por grupos, isto é, capítulos e subcapítulos, sendo os primeiros a fonte geradora de resíduos e subcapítulos os resíduos gerados.

Os capítulos de resíduos produzidos em obras de construção e demolição são maioritariamente o 15 e 17 (<sup>1</sup>). No entanto existe também a produção dos seguintes: 08, 13, 16, 19 e 20 (<sup>2</sup>), devido aos serviços de apoio à execução da obra, isto é, o Estaleiro de obra composto por exemplo com escritórios, instalações sanitárias, refeitório, ferramentaria, entre outros.

No Quadro 5.5, são apresentados os diversos códigos associados aos capítulos 15 e 17, transcritos da Portaria 209/2004 de 3 de Março.

**Quadro 5.5 – Lista Europeia de Resíduos – Capítulo 15 e 17**

<b>Código Ler</b>	<b>Designação</b>
15 01 Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente):	
15 01 01	Embalagens de papel e cartão
15 01 02	Embalagens de plástico
15 01 03	Embalagens de madeira
15 01 04	Embalagens de metal
15 01 05	Embalagens compósitas
15 01 06	Mistura de embalagens
15 01 10 (*)	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas
15 02 Absorventes, materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de protecção:	
15 02 02 (*)	Absorventes materiais filtrantes, panos de limpeza e vestuário de protecção, contaminados por substâncias perigosas
17 Resíduos de Construção e Demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)	
17 01 01	Betão
17 01 02	Tijolos
17 01 03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos.

<sup>1</sup> **15** — Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de protecção não anteriormente especificados

**17** — Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)

<sup>2</sup> **08** — Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colam, vedantes e tintas de impressão

**13** — Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (excepto óleos alimentares, 05, 12 e 19)

**19** — Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para consumo industrial.

**20** — Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as fracções recolhidas selectivamente

<b>Código Ler</b>	<b>Designação</b>
17 01 06 (*)	Mistura ou fracções separadas de betão, tijolos e ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos contendo substâncias perigosas
17 01 07	Mistura de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06
17 02 01	Madeira
17 02 02	Vidro
17 02 03	Plástico
17 02 04 (*)	Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas
17 03 01 (*)	Misturas betuminosas, contendo alcatrão
17 03 02	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01(*)
17 03 03 (*)	Alcatrão e produtos de alcatrão
17 04 01	Cobre, bronze e latão
17 04 02	Alumínio
17 04 03	Chumbo
17 04 04	Zinco
17 04 05	Ferro e aço
17 04 06	Estanho
17 04 07	Mistura de metais
17 04 09 (*)	Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas
17 04 10 (*)	Cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas
17 04 11	Cabos não abrangidos em 17 04 10
17 05 03 (*)	Solos e rochas contendo substâncias perigosas
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03
17 05 05 (*)	Lamas de dragagem contendo substâncias perigosas
17 05 06	Lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05
17 05 07 (*)	Balastros de linhas de caminho de ferro contendo substâncias perigosas
17 05 08	Balastros de linhas de caminho de ferro não abrangidos em 17 05 07
17 06 01 (*)	Materiais de isolamento contendo amianto
17 06 03 (*)	Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03
17 06 05 (*)	Materiais de construção contendo amianto

<b>Código Ler</b>	<b>Designação</b>
17 08 01 (*)	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas
17 08 02	Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01
17 09 01 (*)	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio
17 09 02 (*)	Resíduos de construção e demolição contendo PCB (por exemplo, vedantes com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçados vedados contendo PCB, condensadores com PCB).
17 09 03 (*)	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas
17 09 04	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

(\*) Resíduos perigosos

As operações de valorização e reciclagem (R...) ou eliminação (D...) são definidos de acordo com o anexo II da Portaria n.º209, de 3 de Março. Seguidamente transcreve-se as operações de valorização e eliminação, desta Portaria.

#### **Operações de valorização de resíduos**

R1 — Utilização principal como combustível ou outros meios de produção de energia.

R2 — Recuperação/regeneração de solventes.

R3 — Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas).

R4 — Reciclagem/recuperação de metais e de ligas.

R5 — Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas.

R6 — Regeneração de ácidos ou de bases.

R7 — Recuperação de produtos utilizados na luta contra a poluição.

R8 — Recuperação de componentes de catalisadores.

R9 — Refinação de óleos e outras reutilizações de óleos.

R10 — Tratamento no solo em benefício da agricultura ou para melhorar o ambiente.

R11 — Utilização de resíduos obtidos em virtude das operações enumeradas de R1 a R10.

R12 — Troca de resíduos com vista a, submetê-los a uma das operações enumeradas de R1 a R11.

R13 — Acumulação de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada).

### **Operações de eliminação de resíduos**

D1 — Deposição sobre o solo ou no seu interior (por exemplo, aterro sanitário, etc.).

D2 — Tratamento no solo (por exemplo, biodegradação de efluentes líquidos ou de lamas de depuração nos solos, etc.).

D3 — Injecção em profundidade (por exemplo, injecção de resíduos por bombagem em poços, cúpulas salinas ou depósitos naturais, etc.). (operação interdita em Portugal)

D4 — Lagunagem (por exemplo, descarga de resíduos líquidos ou de lamas de depuração em poços, lagos naturais ou artificiais, etc.)

D5 — Depósitos subterrâneos especialmente concebidos (por exemplo, deposição em alinhamentos de células que são seladas e isoladas umas das outras e do ambiente, etc.).

D6 — Descarga para massas de águas, com excepção dos mares e dos oceanos.

D7 — Descarga para os mares e ou oceanos, incluindo inserção nos fundos marinhos.

D8 — Tratamento biológico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produz compostos ou misturas finais que são rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D1 a D12.

D9 — Tratamento físico-químico não especificado em qualquer outra parte do presente anexo que produz compostos ou misturas finais rejeitados por meio de qualquer das operações enumeradas de D1 a D12 (por exemplo, evaporação, secagem, calcinação, etc.).

D10 — Incineração em terra.

D11 — Incineração no mar. (operação interdita em Portugal)

D12 — Armazenagem permanente (por exemplo, armazenagem de contentores numa mina, etc.).

D13 — Mistura anterior à execução de uma das operações enumeradas de D1 a D12.

D14 — Reembalagem anterior a uma das operações enumeradas de D1 a D13.

D15 — Armazenagem enquanto se aguarda a execução de uma das operações enumeradas de D1 a D14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada).

## 6. GESTÃO INTEGRADA DE RCD

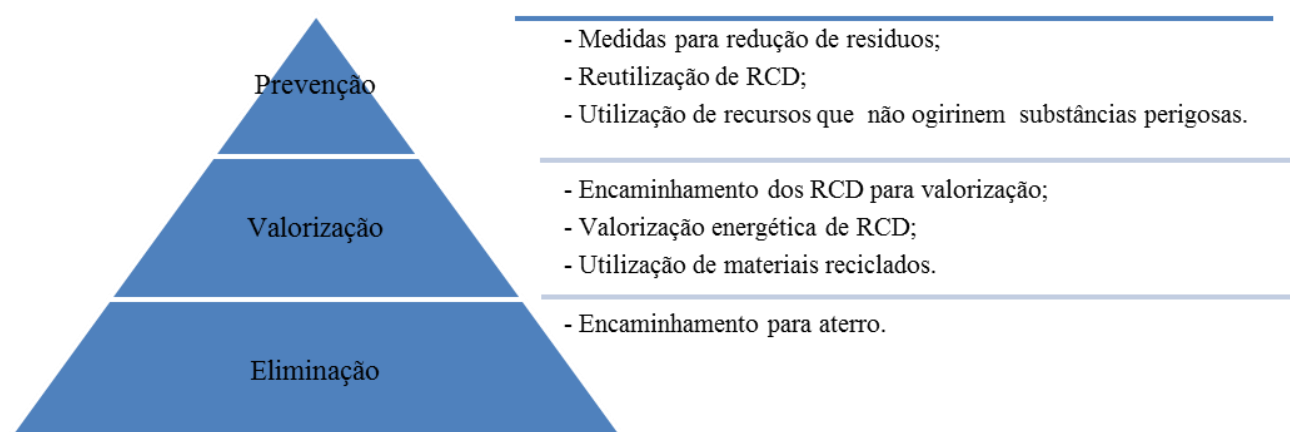
### 6.1 HIERARQUIA DE GESTÃO DE RESÍDUOS

No Decreto-lei 178/2006, de 5 de Setembro, regime geral de resíduos, estão definidos os princípios de hierarquia de gestão de resíduos, conceito reforçado pelo Decreto-Lei n.º46/2008, de 12 de Março. Estabelece-se, na figura 6.1, a hierarquia da gestão de RCD, por ordem de prioridade, reutilização em obra, seguida de triagem em obra de origem. Caso esta não seja possível deve ser justificada e deve ser feita em lugar afecto à mesma, por fim é efectuado o encaminhamento de RCD para operador licenciado (Borges, 2008).



**Figura 6.1 – Hierarquia da gestão de RCD**

Devem ser adoptadas metodologias e práticas a adoptar nas fases de projecto e obra, para que seja possível o cumprimento no disposto nestes diplomas, seguindo a hierarquia da gestão de resíduos, apresentadas na Figura 6.2 (Borges, 2008).



**Figura 6.2 – Hierarquia da gestão de RCD e metodologias e práticas a adoptar nas fases de projecto e obra**

Na fase de projecto deve-se ter a preocupação com a escolha do tipo de materiais a utilizar, medidas para reutilização de materiais, promover a utilização de materiais não perigosos, para evitar a produção deste tipo de resíduos. Estas medidas devem constar do Plano de prevenção de e gestão de RCD, elaborado em fase de projecto.

Na fase da obra, para redução de produção de resíduos deve-se verificar quantidades de materiais necessárias para evitar sobras, reutilização de RCD sempre que possível. Relativamente a valorização de RCD, deve-se verificar potenciais resíduos recicláveis em obra, ou encaminhar para local onde se efectue a valorização de RCD. Promover a utilização de materiais reciclados.

Caso exista impossibilidade de efectuar as operações acima descritas, apenas em último caso, deve-se encaminhar os RCD para aterro.

## 6.2 MATERIAIS/TIPOLOGIAS DE RESIDUOS

Conforme referido anteriormente os resíduos podem ser divididos em resíduos inertes, não perigosos e perigosos. Com base nesta terminologia, apresentam-se três quadros com as principais fontes de produção de vários resíduos, e quais as formas de reciclar ou reutilizar.

No Quadro 6.1 são sintetizadas as principais fontes de produção de resíduos e formas de reciclar ou reutilizar os resíduos inertes, com base apresentação e workshop de Brito, 2010.

**Quadro 6.1 – Principais fontes de produção de resíduos inertes**

Resíduos	Principais fontes de produção	Reciclagem ou reutilização
Betão	Estruturas em betão armado ou caixas de esgotos	Betão triturado resultante de demolições, pode ser reutilizado com material de aterro, base de enchimento para valas e tubagens e pisos térreos de edifícios; betão crivado com poucas impurezas, pode ser utilizado como sub-base n construção de estradas, agregados reciclado para o fabrico de betão e base de enchimento para sistemas de drenagem betão triturado e crivado, limpo de impurezas e com menos de 5% de tijolo (construção de estradas, produção de betão, material de aterro estrutural e base de enchimento para valas de tubagens.
Materiais cerâmicos	Alvenaria de tijolo, azulejos, porcelanas	Tijolos: Material para enchimento para valas e tubagens, material de enchimento para estabilização de caminhos rurais, revestimento de campos de ténis, Reutilização de tijolos inteiro (quando possível) Azulejos: Utilizados para ornamento quando intactos e material de enchimento quando triturados.

Resíduos	Principais fontes de produção	Reciclagem ou reutilização
Vidro	Janelas e Portas	Em obras de demolições, estes devem ser removidos durante a fase de desmantelamento, para evitar mistura com outros resíduos. Reutilização do vidro é difícil. Pode ser reciclado para utilização em construção de estrada e fabrico de novo vidro.

O betão após processo de trituração, britagem, resulta em material britado. Para a sua incorporação em obra, deve ser sujeito a análises, para caracterização do agregado e conteúdo de finos existentes, segundo as especificações LNEC.

Existem, até à data, quatro especificações técnicas definidas pelo LNEC e homologadas pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas do ambiente e das obras públicas. Estas especificações fornecem recomendações e estabelecem requisitos mínimos para a utilização de RCD, nomeadamente em:

- a) Agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos, E471-2009;
- b) Misturas betuminosas a quente em central, E472-2009;
- c) Agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos, E473-2009;
- d) Aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte, E474-2009;

As especificações técnicas, visam contribuir para uma construção sustentável, promover a reciclagem reutilização. Definem recomendações para processamento e armazenamento dos RCD, condições gerais de utilização dos RCD reciclados, classificação e identificação dos RCD, propriedades e requisitos mínimos e regras de aplicação dos materiais.

No Quadro 6.2 são sintetizadas as principais fontes de produção de resíduos e formas de reciclar ou reutilizar os resíduos não perigosos, recicláveis, com base em várias fontes (manual da Lipor) e apresentação e workshop de Brito, 2010.

**Quadro 6.2 – Principais fontes de produção de resíduos não perigosos**

Resíduos	Principais fontes de produção	Reciclagem ou reutilização
Resíduos de madeira	Madeira de cofragem, mobiliário, portas e aduelas, soalhos, caixilhos de janelas, paletes de transporte de materiais, embalagens de madeira, etc.	Mobiliário, soalhos, portas, caixilhos de janelas, reparação de edifícios rurais, material de enchimento para correcção de talude, estacas para plantas, camas para animais, compostagem, etc.
Resíduos de metais (ferro e aço, alumínio, cobre, zinco, latão)	Armaduras, caixilharias de janelas, mobiliário metálico, perfis metálicos, entre outros.	A reciclagem deste resíduo tem taxas de sucesso elevadas. São normalmente fundidos por tipologias para fabrico de novo aço ou alumínio.
Papel e Cartão	Embalagens de cartão de materiais e construção. Papel de escritório	Desde que limpos e secos podem ser reintegrados na produção de papel e cartão reciclado, isolamento com celulose, combustível para incineração.
Plásticos	Embalagens de plástico (15 01 02) de materiais de construção, Plástico 17 02 03 (exemplo: tubos de PVC, PP).	Os resíduos de plástico limpos são transformados em grânulos e reutilizados na produção de novos produtos plásticos. Podem ainda servir para valorização energética,
Resíduos de embalagens compósitas	Sacos de cimento, para execução de argamassas ou caldas de cimento.	Não são passíveis de reutilização ou reciclagem.

Existem vários produtos fabricados com plástico reciclado, por exemplo: tubos para canalizações, tapetes e pavimentos, embalagens, material para enchimento de colchões, bonecos de peluche, entre outros, segundo a empresas de gestão de resíduos.

No Quadro 6.3, são sintetizadas as principais fontes de produção de resíduos e formas de reciclar ou reutilizar de alguns resíduos perigosos.

**Quadro 6.3 – Principais fontes de produção de resíduos perigosos**

Resíduos	Principais fontes de produção	Reciclagem ou reutilização
Resíduos de embalagens contaminadas	Latas de tinta, Bidão de produtos químicos	Não são passíveis de reutilização ou reciclagem.
Resíduos de Óleos	Óleos de manutenção de equipamentos	Tratamento dos óleos usados para posteriormente
Resíduos de Solos e rochas contendo substâncias perigosas	Terra de absorção de derrames de óleos, ou produtos químicos, solos contaminados	É possível efectuar tratamento biopilhas caso sejam grandes quantidades de solos contaminados. (fonte: QUIMITÉCNICA)

### 6.3 PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Conforme referido no enquadramento legislativo, o Decreto-Lei n.º 46/2008, introduz a obrigatoriedade de execução de um Plano de Prevenção e Gestão (PPG) de Resíduo de Construção e Demolição nas empreitadas e concessões de obras públicas, que assegure o cumprimento dos princípios gerais da gestão de RCD (artigo 10.º). Este plano deverá ser elaborado na fase de projecto e será parte integrante do projecto de execução.

No que se refere a obras particulares sujeitas a licenciamento ou comunicação prévia, o artigo 11.º do mesmo diploma, define as obrigações do produtor, em assegurar um sistema de acondicionamento adequado que permita uma gestão selectiva, assim com metodologias de triagem e registo de dados de RCD, no entanto neste caso, não é obrigatória a elaboração de um PPG.

Segundo o diploma o Plano de Prevenção e Gestão de RCD deve ser constituído por:

- a) Caracterização sumária da obra a efectuar, descrição dos métodos construtivos a utilizar tendo em vista os princípios de gestão referidos no artigo 2.º do Decreto-Lei 46/2008 de 12 de Março, e as metodologias e práticas a adoptar nas fases de projecto e de execução da obra, referidas no artigo 5.º do mesmo diploma;
- b) A metodologia para a incorporação de reciclados de RCD;
- c) A metodologia de prevenção de RCD, com identificação e estimativa dos materiais a reutilizar na própria obra ou noutros destinos;

- d) A referência aos métodos de acondicionamento e triagem de RCD na obra ou em local afecto à mesma, devendo, caso a triagem não esteja prevista, ser apresentada fundamentação da sua impossibilidade;
- e) A estimativa dos RCD a produzir, da fracção a reciclar ou a sujeitar a outras formas de valorização, bem como da quantidade a eliminar, com identificação do respectivo código LER. O quadro seguinte apresenta-se o quadro estimativa de RCD do PPG modelo da APA.

**Quadro 6.4 – Quadro de estimativa de RCD do PPG (modelo da APA)**

<b>5 – PRODUÇÃO DE RCD</b>							
Código LER	Quantidades produzidas (t)	Quantidade para reciclagem (%)	Operação de reciclagem	Quantidade para valorização (%)	Operação de valorização	Quantidade para eliminação (%)	Operação de eliminação
Total							

O plano de prevenção e gestão é efectuado na fase de projecto, e executado pela entidade executante em obra, para garantir:

- A promoção da reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD, em obra, como exemplo agregados inertes reciclados;
- A existência na obra de um sistema de acondicionamento de RCD, que permita a sua gestão selectiva;
- A aplicação em obra de metodologias de triagem de RCD ou, nos casos onde não é possível, o seu encaminhamento para operador licenciado;
- Que os RCD permanecem em obra o menor tempo possível que, no caso dos resíduos perigosos, não pode ser superior a três meses.

O PPG pode ser sujeito a alterações pelo DO, na fase de execução, desde que proposto pelo produtor de RCD, ou no caso de empreitadas de concepção e construção, pelo adjudicatário, com autorização do DO e desde que esta seja devidamente fundamentada.

Este documento deve ser do conhecimento de todos os intervenientes na execução da obra, assim como deve estar disponível em obra, para consulta e inspecção de entidades competentes.

A Agência Portuguesa do Ambiente, após a entrada em vigor deste diploma, disponibilizou no seu site um modelo do plano de prevenção e gestão de RCD, Vide Anexo I.

#### **6.4 DESCONSTRUÇÃO/DEMOLIÇÃO SELECTIVA**

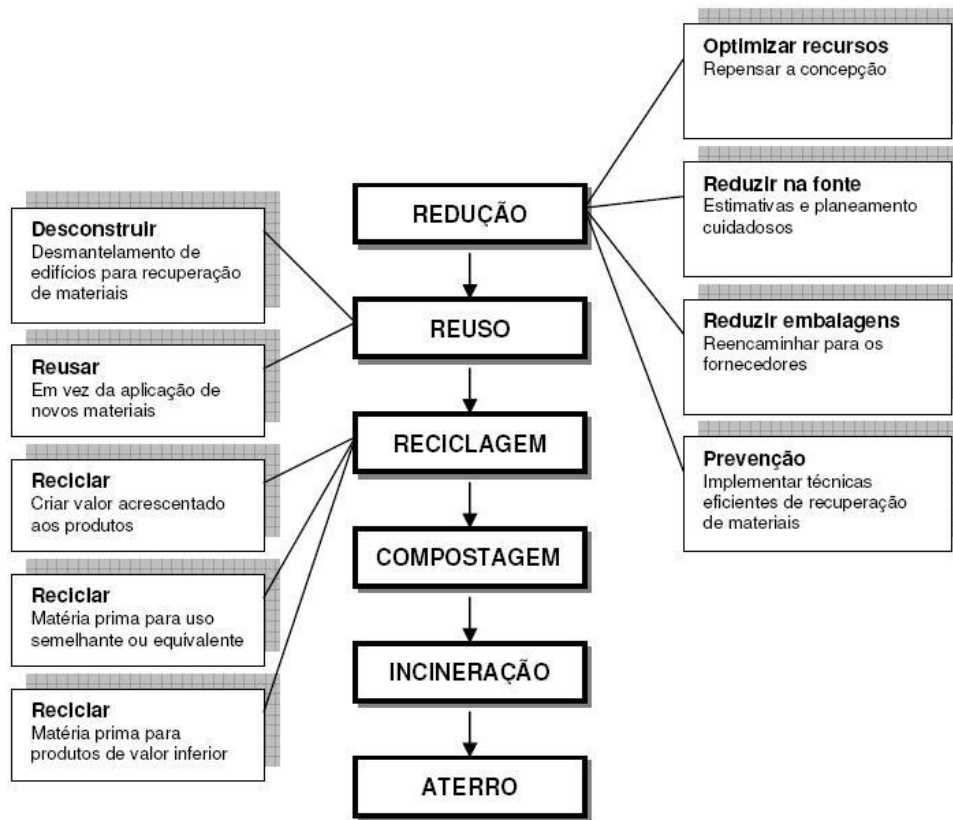
O conceito de desconstrução é um conceito recente surgido com o rápido crescimento da demolição de edifícios e evolução das preocupações ambientais da população, assente na possibilidade de contribuir para a construção sustentável (Nutau, 2006).

A desconstrução ou demolição selectiva (DS), de um edifício é um processo que se caracteriza pelo seu desmantelamento cauteloso, com o objectivo de recuperar o máximo de materiais e componentes da construção, promovendo a sua reutilização e reciclagem. Este conceito aparece no contexto de diminuição da produção de resíduos e do consumo de recursos naturais.

No entanto, em Portugal, por ainda existir abundância de matéria-prima para o fabrico de materiais de construção, nomeadamente o betão, não existe no país a necessidade premente de encarar tecnologias como a demolição selectiva uma fonte de matéria-prima alternativa.

A desconstrução/demolição selectiva, possibilita a reutilização de materiais, a reciclagem, a inovação e tecnologia, a sustentabilidade na construção, o aparecimento de um novo mercado – o de materiais usados, benefícios económicos e ambientais. Na

Figura 6.3, apresenta-se a importância da desconstrução, visando a valorização de resíduos e possibilitando cumprir com os princípios de hierarquia das operações de gestão de resíduos (Nutau, 2006).



**Figura 6.3 – Hierarquia da gestão de resíduos para a demolição e operações de construção (Nutau, 2006).**

A realização de uma DS deve ser constituída por fases distintas: a fase dos trabalhos prévios, a fase da desconstrução.

Os trabalhos prévios devem ser compostos por estabelecimento de medidas gerais de segurança que se referem à comunicação da obra aos órgãos responsáveis, ao tratamento especial de certos locais do edifício, à desactivação das instalações existentes, aos escoramentos prévios, à montagem de andaimes se necessário, à previsão dos meios de protecção colectiva, de evacuação dos materiais e elementos recuperáveis e da previsão da protecção pessoal. É importante que a demolição só comece depois de o abastecimento por estas redes ter sido desactivado.

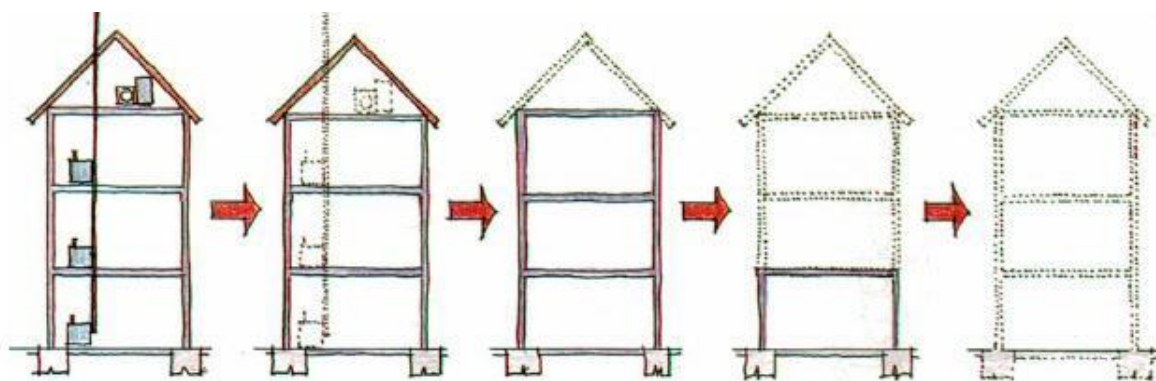
Devem também ser assegurados meios para a realização da demolição, independentes dos edifícios a demolir, nomeadamente de água para controlo da dispersão de poeiras de demolição e de electricidade para a alimentação de equipamentos.

Após término dos trabalhos prévios, pode dar-se início à fase de desconstrução, constituída por duas fases: o desmantelamento dos materiais de revestimento da construção e, de seguida, a demolição do seu corpo estrutural. As várias etapas que constituem a fase de desmantelamento são apresentadas no Quadro 6.5, sendo que a ordem de trabalhos adoptada não é necessariamente aquela que deverá ser cumprida.

**Quadro 6.5 – Etapas da fase de desmantelamento da demolição selectiva (Ruivo e Veiga, 2004)**

Sub-actividade	Materiais	Comentários
Remoção selectiva dos materiais com valor comercial	Materiais arquitectónicos com elevado valor (como por exemplo lareiras, madeira trabalhada, algum ferro forjado e azulejos com funções decorativas, etc.), alguns tipos de telhas, vidraças, portam envidraçadas, encaixes eléctricos e alguns metais (como tubos de cobre).	Se este processo não for efectuado, o local poderá ficar sujeito a actos de roubo.
Remoção de outros materiais acessíveis	Vãos exteriores e interiores, com respectivas guarnições, e todo o tipo de divisórias leves e acabamentos removíveis, como tectos falsos, soalhos ou alcatifas. Seguem-se, com limpezas intermédias, as instalações especiais como elevadores, redes de ar condicionado e outras. Removem-se então as coberturas, aparelhos e rede eléctrica, tubagens de	Estes materiais poderão ter algum valor comercial, mas devem ser retirados essencialmente para tornarem o processo de reciclagem mais eficiente.
Remoção de materiais acessíveis que, se não forem retirados, diminui o valor dos agregados após trituração	Materiais de madeira, plástico acessíveis e volume de vidro excessivos. Por vezes, o gesso também pode ser retirado nesta fase.	Aumento do valor dos agregados secundários produzidos a partir dos RCD.
Remoção de materiais acessíveis que, se não forem retirados, tornam os RCD em resíduos perigosos	Amianto e outros materiais perigosos.	Redução da quantidade de RCD que tem que ir para aterros de resíduos perigosos.
Tratamento químico <i>in-situ</i> de partes do edifício que foram contaminadas ao longo da sua vida e remoção apropriada	Materiais superficiais (paredes, soalhos e coberturas de telhados).	Este é um conceito relativamente novo. Só é provavelmente apropriado para estruturas industriais.

A DS deve ser efectuada com critérios prioritários de execução. Um dos critérios é que o desmantelamento e a demolição do edifício devem ser realizados no sentido inverso ao da sua construção lógica, conforme representado na Figura 6.4.



**Figura 6.4 – Ordem de demolição de edifício (Manual de Desconstrucción, 1995).**

Desta forma, todo o processo deve começar pelo topo, desenvolvendo-se no sentido descendente, de maneira simétrica, começando por se retirar os equipamentos industriais e por fazer a demolição da cobertura e terminando no primeiro piso construído ou nas fundações.

A fase da demolição da estrutura do edifício deve ser realizada com o recurso a métodos e técnicas que facilitem a selecção “*in situ*” dos materiais para potenciar uma maior valorização posterior (“Manual de desconstrucción”, 1995).

### 6.5 ACONDICIONAMENTO, TRIAGEM E TRANSPORTE

Segundo a legislação em vigor, Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de Março, é da responsabilidade da entidade executante a garantir a existência de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão selectiva dos RCD, e executar os pressupostos no PPG de resíduos de construção e demolição

Deve ainda assegurar a existência de uma metodologia de triagem em obra, ou, nos casos em que tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado. Na Figura 6.5, apresenta-se o esquema da estrutura de gestão de resíduos em obra.



**Figura 6.5 – Esquema de estrutura de gestão de resíduos em obra**

Os resíduos devem ser triados, sempre que possível, em diferentes fileiras de materiais, tendo em vista a potencial reutilização ou reciclagem. Identificam-se alguns exemplos de fileiras de resíduos de betão, misturas de betão e tijolo, materiais cerâmicos e ladrilhos, madeira, metais, plástico, papel e cartão, vidro, resíduos perigosos.

A separação dos resíduos deve iniciar na frente de obra, à medida que vão sendo produzidos, através da segregação de vários materiais. Estes serão colocados nas zonas de acondicionamento de resíduos, que deverão estar disponíveis no estaleiro numa zona denominada Parque de Resíduos. Este deverá estar localizado em zonas visíveis e fácil acesso, para possibilitar o seu uso correcto. No entanto, sempre que possível, deverão ser colocados contentores, ou outros meios, junto ao local de segregação do resíduo para evitar a mistura de resíduos.

Existem, alguns resíduos que por vezes são acondicionados a granel nas frentes de obra para posterior transporte para o local de armazenamento, como por exemplo, os resíduos de ferro e aço, resíduos inertes (betão, misturas de betão e tijolo, materiais cerâmicos, ladrilhos, etc.).

Os meios de acondicionamento, que podem ser disponibilizados, em obra para segregar e efectuar a triagem dos RCD, variam mediante a natureza de cada fileira de resíduos. Na figura seguinte, são apresentadas algumas formas de acondicionamento de resíduos.



**Figura 6.6 – Formas de acondicionamento em obra**

Para o acondicionamento de resíduos tais como madeira, inertes, metais, plástico, papel e cartão, pode-se utilizar os contentores metálicos, cujo volume poderá variar consoante a quantidade do resíduo a produzir. Salienta-se que, os resíduos de madeira, inertes, metais, por vezes também são acondicionados a granel. No caso de existir pouca quantidade de resíduos, pode-se utilizar os big bags, por exemplo para inertes, plástico, papel e cartão, materiais de isolamento, entre outros, o acondicionamento de papel. Os jerricans até 50litros, são utilizados para resíduos de óleos ou águas oleosas em pequena quantidade. Os bidões de 200litros, pode ser utilizados para condicionamento de embalagens contaminadas, absorventes contaminados, ou terras contaminadas provenientes de recolha do material absorvente colocado em caso de derrame.

Os intervenientes na obra devem ser informados através de acções de sensibilização de formas de separação e das zonas de acondicionamento dos resíduos.

Após a triagem efectuada em obra, procede-se à solicitação de troca de contentores, que permite a expedição dos resíduos da obra para o parque de armazenamento de resíduos do operador de gestão licenciado.

Os resíduos são recolhidos e transportados por operador licenciado, autorizado a transportar resíduos, nos termos da alínea b) do nº 1 do Ponto 2º da Portaria n.º 335/97 de 16 de Maio, relativa ao transporte de resíduos.

O transporte de resíduos deve ser acompanhado de uma GAR específica para transporte de RCD, de acordo com a Portaria n.º 417/2008 de 11 de Junho.

Existem dois modelos, disponíveis, de guias de acompanhamento de RCD:

- RCD provenientes de um único produtor/detentor, Anexo I, da Portaria n.º 417/2008;
- RCD provenientes de mais do que um produtor/detentor, Anexo II, da Portaria n.º 417/2008;

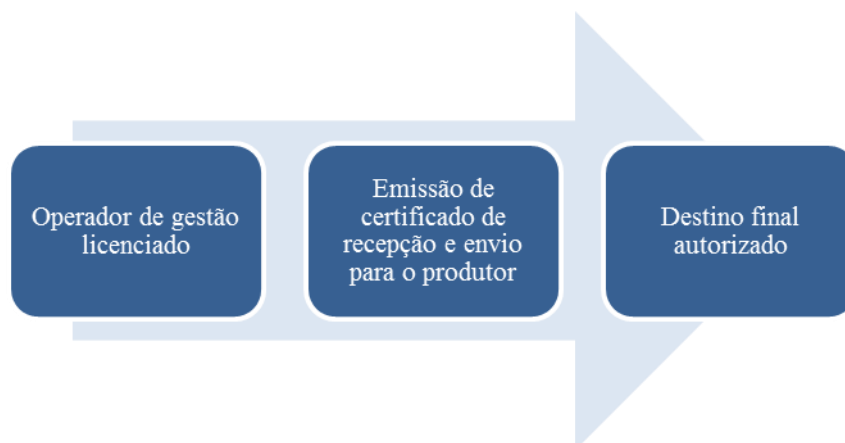
Como exemplo, explica-se, do modelo constante do Anexo I à referida Portaria, o produtor ou detentor do resíduo, deverá preencher os campos II, III e IV. O transportador deverá preencher o campo I, o destinatário, operador licenciado confirmará a recepção dos RCD mediante a assinatura dos campos respectivos da Guia e emite um certificado de recepção dos respectivos RCD, que posteriormente será enviado ao respectivo produtor. Ver exemplo no Anexo II.

Existe um planeamento e comunicação entre os técnicos de obra e os operadores de resíduos, e consoante o tipo de resíduo, localização e acessibilidade em obra, é enviado o transporte adequado para a recolha.

Na maioria dos casos os resíduos, são transportados em viaturas de recolha de RCD acondicionados em contentores metálicos de 6 ou 8 m<sup>3</sup>. Quando a quantidade de resíduos é elevada recorre-se ao transporte a granel, utilizando galeras de 22 m<sup>3</sup>, e efectua-se a carga directa. No caso de resíduos perigosos, estes são transporte fechado e devem ser acondicionados em cima de paletes e envoltos em película de plástico para facilitar o transporte. Os materiais contendo amianto, classificados como resíduos perigosos, devem ser removidos com recurso a equipamentos especiais e transportados selados com película de plástico, para evitar dispersão de partículas, e devidamente identificados com etiqueta de existência de amianto.

## 6.6 OPERADORES DE GESTÃO DE RESÍDUOS

Na figura seguinte, apresenta-se um esquema da estrutura de gestão de resíduos após envio dos RCD para operador licenciado.



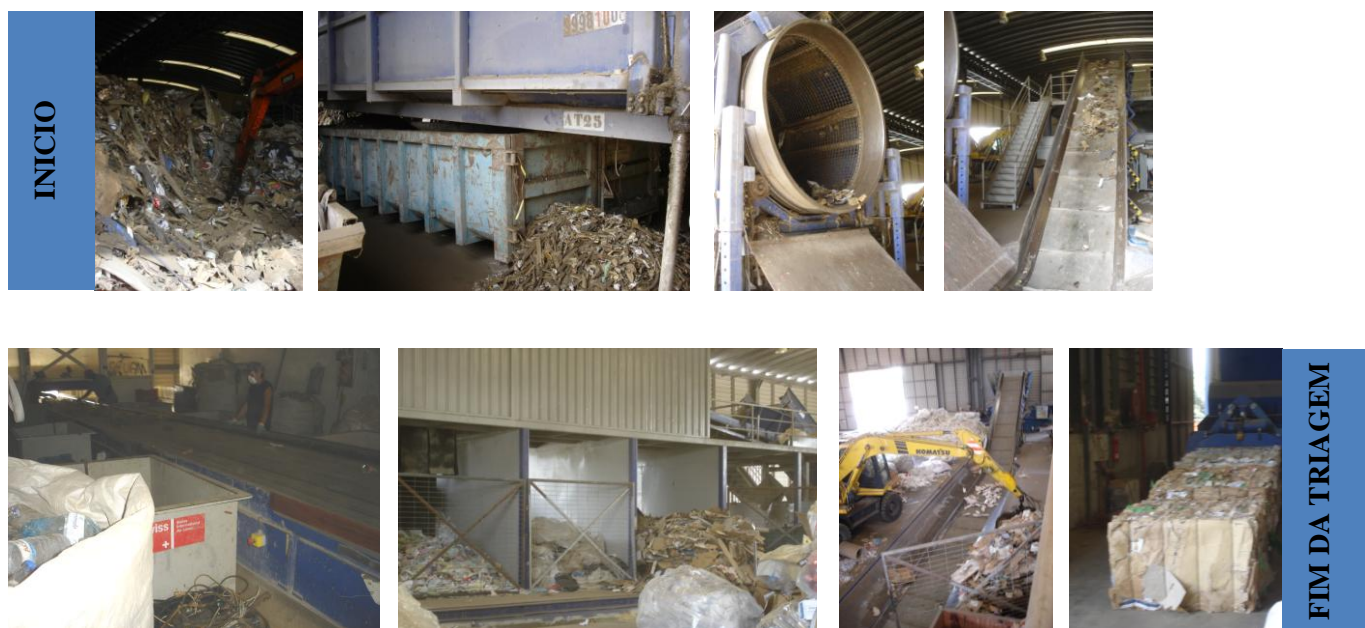
**Figura 6.7 – Esquema de estrutura de gestão de resíduos após entrega de RCD em operador licenciado**

Após efectuada segregação, triagem, acondicionamento de resíduos, por fileiras de resíduos deverá ser preferencialmente transportado para destino final adequado, para evitar transportes intermédios. Esta prática é efectuada, por exemplo, no transporte de solos e rochas não contendo substâncias perigosas, quando não possam ser reutilizados quer na obra de origem, que noutras obras.

No entanto, é prática comum no sector da construção civil, contratar operadores de gestão de resíduos que efectuem as operações de recolha e transporte de resíduos para as suas instalações e posteriormente reencaminham para destino final.

Apesar de existirem mais intervenientes, por outro lado, ao reencaminhar-se os RCD para operadores de gestão licenciados, também existem ganhos para o ambiente, pois estes armazenam os resíduos até obter maior quantidade e encaminhar para destino final. Desta forma rentabilizam o número de transportes e aumentam a viabilidade de efectuar uma operação mais adequada.

São implementadas metodologias de triagem nas obras, no entanto, por vezes os RCD são reencaminhados, com alguma percentagem de mistura. Estes, após serem recepcionados nos parques de armazenagem de resíduos dos operadores, são sujeitos a uma segunda triagem, conforme, representado da figura 6.8.



**Figura 6.8 – Sequência de triagem nas instalações de operador licenciado.**

A primeira e segunda figura, representam respectivamente, o local de descarga dos resíduos, que seguidamente passam por um crivo, onde são separadas eventuais terras e outros. Posteriormente passam para o tapete (terceira e quarta) para encaminhar para uma zona onde é feita uma triagem manual (quinta figura), por exemplo de: plástico, papel, ferro e aço. Estes resíduos depois de triados passam para umas compartimentações (sétima figura), quando estão cheios são abertos e passam novamente para o tapete onde são encaminhados para uma prensa, e é feito um fardo, por tipo de resíduos para posteriormente encaminhamento para destino final.

A figura 6.9, apresenta um exemplo de RCD inertes a aguardar encaminhamento.



**Figura 6.9 – RCD inertes**

O operador de gestão, no prazo máximo de 30 dias após a recepção dos RCD, nas suas instalações, procede à emissão e entrega de um certificado de recepção, conforme disposto no artigo 16.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. Deste deve constar, um campo com os dados da entidade que emite o certificado, seguido da identificação do produtor/detentor dos RCD e dos dados do transportador. Deve ainda, incluir a classificação dos RCD de acordo com a Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março (lista europeia de resíduos), quantificação dos RCD e identificação da operação de valorização ou de eliminação destes. Por último a data da emissão do certificado, o período a que respeita e assinatura do emissor do mesmo, conforme Anexo III, do decreto-lei atrás referido.

## 7. CASOS DE ESTUDO

Conforme referido anteriormente, pretende-se com este estudo, obter indicadores de referência que servirão de base para estimar com maior rigor a produção de resíduos de uma obra, uma vez que, para encontrar uma solução eficaz para a gestão dos RCD é essencial conhecer, com maior exactidão possível, a quantidade e tipologia de resíduos produzidos.

Identificou-se estudo efectuado, em Espanha pelo ITEC, onde se obtiveram indicadores de volume de produção de resíduos por tipo de construção, referido anteriormente no capítulo 3.

Para o presente estudo consideraram-se os indicadores de Espanha para comparação dos resultados obtidos. Esta escolha baseou-se na proximidade geográfica e na semelhança entre os métodos construtivos de ambos os países.

A metodologia aplicada aos casos de estudo, para a obtenção de indicadores de quantidades de RCD foi semelhante a estudos efectuados em Espanha (Catalunha) pelo ITEC em 2000:

1. Recolha de quantidades reais de resíduos produzidos em obras de construção (fase de estruturas) e de demolição;
2. Análise da produção de RCD dos casos de estudo, para a obtenção de indicadores de resíduos de construção (RC) e de resíduos de demolição (RD);
3. Estimativa de volume de produção de resíduos por área de construção/demolição ( $m^3/m^2$ ). Serão também analisados a quantidade de resíduos em  $kg/m^2$ .

Resíduos de Construção (RC):

$$\text{Produção RC} / \text{Área Construção} (m^2) = \text{Índice de Resíduos} (m^3/m^2) \quad \text{Eq. (1)}$$

Resíduos de Demolição (RD):

$$\text{Produção RD} / \text{Área Demolição} (m^2) = \text{Índice de Resíduos} (m^3/m^2) \quad \text{Eq. (2)}$$

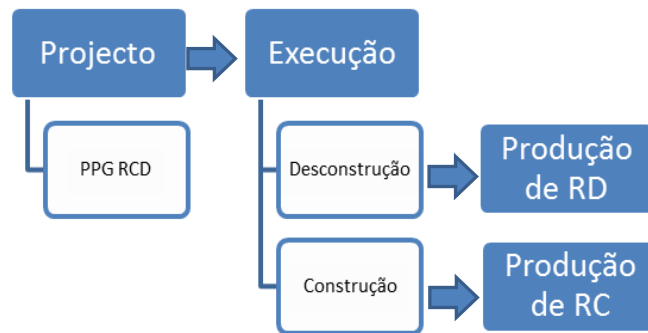
No caso de estudo 1 e 2, a recolha de dados, para obter a quantidade de produção de RC e de RD, foi efectuada através dos dados do mapa de controlo de resíduos, registo interno da OPWAY, actualizados por técnicos de qualidade e ambiente afectos à obra, sempre que existe uma operação de gestão de resíduos. Para o caso de estudo 3, os dados foram fornecidos pelo ACE através do registo interno de controlo de resíduos. Destes mapas constam os seguintes campos de preenchimento: Código LER,

designação do resíduo, quantidade em peso e volume, produtor, transportador, operador de gestão, n.º de GAR, data de recolha, data de recepção do certificado de recepção, operação de gestão.

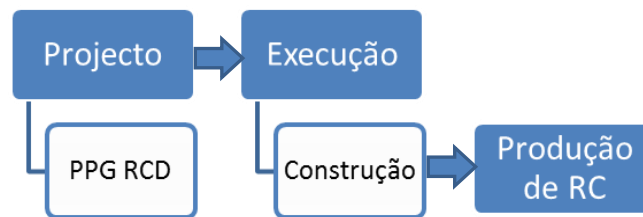
A quantidade de resíduos, em peso é obtida após a entrega do certificado de recepção, da responsabilidade do operador de resíduos, onde estão definidas as toneladas de cada resíduo, por código LER. A quantidade em volume corresponde ao volume do contentor ou big bag, onde os resíduos são acondicionados. No caso de o resíduo estar acondicionado a granel a quantidade corresponde ao volume do contentor do transporte.

Para obter as quantidades totais de resíduos, foram efectuados quadros resumo, com o somatório por tipos de resíduos, por cada código LER, em peso e volume.

A Figura 7.2 e Figura 7.3, representam, respectivamente, de formas esquemática as fases em que a produção dos RCD são planeados, em projecto, e produzidos na fase de obra, caso de estudo um, dois e três. Nos casos de estudo analisa-se a fase de execução.



**Figura 7.1 – Esquema do Caso de Estudo 1 e 2**



**Figura 7.2 – Esquema do Caso de Estudo 3**

As diferenças entre os dois esquemas prendem-se com o facto dos Casos de Estudo 1 e 2 resultarem de Empreitadas de Ampliação, ou seja alteração de infra-estruturas existentes, nomeadamente ampliações. Tal resultou na demolição de edifícios para a construção de novos, adaptados às novas necessidades dos projectos, o que origina resíduos da demolição, e resíduos resultantes das actividades

de construção. O caso de estudo 3 consiste numa construção num terreno livre, o que apenas origina e resíduos resultantes das actividades de construção.

Nos subcapítulos, seguintes, são descritos os três casos de estudo, localizados na área da grande Lisboa:

- Caso 1 – Empreitada de construção de estruturas e fundações do Novo Busgate Norte do Aeroporto de Lisboa.
- Caso 2 – Empreitada de construção da estrutura em betão armado do futuro centro comercial Fórum Sintra, localizado no Sintra Retail Park.
- Caso 3 – Empreitada de construção de um Hospital na área da Grande Lisboa, fase de estruturas e fundações.

## 7.1 CASOS DE ESTUDO 1

O caso de estudo 1 baseia-se na recolha e análise de dados relativos à produção de RC na Fase de Estruturas, de uma obra de construção civil, que consiste na construção do Novo *Busgate* Norte e ampliação dos Terminais de Bagagens do Aeroporto de Lisboa. Foram também analisados dados da produção RD provenientes da demolição dos edifícios existentes.

O Edifício do Novo *Busgate* Norte – Ampliação dos Terminais de Bagagem é uma construção nova que dará continuidade às actuais instalações do Aeroporto e que se desenvolve por 6 níveis (Nível 0, 1, 2, 4, 5 e 6). Este Edifício integra o novo *Busgate* norte – centralizando neste todo o processamento de passageiros – Partidas / Chegadas / Transferências; Ampliação dos Terminais de Bagagem – expandindo os actuais Sistemas de Tratamento de Bagagens de Partidas e de Chegadas. Está implantado numa extensão de 275 m, ocupando 1 área de implantação cerca de 37 000 m<sup>2</sup> e uma área de construção de aproximadamente 145 000 m<sup>2</sup>.

A concepção estrutural é composta por fundações indirectas com recurso a estacas moldadas no terreno. A superestrutura é uma estrutura mista em betão armado e estrutura metálica. A estrutura em betão armado consiste em lajes maciças, com recurso à aplicação de pré-esforço, pilares, vigas, paredes e escadas. As Coberturas são totalmente em estrutura metálica.

O Nível 5 é composto por estrutura metálica, em quase toda a sua totalidade, suportando lajes mista de betão com cofragem colaborante (chapa colaborante).



**Figura 7.3 – Edifício Novo *Busgate* Norte - Caso de Estudo 1**

Segundo o programa de trabalhos a empreitada divide-se em duas fases. O presente estudo foi realizado com base na primeira fase, uma vez que a segunda fase da obra não teve início até à data de elaboração do mesmo. Foram definidas percentagens para cada uma das fases da empreitada, para se analisar as quantidades de resíduos apenas da primeira fase. O método utilizado para a obtenção das percentagens, foi através da medição da área da segunda fase e subtraiu-se à área de construção total.

No quadro seguinte são apresentadas área de construção e percentagens que cada fase representa.

**Quadro 7.1 – Áreas e Percentagens das fases da obra – Caso estudo 1**

Fase	Área de Construção (m <sup>2</sup> )	Percentagem (%)
1.º Fase	114 550	79
2.º Fase	30 450	21

Com base nas quantidades de produção dos autos de medição da OPWAY, apresentam-se no Quadro 7.2, as principais quantidades de materiais utilizados na obra, durante a fase 1. Considerou-se o peso volumico do betão de 2,4 ton/m<sup>3</sup>, para obter a quantidade de betão em toneladas, valor retirado das Tabelas Técnica.

**Quadro 7.2 – Quantidade de Materiais utilizados – Caso estudo 1**

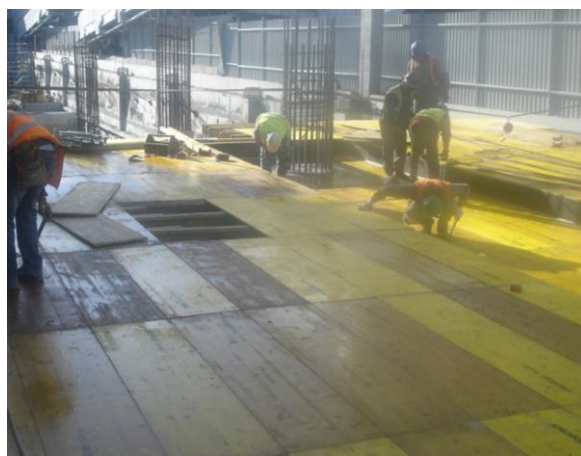
Materiais utilizados	Quantidade (ton)
Betão	105 401
Aço para estrutura	6 841
Estrutura Metálica	971 313

Seguidamente são explicadas algumas metodologias adoptadas para a execução da obra, tipo de cofragem, e aplicação de aço pré-moldado.

O tipo de cofragem utilizado um sistema misto, em que se utilizou cofragem metálica e cofragem de madeira. Os pilares foram executados com estrutura metálica, conforme Figura 7.4. Para execução de lajes utilizou-se cofragem de madeira, sistema tradicional (painéis de cofragem e vigas em madeira, prumos/cimbres metálicos), ou mesas de cofragem (conjunto de painel de cofragem com 2,00x3,00m e prumos metálicos), exemplos nas figuras Figura 7.5 e Figura 7.6, respectivamente. A segunda solução tem menor produção de resíduos.



**Figura 7.4 – Cofragem metálica em pilares - Caso de Estudo 1**

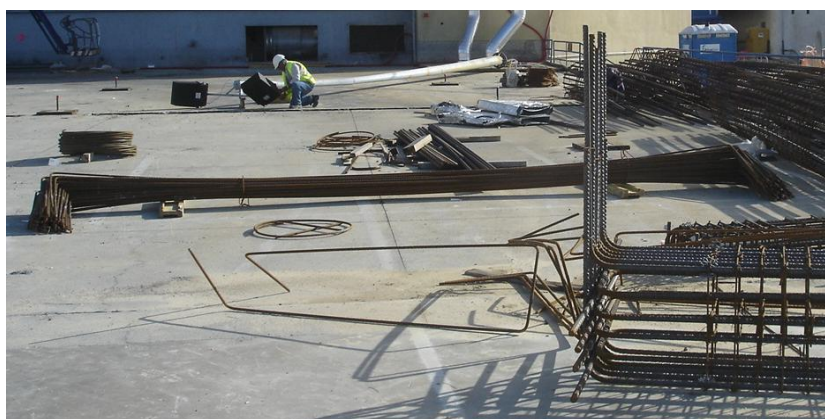


**Figura 7.5 – Cofragem tradicional - Caso de Estudo 1**



**Figura 7.6 – Mesas de Cofragem - Caso de Estudo 1**

Para a actividade de montagem de armaduras, optou-se por contratar um subempreiteiro para fornecimento e aplicação do aço. Este fornece o aço pré-moldado, pronto para a montagem e aplicação. Desta forma reduz-se os resíduos deste material. Os desenhos das armaduras são preparados em obra. Posteriormente essa informação é enviada para a fábrica, onde se efectuam os cortes e moldagem dos varões. No entanto, caso o planeamento seja alterado, quando o material se encontra na obra, pode-se originar maior quantidade de resíduos.



**Figura 7.7 – Aço pré-moldado - Caso de Estudo 1**

### **7.1.1 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO**

A construção deste edifício corresponde a uma área total de 145 000 m<sup>2</sup>, no entanto a análise dos dados refere-se apenas à área de 114 550 m<sup>2</sup>, conforme atrás referido.

Conforme indicado no início do capítulo, a recolha de dados foi efectuada através dos dados do mapa de controlo de resíduos, registo interno da empresa, actualizado sempre que ocorrem operações de recolha de resíduos. Foram efectuados quadros resumo de resíduos, com o somatório por tipos de resíduos. Estes dados correspondem ao período de Maio de 2009 até Setembro de 2010.

Para obter os indicadores de referência foram excluídas as quantidades de solos e rochas não contaminados. Estes materiais foram reencaminhados e reutilizados em duas pedreiras, para recuperação paisagística, tendo sido verificadas as licenças destas pedreiras. Estas confirmam a recepção dos solos e rochas, através do envio de declarações escritas a informar a quantidade de solos e rochas recebidos (exemplo em Anexo III).

Com base na metodologia referida no início deste capítulo, (Equação 1), obteve-se a quantidade de resíduos de construção produzidos por área de construção. No Quadro seguinte, são apresentados os indicadores da produção de resíduos de construção para uma obra de estrutura mista (betão armado e estrutura metálica).

**Quadro 7.3 – Indicador de referência de quantidade de RC – Caso estudo 1**

Construção	Área de Construção (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Edifício fase de Estruturas	114 550	0,002	0,004

Verifica-se que para este tipo de construção existe uma reduzida quantidade de resíduos de construção em relação à área de construção. Para comparação destes resultados, resume-se no quadro 7.4, os indicadores de referência, obtidos pelo ITEC, referidos anteriormente no capítulo 3.1.1.

**Quadro 7.4 – Indicadores de referência para comparação de quantidade de RC**

Fase de Construção	Processo construtivo	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Estruturas	Cofragem tradicional de madeira	0,015
Estruturas	Cofragem metálica	0,00825
Estruturas	Cofragem mista	0,012 <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup>Valor médio estimado

O tipo de cofragem utilizado nesta obra foi cofragem mista. Admitiu-se, por isso, um valor médio de 0,012 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, para construção com cofragem mista, para comparação com este caso de estudo.

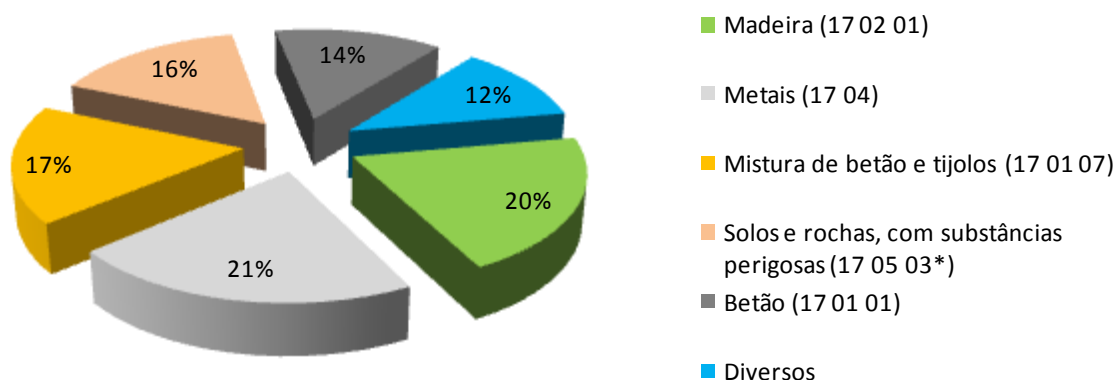
Os resultados deste caso de estudo, 0,004 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, são inferiores relativamente aos indicadores do estudo efectuado pelo ITEC, referido no capítulo 3.1.1, e apresentados no quadro anterior, cujos indicadores são 0,015m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> para estruturas de cofragem em madeira, e 0,00825 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> para estrutura de cofragem metálica, e ao indicador médio de 0,012 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. O resultado obtido poderá ser justificado, por se tratar de uma estrutura mista, betão armado e estrutura metálica, e não apenas de

betão armado conforme o estudo de referência. O facto de ser uma estrutura de betão armado e estrutura metálica resulta na produção de menos resíduos de construção.

No Quadro 7.5 são apresentadas as composições de resíduos provenientes da construção do edifício, em percentagem de massa.

**Quadro 7.5 – Composição e percentagem de RC – Caso estudo 1**

Tipo de resíduo	Quantidade (ton)
Metais (17 04)	45
Betão (17 01 01)	29
Madeira (17 02 01)	42
Mistura de betão e tijolo (17 01 07)	37
Solos e rochas com substâncias perigosas (17 05 03*)	33
Diversos	24



**Figura 7.8 – Gráfico de composição e percentagem de RC – Caso estudo 1**

A principal fonte de produção de resíduos de madeira, foi a actividade de cofragem. Existiram também alguns resíduos de madeira provenientes de trabalhos de segurança, exemplo, de guardas de segurança partidas.

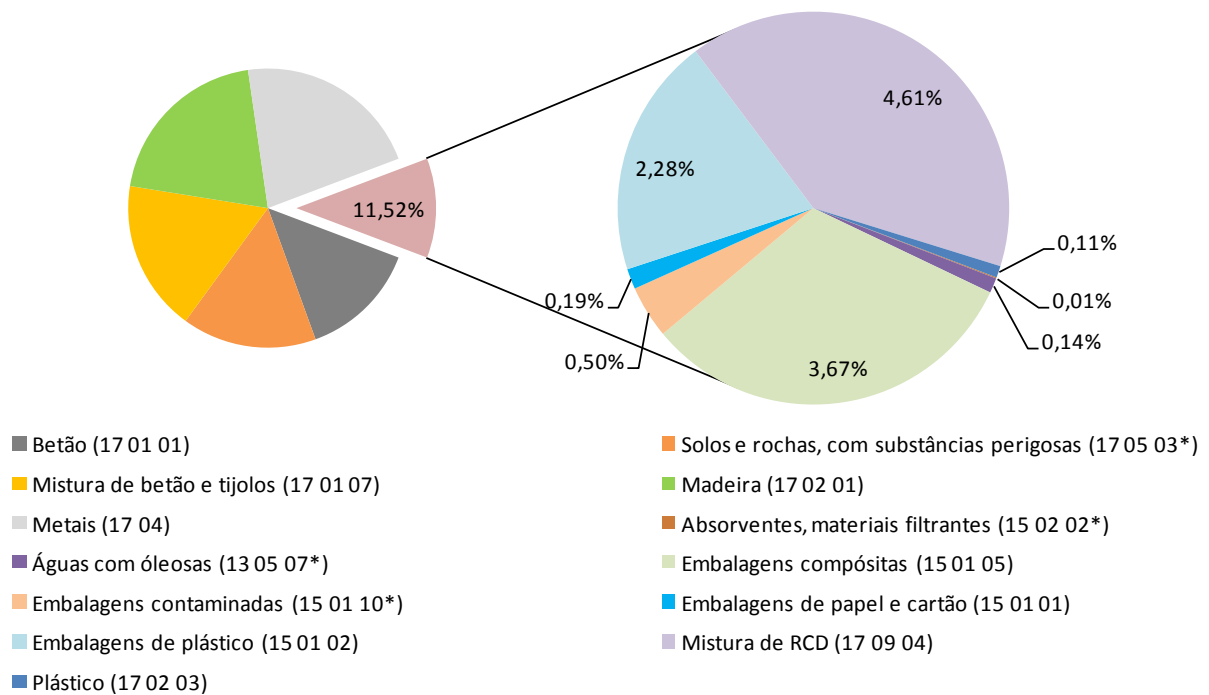
No que se refere aos resíduos de metais, estes são compostos por resíduos de ferro e aço (17 04 05) e misturas de metais (17 04 07), provenientes da actividade de colocação de armaduras na estrutura de betão armado e montagem de chapa colaborantes da estrutura metálica, respectivamente.

Os resíduos de betão são provenientes de desperdícios provenientes de ferragem do equipamento da auto-bomba de betonagem, quando este não é possível de utilizar, como betão de limpeza junto às fundações, ou regularização de terreno.

A fonte de produção de resíduos de misturas de betão e tijolo, são os resíduos de limpeza das lajes, quando não têm muita mistura, e resíduos de argamassas de projecção.

Regra geral, nas obras a quantidade de solos e rochas contendo substâncias perigosas, são provenientes do material absorvente após recolha de derrame, no entanto neste caso existam solos contaminados contendo hidrocarbonetos, o que originou uma maior percentagem deste resíduo.

Os resíduos diversos são compostos por vários tipos de resíduos. Estes podem variar consoante o tipo de obra. Na figura 7.9, apresenta-se a composição dos resíduos de construção, denominados por “diversos”, do caso de estudo 1.



**Figura 7.9 – Gráfico de composição dos RC “diversos” - Caso de Estudo 1**

As misturas de RCD são compostas por vários tipos de resíduos, por exemplo, esferovite e o vulgar “entulho” quando este contém muita mistura, caso contrário é reencaminhado como mistura de betão e tijolo.

A relação entre a quantidade de resíduos de ferro e aço, 39 toneladas, e a quantidade de materiais aplicados nesta fase, resulta de uma percentagem de 0,57%. Para uma área de 114.550 m<sup>2</sup>, foram aplicadas 6 841 toneladas de ferro e aço, quadro 6.2, dos quais apenas 0,57% são resíduos.

A quantidade total de resíduos de betão corresponde a 13% do total dos RC. No entanto, a relação entre a quantidade de betão aplicado na primeira fase, 105 401 ton, e a quantidade de resíduos de betão, corresponde a uma percentagem inferior a 1%.

### 7.1.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO

A construção deste edifício obrigou à demolição de três edifícios existentes, construídos após 1960:

- O Edifício *Carga Portway* é um armazém com área de implantação de 4500 m<sup>2</sup> em estrutura metálica, com cobertura metálica, paramentos verticais em chapa metálica e pavimentos em betonilha/mosaico.
- O Edifício *GroundForce* é composto por Armazém 1 com uma área de implantação de 3 750 m<sup>2</sup>, em estrutura metálica com cobertura metálica, paramentos verticais em chapa metálica, pavimentos em betonilha/mosaico e Armazém 2 com uma área de implantação 3 450 m<sup>2</sup>, em estrutura em betão armado, cobertura em laje de betão armado, paramentos verticais em blocos de alvenaria/betão rebocados, pavimentos em betonilha/mosaico.



**Figura 7.10 – Edifício GroundForce**

- O Edifício 17, edifício de escritórios, constituído por uma área de implantação de 1050 m<sup>2</sup>, com cinco pisos em estrutura de betão armado, cobertura em laje de betão armado, paramentos verticais em blocos de alvenaria/betão rebocados, pavimentos em parquet e mosaico.



**Figura 7.11 – Edifício 17**

- A rampa rodoviária, com uma área de implantação de 1 850 m<sup>2</sup>, em estrutura de betão armado, pavimentos em betonilha. A demolição da rampa inclui a demolição de umas instalações compostas por salas e balneários.

No Quadro 7.6 são apresentadas as áreas de construção dos edifícios a demolir, denominada por área de demolição.

**Quadro 7.6 – Áreas de demolição – Caso estudo 1**

<b>Edifício a demolir</b>	<b>Área de Demolição (m<sup>2</sup>)</b>
Edifício 17	6300
Groud Force	3800
Portway	4500
Rampa rodoviária	2250

A desconstrução dos edifícios foi efectuada por uma empresa especializada no ramo, garantindo-se desta forma maior eficácia nos trabalhos, em termos de gestão de resíduos e segurança.

Precedentemente ao início da desconstrução dos edifícios, a empresa apresentou um planeamento, com a estruturação dos trabalhos. Definiu sequência e metodologia utilizada para a desconstrução, assim como o tipo de equipamento a ser utilizado na demolição, informação de meios necessários para garantir a segurança, saúde e higiene no trabalho e aspectos ambientais.

A vantagem de existir uma memória descritiva e justificativa do modo de execução, e um planeamento de desconstrução, permite garantir que exista uma maior eficácia na separação de resíduos, por tipologias, contribuindo para uma gestão integrada de resíduos de construção e visando os princípios da hierarquia de operação de gestão.

Esta desconstrução foi dividida em três fases, a fase de desmantelamento, fase de demolição da estrutura, e por fim reciclagem de resíduos inertes.

Os trabalhos de demolição dos edifícios foram precedidos de operações desmantelamento, desmontagem e remoção de todos os elementos passíveis de serem reutilizados, reciclados e valorizados, nomeadamente, alumínio, metais, cabos eléctricos, madeiras, vidro e plásticos. O desmantelamento estendeu-se a mais materiais para além dos valorizáveis, sendo estes coberturas de fibrocimento e lâmpadas fluorescentes, materiais de isolamento, removidos manual e mecanicamente, através de equipamento ligeiro do tipo multifunções – empilhador telescópico.

Na Figura 7.12, apresenta-se a separação de resíduos de madeiras e lâmpadas fluorescentes, como exemplo do atrás referido.



**Figura 7.12 – Separação de resíduos de madeira (17 02 01) (esq.), resíduos de lâmpadas fluorescentes (20 01 21\*) (dir.)**

Após a operação de desmantelamento, passou-se à demolição, em primeiro lugar de materiais passíveis de valorização com funções de suporte, isto é, aduelas das portas e janelas. Em segundo lugar a demolição estrutural (materiais inertes das edificações), com recurso a equipamentos mecânicos, nomeadamente, máquinas giratórias com lanças hidráulicas de longo alcance, apresentadas na Figura 7.13. Estas máquinas estão equipadas na sua extremidade com ferramentas de demolição, tesouras de corte e esmagamento.



**Figura 7.13 – Demolição com meios mecânicos**

Este equipamento para além de efectuar a demolição dos edifícios tem a função de permitir a fragmentação dos blocos demolidos, reduzindo a sua dimensão. Permite ainda a triagem dos resíduos, separados por tipologia, como por exemplo, betão e a armadura existente no elemento demolido.

Na Figura 7.14, pode-se verificar a fragmentação de resíduos com equipamento mecânico com tesoura de corte e esmagamento e a separação de ferro e aço, respectivamente, na figura da esquerda e direita.



**Figura 7.14 – Fragmentação de resíduos e separação por tipologia**

Conforme referido anteriormente, no capítulo 6.4, a sequência de demolição deve ser estudada e efectuada de forma controlada e respeitando critérios de execução da demolição. Neste caso de estudo verificou-se, que após o desmantelamento dos edifícios, a demolição teve início no topo das estruturas, conforme se pode verificar na Figura 7.13 – Demolição com meios mecânicos, desenrolou-se piso a piso, no sentido descendente, até às fundações.

Para além do cumprimento do critério da sequência de demolição descendente, também as operações de desmonte dos elementos estruturais foram efectuadas sequencialmente para evitar a ocorrência de desabamento estrutural. Primeiro foram demolidos os elementos suportados, alvenarias e lajes, seguindo-se os elementos de suporte, pilares e vigas.

Os resíduos inertes, betão e alvenaria, foram armazenados no estaleiro da obra, e posteriormente foram processados em equipamento de trituração. Este efectua a separação magnética de aço em varão, caso exista armadura no betão, e separação granulométrica da fracção mineral, através de uma tremonha de abertura regulável, até uma granulometria inferior a 5cm.



**Figura 7.15 – Britagem de resíduos de inertes**

As operações de gestão de resíduos decorreram ao longo das diferentes fases de desconstrução.

Os resíduos de demolição do edifício Portway e a Rampa, foram analisados em separado. No entanto, não foi possível efectuar esta análise para os restantes dois edifícios, pois a sua demolição decorreu em simultâneo, o que resultou na coincidente produção de resíduos e utilização do mesmo local de armazenamento (contentor ou a granel).

A quantidade total de RD, na fase de demolições foi de 1253 toneladas para um volume de 3989 m<sup>3</sup>. Esta quantidade é composta por, 461 toneladas correspondentes a 1 886 m<sup>3</sup> de resíduos provenientes do Edifício 17 e Ground Force, 458 toneladas equivalentes a 1 263 m<sup>3</sup> de RD do edifício da Portway e por último a rampa rodoviária e as instalações resultaram em 333 toneladas e 840m<sup>3</sup> de RD, conforme apresentado no quadro 7.7.. Também foram produzidos resíduos de misturas betuminosas, quantidade de 316 toneladas, no entanto este valor foi excluído da análise. Salienta-se no entanto que foram reencaminhadas como resíduos, para operador licenciado.

**Quadro 7.7 – Quantidade em peso e volume de RD – Caso estudo 1**

Demolições	Área de Demolição (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RD (ton)	Quantidade de RD (m <sup>3</sup> )
Edifício 17	6300	461	1886
Ground Force	3800		
Portway	4500	143	1023
Rampa rodoviária	2250	333	840

Com base na metodologia referida no início deste capítulo, (Equação 2), obteve-se a quantidade de resíduos de demolição produzidos por área de construção. No Quadro 7.8 são apresentados indicadores da produção de resíduos de demolição, para os diferentes edifícios demolidos.

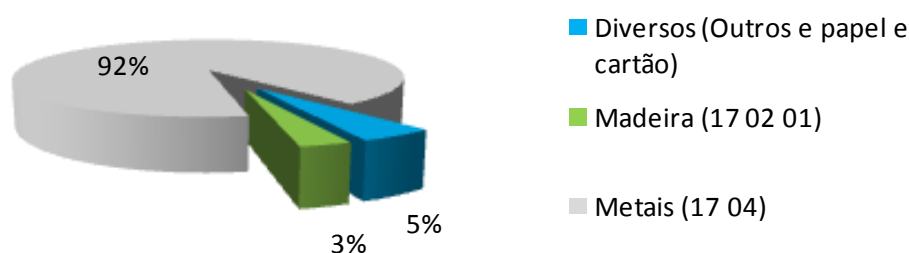
**Quadro 7.8 – Indicadores de referência de quantidade de RD – Caso estudo 1**

Demolições	Área de Demolição (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RD/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RD/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Edifício 17	6300	0,046	0,754
Ground Force	3800		
Portway	4500	0,032	0,227
Rampa rodoviária	2250	0,148	0,373

A composição dos RD do edifício Portway dividiu-se em resíduos não perigosos (misturas betuminosas) e recicláveis. Sendo composto por resíduos metálicos, misturas betuminosas, madeiras entre outros. No Quadro 7.9, e Figura 7.16, apresenta-se a composição de resíduos da demolição do edifício Portway, em quantidade (toneladas) e em percentagem.

**Quadro 7.9 – Composição de RD do Edifício Portway – Caso estudo 1**

Edifício Portway		
Tipo de resíduo	Quantidade (ton)	Percentagem por massa (%)
Metais	131	92
Madeira	5	5
Diversos	7	3



**Figura 7.16 – Gráfico de composição de RD Edifício da Portway – Caso estudo 1**

A composição de metais subdivide-se em ferro e aço (17 04 05), alumínio (17 04 02) e cabos (17 04 11). Destes três, os resíduos de ferro e aço, foram produzidos em maior quantidade. Estes resíduos são provenientes da estrutura de suporte do armazém. Os restantes, alumínio e cabos, correspondem,

respectivamente, ao revestimento exterior e às instalações eléctricas e telecomunicações. Os resíduos de madeira são proveniente de aduelas e portas e mobiliário.

No Quadro 7.10, apresenta-se a composição dos resíduos de demolição da rampa.

**Quadro 7.10 – Composição de RD do Rampa – Caso estudo 1**

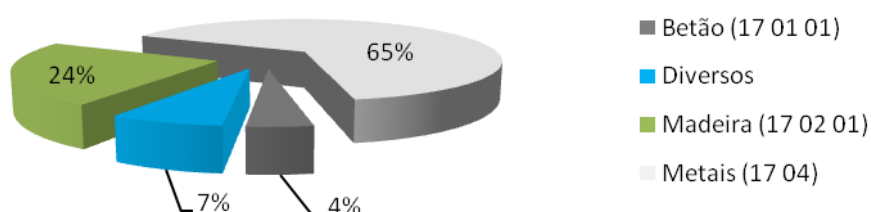
Rampa		
Tipo de resíduo	Quantidade (ton)	Percentagem por massa (%)
Metais (17 04)	133	40
Betão (17 01 01)	201	60

Neste caso não foi possível efectuar a reciclagem de resíduos inertes, pelo que a foram reencaminhados com GAR RCD para destino final adequado, para posterior reciclagem. Os resíduos de metais são provenientes de mobiliário metálico, caixilharia de alumínio e ferro e aço da estrutura.

Por último, a composição dos RD do edifício da Groundforce e do Edifício 17 dividiu-se em resíduos perigosos, não perigosos e recicláveis. No Quadro 7.11, apresenta-se a composição de resíduos da demolição dos edifícios 17 e Groundforce, em quantidade (toneladas) e em percentagem.

**Quadro 7.11 – Composição de RD Edifício da Groundforce e do Edifício 17 – Caso estudo 1**

Edifício da Groundforce e do Edifício 17		
Tipo de resíduo	Quantidade (ton)	Percentagem por massa (%)
Metais (17 04)	299	65
Betão (17 01 01)	20	4
Madeira (17 02 01)	108	24
Diversos	34	7

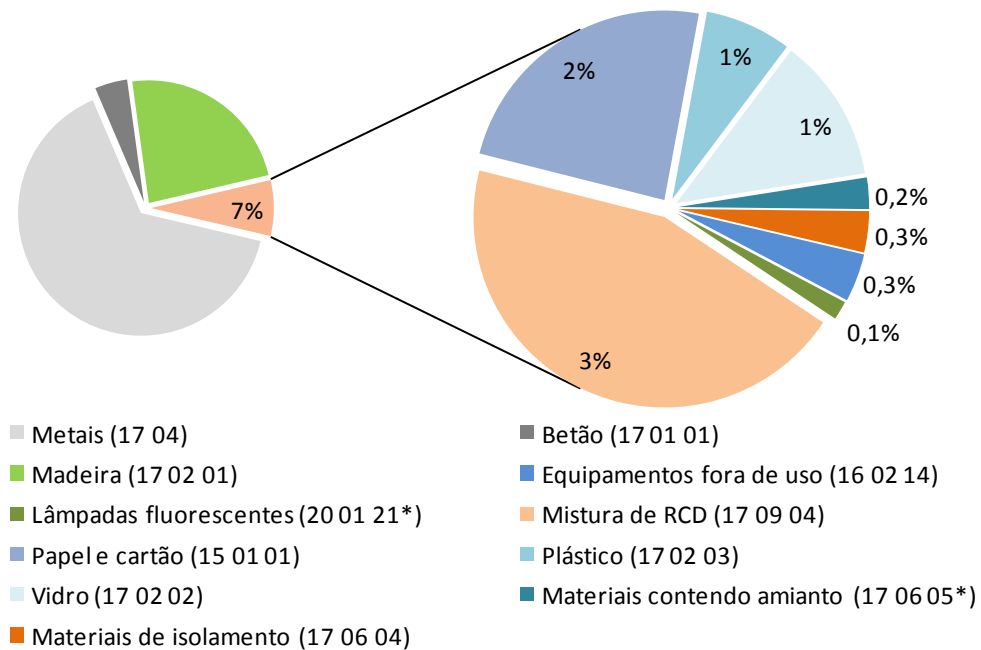


**Figura 7.17 – Gráfico de composição de RD Edifício da Groundforce e Edifício 17 – Caso estudo**

A composição de metais subdivide-se em ferro e aço (17 04 05), cobre, bronze e latão (17 04 01), alumínio (17 04 02), misturas de metais (17 04 07), correspondendo a maior percentagem aos resíduos de ferro e aço. Estes resíduos são provenientes das armaduras da estrutura, de armários metálicos, instalações especiais e caixilharias de janelas.

Existiram algumas secretárias e armários metálicos que foram reutilizados pelo empreiteiro, nas instalações da obra.

Na Figura 7.18 são apresentadas a composição dos resíduos diversos, referidos na figura anterior.



**Figura 7.18 – Gráfico de composição de RD diversos - Edifício da Groundforce e Edifício 17 – Caso estudo 1**

As misturas de RCD são compostas por de vários tipos de resíduos, sendo estes os seguintes, alcatifas, plásticos “sujos”, vidro “sujo”, papel “sujo” e lã de vidro e lã de rocha. Na figura seguinte, pode-se verificar um exemplo da separação de mistura de RCD, e a sua identificação.



**Figura 7.19 – Separação de resíduos Mistura de RCD – Caso estudo 1**

Os resíduos de madeira produzidos provêm das portas, aduelas, mobiliário de madeira e pavimento. Na Figura 7.20, ilustra-se um exemplo de separação de resíduos de madeiras, acondicionados a granel, e um exemplo de identificação do resíduo.



**Figura 7.20 – Separação de resíduos de madeira – Caso estudo 1**

Relativamente aos resíduos de inertes produzidos, betão e alvenaria, conforme se pode verificar no Quadro 7.11, as quantidades são reduzidas, devido a terem sido sujeitos a um processo de reciclagem, com equipamento de trituração. Este material passará a ser denominado por material britado.

O material britado foi sujeito a análises para a sua caracterização, segundo as especificações do LNEC, para posteriormente ser utilizado como matéria-prima. Este material foi reutilizado, parte na obra de origem, para execução de caminhos e regularização de terreno para execução de cofragens. O restante material foi reutilizado, noutras duas obras, de outra empresa, para aplicação pavimento térreo.

Estimou-se, através da medição de volume (com o apoio de topografia) a produção de uma quantidade total de inertes de 12 143 m<sup>3</sup>. Admitiu-se como valor de referência, um coeficiente do material britado

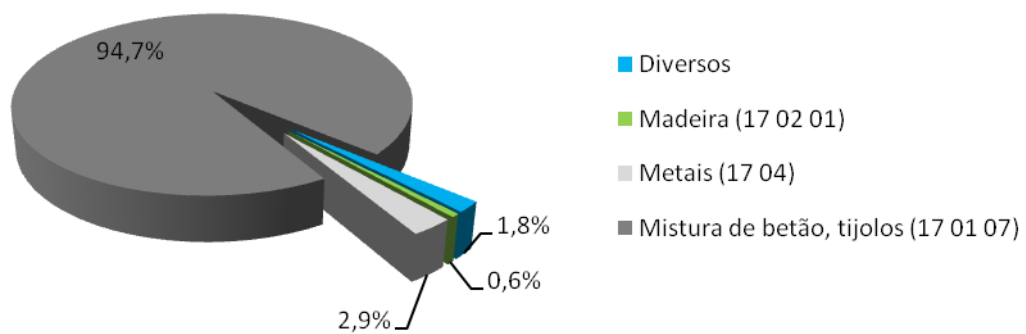
de 1,5ton/m<sup>3</sup>, resultando na quantidade de 18 215 toneladas. Este coeficiente foi obtido, por informação, do conhecimento e experiência, da empresa de demolição.

A Figura 7.21, ilustra o volume dos resíduos inertes após processo de trituração, britagem.



**Figura 7.21 – Reciclagem de resíduos inertes – Caso estudo 1**

Caso não tivesse sido possível a reciclagem e reaproveitamento do material britado a quantidade de RD seria muito superior à quantidade produzida de 1252 toneladas. Segundo este cenário a quantidade de resíduos produzida seria 20 217 toneladas de RD, em que a 95% seriam resíduos inertes. A gestão de resíduos neste cenário seria mais dispendiosa, pois não havendo reutilização, todos os resíduos seriam encaminhados para operador licenciado e seria necessário utilizar mais matéria-prima em substituição do material britado reutilizado. Apesar da possibilidade de reciclar no operador licenciado, na figura 7.22, representa-se o cenário caso o material não tivesse sido reutilizado.



**Figura 7.22 – Gráfico de Cenário 1 – Caso estudo 1**

Considerando que o peso dos três Edifícios e a rampa corresponde à quantidade total de RD de 20 217 toneladas, e que foram reciclados 18215 toneladas de resíduos inertes, conclui-se que a percentagem de reciclagem foi de 90%.

### 7.1.3 PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Segundo a legislação em vigor, Decreto-Lei N.º46, de 12 de Março, nas empreitadas e concessões de obras públicas, existe a obrigatoriedade de execução de um Plano de Prevenção e Gestão (PPG) de RCD. Este caso de estudo foi objecto de execução de PPG na fase de projecto, documento integrante do projecto de execução. Este PPG de projecto segue o modelo da APA.

Segundo informação da entidade que efectuou o PPG de projecto, por falta de informação, não foi possível estimar quantidades de reutilização e reciclagem de RCD. No entanto, na fase de execução da obra previu-se efectuar a reciclagem e reutilização de RCD, tendo sido apresentada proposta de alteração do plano ao DO, onde foram colocadas as respectivas quantidades. Como exemplo, o quadro seguinte, apresenta o quadro de incorporação de reciclados do Desenvolvimento do PPG RCD.

**Quadro 7.12 – PPG - Incorporação de reciclados – Caso estudo 1**

<b>2. Incorporação de reciclados</b>		
<b>a) Metodologia para a incorporação de reciclados de RCD</b>		
A incorporação de reciclados de RCD não contabilizada na fase de projecto, no entanto na fase de execução da obra efectuou-se a reciclagem de betão e inertes.		
A metodologia utilizada para a reciclagem de betão e inertes foi através do processo de britagem de material após a separação selectiva do betão e armadura.		
<b>b) Reciclados de RCD integrados na obra</b>		
A percentagem de material reciclado a integrar na obra é de 7,4%, relativamente ao material utilizado em obra. Considerou-se o total do peso de betão e armaduras, para estimar a percentagem dos resíduos reciclados (durante a fase 1).		
* Material reciclado utilizado noutras obras.		
Este material foi caracterizado segundo as especificações do LNEC, conforme o n.º2 do art.7º do DL 46/2008, de 12 de Março, estando esta operação isenta de licenciamento conforme previsto no nº3 do art.13º do mesmo Decreto-Lei.		
<b>Identificação dos reciclados</b>	<b>Quantidade integrada na obra (t)</b>	<b>Quantidade integrada relativamente ao total de materiais usados (%)</b>
Material britado	8 250	7,4
Material britado	9 420*	--
Material britado	1 295*	--
<b>Valor Total</b>	<b>18 965</b>	

(Quadro retirado do desenvolvimento do plano de prevenção e gestão de RCD, do caso de estudo 1)

No que refere à estimativa de resíduos do PPG de projecto, esta representa a quantidade de resíduos de construção e de demolição, a produzir. Este quadro também foi actualizado no que respeita a quantidade de resíduos produzidos e operação de gestão dos mesmos.

Relativamente às operações de gestão de resíduos definidas em projecto, regra geral, é diferente da operação de gestão praticada pelos operadores de gestão quando efectuam a recolha dos resíduos da obra.

Por exemplo, os resíduos de madeira, cuja operação de gestão definida em projecto é R3 - Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes (incluindo as operações de compostagem e outras transformações biológicas), a operação efectuada é R13 - Acumulação de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efectuada). Tal deve-se ao facto de os operadores de resíduos acumularem em parque de resíduos até obterem maiores quantidades para posteriormente encaminhar reciclagem mais adequada.

No que se refere às operações de gestão de resíduos de metálicos estas são idênticas em projecto e fase de execução, sendo a operação R4 - Reciclagem/recuperação de metais e de ligas.

## **7.2 CASOS DE ESTUDO 2**

Analisou-se os dados relativos à produção de RC na Fase de Estruturas, de uma obra de construção civil, que consiste na construção do futuro Centro Comercial Fórum Sintra. Para a construção deste edifício foi necessário demolir um edifício existente, resultando na produção RD.

O edifício do centro comercial do Fórum Sintra, é uma construção nova em betão armado, com uma área de construção de 119 000 m<sup>2</sup>, composto por três caves, três pisos elevados.

A estrutura é composta por fundações indirectas com recurso a estacas moldadas no terreno. A superestrutura é uma estrutura em betão armado. A estrutura em betão armado consiste em lajes aligeiradas em zonas de estacionamento com cofragem alveolares, lajes maciças e com recurso à aplicação de pré-esforço, pilares, vigas, paredes e escadas.



**Figura 7.23 – Fórum Sintra - Caso estudo 2**

Com base no mapa de quantidades da OPWAY, apresentam-se no Quadro 7.13, as principais quantidades de materiais utilizados na obra. Para converter a quantidade de betão  $m^3$  em toneladas, considerou-se o peso volúmico do betão de  $2,4 \text{ ton}/m^3$ , valor retirado das Tabelas Técnicas.

**Quadro 7.13 – Quantidade de materiais aplicados – Caso estudo 2**

<b>Materiais utilizados</b>	<b>Quantidade (ton)</b>
Betão	140 798
Aço para estrutura	5 878

Os processos construtivos adoptados para execução desta obra, no que respeita, à cofragem são semelhantes ao utilizado no caso de estudo 1, isto é, cofragem mista, cofragem metálica e tradicional. Para execução dos pilares também se utilizou cofragem metálica Figura 6.24, para a execução de lajes, utilizou-se sistema de mesas de cofragem, conforme ilustrado na Figura 6.25.



**Figura 7.24 – Cofragem de pilares - Caso de Estudo 2**



**Figura 7.25 – Sistema de Cofragem - Caso de Estudo 2**

No que se refere à actividade de montagem de armaduras, optou-se por comprar o aço, para cortar e moldar em obra. Neste caso, também é efectuada a preparação em desenho das armaduras mediante o planeamento da obra. Seguidamente procede-se ao corte e moldagem em obra e por fim montagem no local para sua aplicação. Apesar do custo deste tipo de subempreitada ser inferior, que no caso de estudo 1, este produz maior quantidade de resíduos, que por sua vez são valorizados.

### 7.2.1 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO

Conforme efectuado no Caso de estudo 1, a recolha de dados foi realizada através dos dados do mapa de controlo de resíduos, registo interno da OPWAY. Foram efectuados quadros resumo de resíduos, com o somatório por tipos de resíduos, isto é, por cada código LER, para obter a quantidade total em peso e volume. Estes dados correspondem ao período de Março de 2009 até Julho de 2010.

Para obter os indicadores de referência foram excluídas as quantidades de solos e rochas não contaminados. Estes materiais foram reencaminhados e reutilizados em pedreiras, para recuperação paisagística, e noutra obra. Estas confirmam a recepção dos solos e rochas, através do envio de declarações escritas a informar a quantidade de solos e rochas recebidos (exemplo em Anexo III).

Com base na metodologia referida no início deste capítulo, (Equação 1), obteve-se a quantidade de resíduos de construção produzidos por área de construção. No Quadro 7.14, são apresentados os indicadores da produção de RC para o caso de estudo 2, isto é, para uma obra de estrutura de betão armado.

**Quadro 7.14 – Indicador de referência da quantidade de RC – Caso estudo 2**

Construção	Área de Construção (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Edifício betão	119 000	0,006	0,012

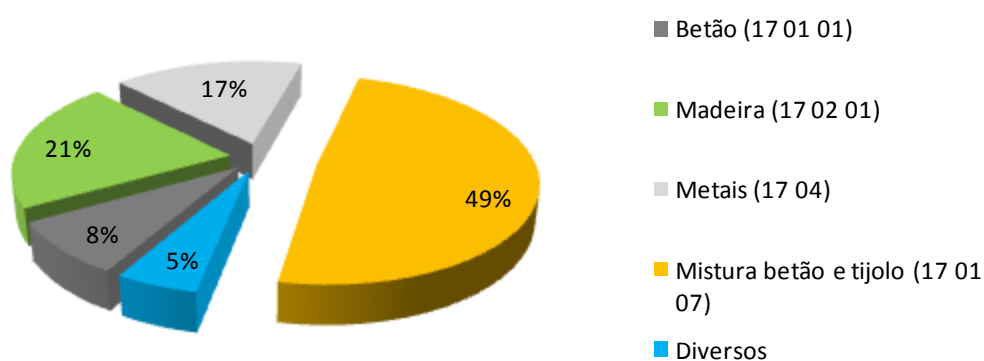
Salienta-se novamente os resultados dos indicadores do estudo efectuado pelo ITEC, referido no capítulo 3.1.1,  $0,015\text{m}^3/\text{m}^2$  para estruturas de cofragem em madeira, e  $0,00825\text{m}^3/\text{m}^2$  para estrutura de cofragem metálica. Conforme efectuado para o caso de estudo 1, para comparação de indicadores, admitiu-se um valor médio, dos indicadores do ITEC, atrás referidos, de  $0,012\text{m}^3/\text{m}^2$ , para cofragem mista, uma vez que também esta obra utilizou cofragem metálica e cofragem tradicional quando necessário. Verifica-se que o indicador de  $0,012\text{m}^3/\text{m}^2$ , obtido neste caso de estudo, é igual ao admitido para construção com cofragem mista.

A quantidade total de resíduos de construção, no caso de estudo 2, foi de 698 toneladas. Para a apresentação da composição dos RC optou-se separar por fluxos e fileiras mais significativos. Os resíduos que foram produzidos em menores quantidades são indicados nos “diversos”.

A composição dos RC, é apresentada por tipo de resíduos, no quanto Quadro 7.15 e na Figura 7.26, respectivamente, quanto à quantidade em toneladas e em percentagem.

**Quadro 7.15 – Composição de RC, em quantidade e tipo de resíduo - Caso estudo 2**

Tipo de resíduo	Quantidade (ton)
Metais (17 04)	116
Betão (17 01 01)	59
Madeira (17 02 01)	145
Mistura de betão e tijolo (17 01 07)	341
Diversos	34



**Figura 7.26 – Gráfico de composição de RC em percentagem - Caso estudo 2**

A composição de metais, neste caso, refere-se apenas a resíduos de ferro e aço (17 04 05) proveniente de armaduras da estrutura e aço de pré-esforço. As misturas de betão e tijolo são derivadas da limpeza das lajes após a betonagem. Os resíduos de betão são originados de desperdícios de betão ou da

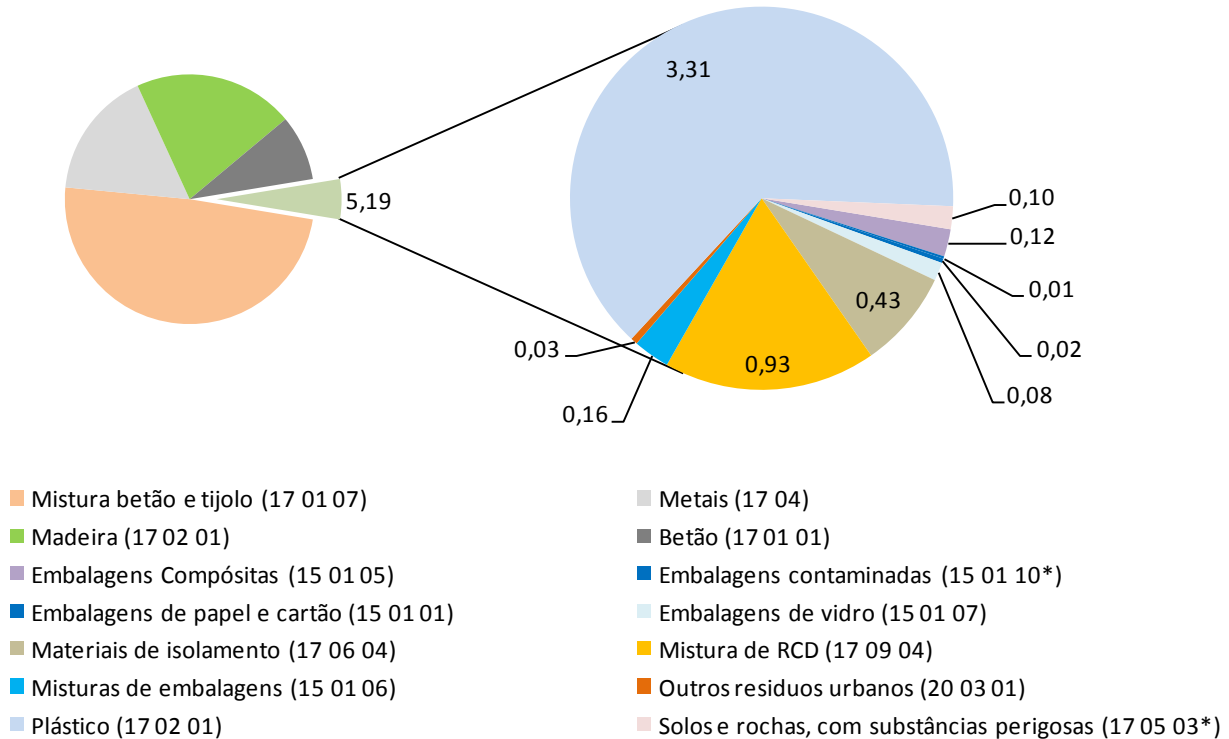
ocorrência de produtos não conformes que impliquem a demolição de elementos betonados. Na Figura 7.27 apresenta-se um exemplo da ocorrência de um produto não conforme, tendo sido necessário demolir o pilar. Segundo informação de técnico da obra, ocorreram alguns produtos não conforme que originaram a produção de resíduos.



**Figura 7.27 – Demolição de um Pilar – Caso estudo 2**

À semelhança do caso de estudo 1, os resíduos de madeiras são provenientes da actividade de cofragem e de segurança.

Os resíduos designados por “diversos”, são constituídos por vários resíduos produzidos em menor quantidade. Estes são plástico (17 02 01), materiais de isolamento (17 06 04), mistura de RCD (17 09 04), mistura de embalagens (15 01 06), embalagens compósitas (15 01 05), solos e rochas contendo substâncias perigosas (17 05 03\*), embalagens de vidro (15 01 07), embalagens de papel e cartão (15 01 01), embalagens contaminadas (15 01 10\*) e outros resíduos urbanos (20 03 01). Na Figura 6.29 apresenta-se o gráfico da percentagem destes resíduos.



**Figura 7.28 – Gráfico de composição de RC “diversos” em percentagem – Caso estudo 2**

## 7.2.2 GESTÃO DE RESÍDUOS DE DEMOLIÇÃO

A construção deste edifício obrigou à demolição de um edifício existente:

- O Edifício do Feira Nova, Figura 7.29, constituído por comércio, restaurantes, cinema e parque de estacionamento, este edifício tem uma área de demolição de 52 753 m<sup>2</sup>, segundo informação da Direcção de obra. É uma estrutura em betão armado, com algumas zonas em estrutura metálica e revestimento em chapa metálica e pavimento em betão.



**Figura 7.29 – Edifício Feira Nova – Caso estudo 2**

À semelhança do caso de estudo 1, foi efectuada a demolição selectiva do edifício existente por uma empresa especializada no ramo, garantindo-se desta forma maior eficácia nos trabalhos, em termos de gestão de resíduos e segurança.

Conforme referido no primeiro caso de estudo, a demolição selectiva dividiu-se em três fases, a fase de desmantelamento, fase de demolição da estrutura, e por fim reciclagem em obra de resíduos inertes.

No desmantelamento foram removidos todos os elementos susceptíveis de serem reutilizados, reciclados e valorizados, nomeadamente, alumínio, metais, cabos eléctricos, madeiras, vidro e plásticos. Efectuou-se também a remoção de lâmpadas fluorescentes, materiais de isolamento, e materiais contendo amianto.

Após o processo de desmantelamento, iniciou-se a demolição da estrutura do edifício, ou seja, na maioria materiais inertes. Estes foram demolidos segundo a mesma metodologia referida no primeiro caso de estudo.

Os resíduos inertes, betão e alvenaria, foram armazenados no estaleiro da obra, e posteriormente foram reciclados através de equipamento de trituração. Este efectua a separação magnética de aço em varão, caso exista armadura no betão, e separação granulométrica da fracção mineral, através de uma tremonha de abertura regulável. Segundo a nova directiva-quadro, estes passam a ser chamados subprodutos.

A quantidade total de RD, na fase de demolições foi de 2 110 toneladas para um volume de 7 166 m<sup>3</sup>. Com base na metodologia referida no início deste capítulo, (Equação 2), obteve-se a quantidade de RD produzidos por área de demolição. No quadro seguinte, são apresentados indicadores da produção de resíduos de demolição, para os diferentes edifícios demolidos.

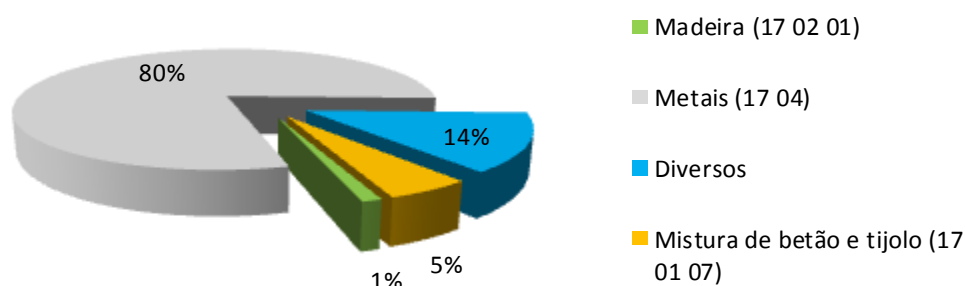
**Quadro 7.16 – Indicador de referência de quantidade de RD – Caso estudo 2**

Construção	Área de Demolição (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Edifício	52 753	0,040	0,136

A composição dos RD deste edifício dividiu-se em resíduos perigosos, não perigosos e recicláveis. No Quadro 7.17 e Figura 7.30, apresenta-se a composição de RD, tipo de resíduos e quantidade (toneladas) e em percentagem, respectivamente.

**Quadro 7.17 – Composição de RD do Edifício – Caso estudo 2**

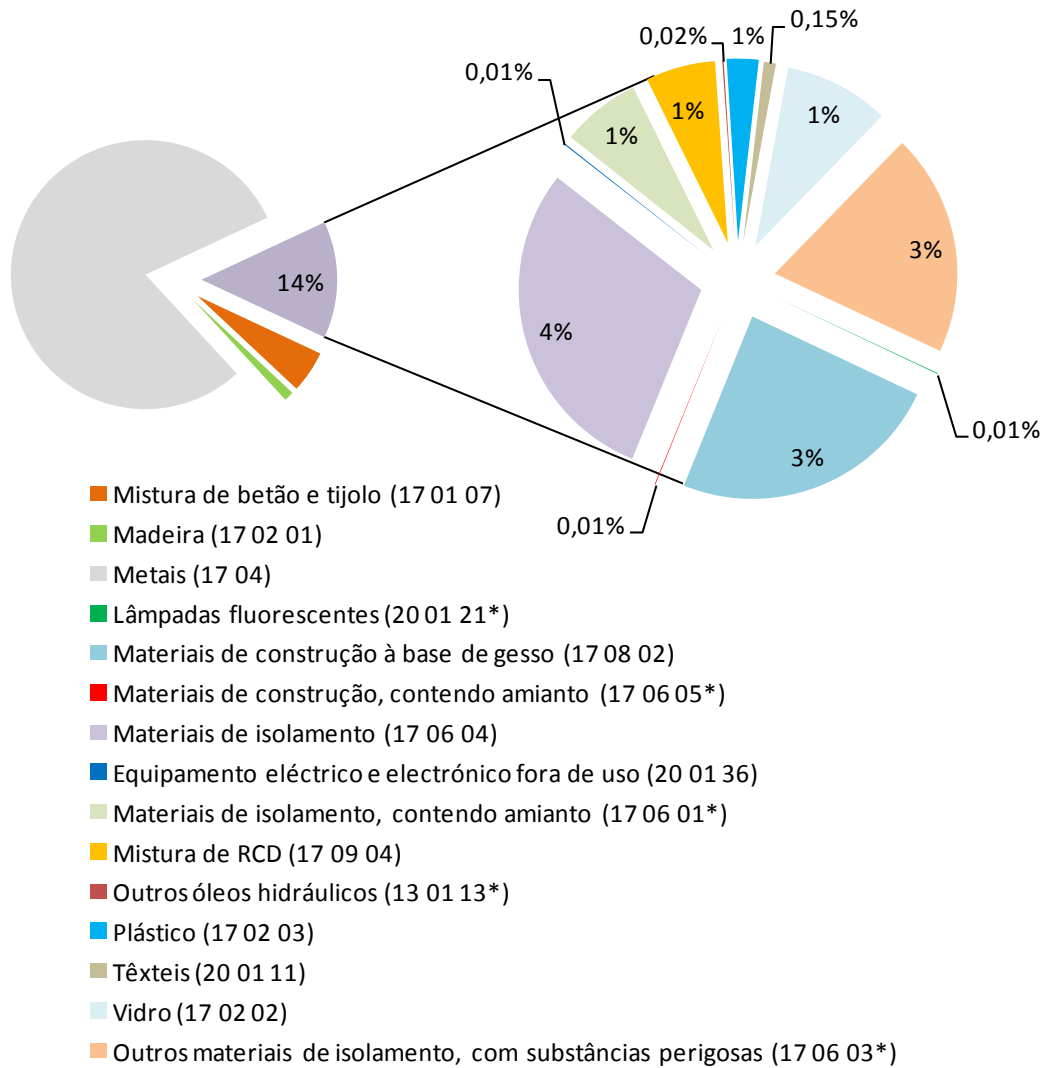
Tipo de resíduo	Quantidade (ton)
Madeira (17 02 01)	25
Metais (17 04)	1686
Diversos	210
Mistura de betão e tijolo	106

**Figura 7.30 – Gráfico de composição de RD em percentagem – Caso estudo 2**

As cadeiras provenientes da sala de cinema, do Feira Nova, foram reutilizadas, nas instalações dos Bombeiros de Sintra. Não tendo sido reencaminhados como resíduos.

Os resíduos de madeira (17 02 01) são provenientes de portas, aduelas, pavimentos em madeira, mobiliário. Os resíduos de metais são compostos por, ferro e aço (17 04 05), alumínio (17 04 02) e cabos (17 04 11), resultantes das armaduras da estrutura de betão, revestimento do edifício, caixilharias de janelas e instalações de electricidade e telecomunicações.

Neste caso os “diversos”, são compostos por materiais à base de gesso (17 08 02), materiais de isolamento (17 06 04), outros materiais de isolamento (17 06 03\*), vidro (17 02 02), mistura de RCD (17 09 04), materiais de isolamento contendo amianto (17 06 01\*), Plástico (17 02 03), têxteis (20 01 11), óleos hidráulicos (13 01 13\*), equipamento eléctrico e electrónico fora de uso (20 01 36), lâmpadas fluorescentes (20 01 21\*), materiais de construção contendo amianto (17 06 05\*). Os três últimos foram produzidos numa percentagem de 0,01%. Na figura 7.31, apresenta-se o gráfico de percentagens correspondentes aos resíduos atrás referidos.



**Figura 7.31 – Gráfico de composição de RD “diversos” em percentagem – Caso estudo 2**

À semelhança do caso de estudo um, verifica-se através do quadro 6.16, que a quantidade de resíduos de betão e alvenaria é reduzida. Adoptou-se o processo de trituração em obra, como processo de reciclagem destes resíduos. Segundo informação do técnico da obra, o material britado, não foi reutilizado na obra de origem mas noutras obras.

Segundo a empresa de demolição, a quantidade de betão e tijolo produzida, em volume, foi de 20 000 m<sup>3</sup>. Através do mesmo método utilizado no caso de estudo anterior, admitiu-se como valor de referência, um coeficiente do material britado de 1,5ton/m<sup>3</sup>, resultando na quantidade de 30 000 toneladas.

De um total de 30 106 toneladas apenas 106 toneladas, foram reencaminhadas sem ser recicladas em obra, devido a terem sido produzidas numa fase posterior à produção de 30 000 toneladas. Devido à quantidade ser reduzida, não foi viável, deslocar o equipamento de trituração móvel “britadeira”, à

obra. Segundo a informação do técnico da obra, este resíduo foi reencaminhado, com guia de acompanhamento de resíduos, por operador licenciado, para o Posto de britagem da AMBISIDER, situado no seu estaleiro central, para posterior britagem.

O material britado foi sujeito a análises para a sua caracterização, segundo as especificações do LNEC, para posteriormente ser utilizado como matéria-prima. Ver exemplo no Anexo IV.

Caso não fosse possível efectuar a reciclagem em obra destes resíduos, o cenário de quantidade de produção de RD seria muito superior. A figura seguinte representa cenário de reencaminhamento de todos os resíduos sem reciclagem em obra.

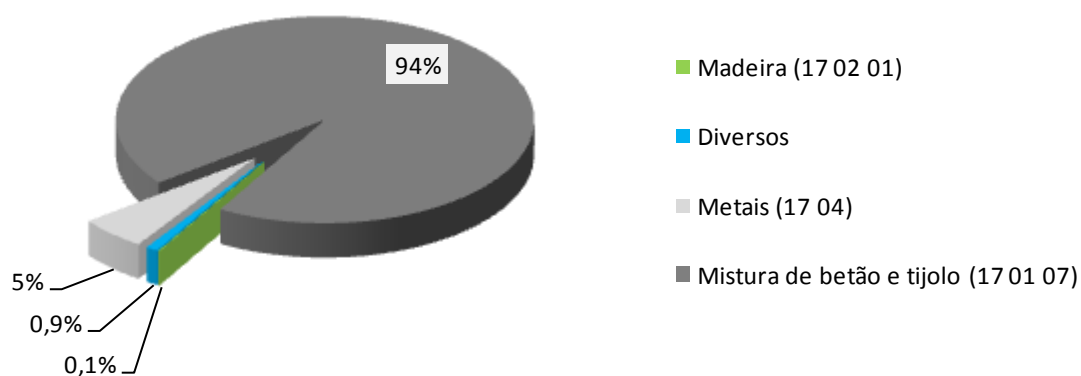


Figura 7.32 – Gráfico de Cenário 1 – Caso estudo 2

### 7.2.3 PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

O caso de estudo 2, trata-se de uma obra particular no entanto, foi solicitado pelo DO que fosse efectuado PPG de RCD, em vez do registo de resíduos previsto no Decreto-Lei N.º46, de 12 de Março, O PPG foi efectuado na fase de execução e não na fase de projecto, e segundo o modelo da APA.

A incorporação de reciclados não foi prevista, mas sim de materiais a reutilizar em obra, como exemplo, o quadro seguinte apresenta o quadro de reutilização do plano efectuado na obra.

**Quadro 7.18 – Reutilização de resíduos - Caso estudo 2**

<b>3. Prevenção de resíduos</b>		
<b>a) Metodologia de prevenção de RCD</b>		
- Planeamento rigoroso das quantidades de material necessário à execução de cada trabalho de forma a evitar desperdícios;		
- Armazenamento adequado dos materiais susceptíveis de deterioração pelas intempéries;		
- Utilização de produtos não perigosos sempre que económica e tecnicamente possível (ex: óleo descofrante);		
- Delimitação e separação de resíduos perigosos e não perigosos;		
<b>b) Materiais a reutilizar em obra</b>		
<b>Identificação dos materiais</b>	<b>Quantidade a reutilizar (m3)</b>	<b>Quantidade a reutilizar relativamente ao total de materiais usados (%)</b>
Solos	10.000	5
<b>Valor total</b>	10.000	5

**7.3 CASOS DE ESTUDO 3**

Analisou-se os dados relativos à produção de RC na Fase de Estruturas, de uma obra de construção civil, situada na área da grande Lisboa, que consiste na construção de um Hospital. O edifício é uma construção em betão armado, com uma área de construção de 103 408 m<sup>2</sup>.

Foram necessárias obras de contenção para a construção do edifício. A superestrutura é uma estrutura em betão armado com lajes maciças, pilares, vigas, paredes, caixas para elevadores e escadas.

O Edifício é constituído por 6 pisos, sendo 1 piso em cave e 5 pisos acima do solo (piso 0 a 4).



**Figura 7.33 – Edifício Hospitalar - Caso estudo 3**

Com base no mapa de quantidades de projecto, apresentam-se no Quadro 7.19, as principais quantidades de materiais utilizados na obra. Para converter a quantidade de betão m<sup>3</sup> em toneladas, considerou-se o peso volúmico do betão de 2,4 ton/m<sup>3</sup>, (Tabelas Técnicas).

**Quadro 7.19 – Quantidade de materiais aplicados – Caso estudo 3**

<b>Materiais utilizados</b>	<b>Quantidade (ton)</b>
Betão	84 585
Aço para estrutura	5 021

O processo construtivo adoptado para execução desta obra, no que respeita, sistema de cofragem semelhante ao utilizado nos outros caso de estudo, isto é, cofragem mista, cofragem metálica e tradicional. Na execução dos pilares também se utilizou cofragem metálica. Para a execução de lajes, utilizou-se sistema de cofragem tradicional, painéis de cofragem e cimbres ou prumos metálicos.

No que se refere à actividade de montagem de armaduras, optou-se por comprar o aço pré-moldado, conforme caso de estudo 1. Existe uma preparação em desenho das armaduras mediante o planeamento da obra. Seguidamente o desenho do aço é enviado para a fábrica, onde se efectua os cortes e moldagem dos varões. Conforme dito anteriormente, esta solução produz menos resíduos de ferro e aço.

### **7.3.1 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO**

A recolha de dados para este caso de estudo foi realizada através dos dados do mapa de controlo de resíduos, registo interno do ACE. Os campos de registo são referidos no início do capítulo. Efectuou-se um quadro resumo, com o somatório por tipos de resíduos, isto é, por cada código LER, para obter a quantidade total em peso e volume. Estes dados correspondem ao período de Dezembro de 2009 até Agosto de 2010.

Para obter os indicadores de referência foram excluídas as quantidades de solos e rochas não contaminados. Cerca de 74 000 m<sup>3</sup> de terras e 28 000 m<sup>3</sup> de rochas, foram reutilizados em obra. Os restantes 40 941 m<sup>3</sup> e 51 238 m<sup>3</sup> de terras, foram, respectivamente, reutilizados numa pedreira, no âmbito de recuperação paisagística e noutra obra que não a de origem. Estes confirmam a recepção dos solos e rochas, através do envio de declarações escritas a informar a quantidade de solos e rochas recebidos, à semelhança dos casos de estudo anteriores.

Com base na metodologia referida no início deste capítulo, (Equação 1), obteve-se a quantidade de resíduos de construção produzidos por área de construção. No Quadro 7.20, são apresentados os

indicadores da produção de RC para o caso de estudo 3, isto é, para a obra de estrutura de betão armado.

**Quadro 7.20 – Indicador de referência de quantidade de RC – Caso estudo 3**

Construção	Área de Construção (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Edifício	103 408	0,004	0,004

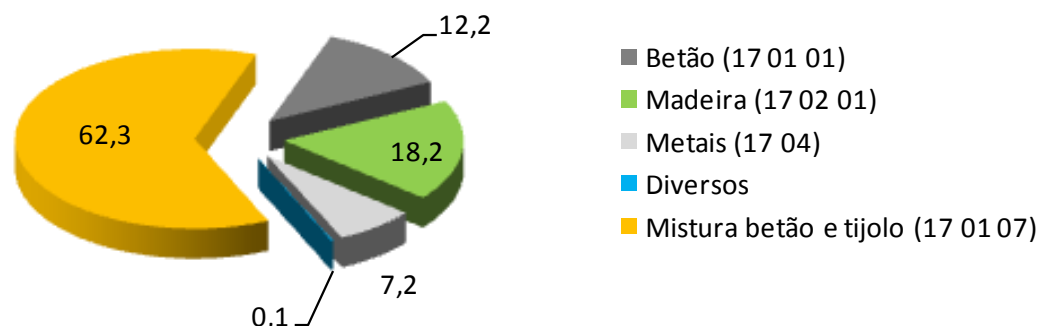
Conforme efectuado para os casos de estudo anteriores, admitiu-se um valor médio, dos indicadores do ITEC, de 0,012 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, para cofragem mista. Verifica-se os indicadores de referência relativos à produção de RC desta obra, são semelhantes aos do primeiro caso de estudo. No entanto, salienta-se que este caso não se trata de uma estrutura mista em betão armado e estrutura metálica.

A quantidade total de resíduos de construção, neste caso de estudo, foi de 411 toneladas.

A composição dos RC, é apresentada por tipo de resíduos, no quadro 7.21 e na Figura 7.34, respectivamente, quanto à quantidade em toneladas e em percentagem.

**Quadro 7.21 – Composição de RC, em quantidade e tipo de resíduo - Caso estudo 3**

Tipo de resíduo	Quantidade (ton)
Metais (17 04)	30
Betão (17 01 01)	50
Madeira (17 02 01)	75
Mistura de betão e tijolo (17 01 07)	256
Diversos	0,6



**Figura 7.34 – Gráfico de Composição de RC, em percentagem e tipo de resíduo - Caso estudo 3**

Os resíduos de madeiras são provenientes da actividade de cofragem e de segurança.

Os resíduos designados por “diversos”, são constituídos por plástico (17 02 03), papel e cartão (15 01 01) produzidos em pouca quantidade. Estes resíduos são provenientes de embalagens de papel e cartão de alguns materiais, e de tubagens de infra-estruturas.

Segundo informação dada pelo técnico da obra, não foram reencaminhados resíduos contaminados até á data da actualização do mapa de resíduos, Agosto de 2010. Referiu que a quantidade existente é aproximadamente 1 m<sup>3</sup>, admitindo um coeficiente de 0,10ton/m<sup>3</sup>, obtido com base de dados da OPWAY, resulta na quantidade de 0,10 toneladas. Este resíduo equivale a 0,02% da quantidade total de RC, e são provenientes, por exemplo, de latas de lubrificante. Relativamente a resíduos de embalagens de óleos descorantes, estes não foram produzidas, por se tratar de óleo descofrante não perigoso, possibilitou a sua reutilização pelo subempreiteiro.

Os resíduos de betão (17 01 01) resultam de restos de desperdícios de betão, ou produtos não conforme. Os metais são compostos por ferro e aço (17 04 05), provenientes da actividade de montagem de armaduras. Os resíduos de mistura de betão e tijolo (17 01 07), resultam da limpeza de lajes. Na figura seguinte, pode-se verificar um exemplo da separação deste resíduo.



**Figura 7.35 – Contentor com resíduos de Mistura de Betão e tijolo (17 01 07)**

## 7.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Em função do trabalho de pesquisa, monitorização e análise, dos três casos de estudo, e, tendo em conta o objectivo pretendido para este trabalho, ou seja, a análise da gestão de resíduos de construção e demolição, do ponto de vista das empresas de construção, visando uma perspectiva de gestão integrada, ter-se-á que assumir, face ao número da amostragens (três amostras) que apenas se poderá analisar com algum grau de fiabilidade técnica e credível, a percentagem de resíduos produzidos em obra, em relação aos materiais, aço, ferro e betão, aplicados, assim como em termos genéricos, o resumo de indicadores RC.

Desta forma, apresenta-se de seguida, o Resumo de Processos Construtivos dos Casos de Estudo, para que se tenha em consideração o tipo de características gerais de cada caso de estudo.

**Quadro 7.22 – Resumo de processos construtivos dos casos de estudo**

Caso de estudo	Tipo de Cofragem	Fornecimento e aplicação de aço
Caso 1	Cofragem mista (tradicional e metálica)	Subempreitada integral, com fornecimento e aplicação
Caso 2	Cofragem mista (tradicional e metálica)	Compra de aço, corte e moldagem em obra
Caso 3	Cofragem mista (tradicional e metálica)	Subempreitada integral, com fornecimento e aplicação

Toma-se em consideração para a análise de resultados que nos casos 1 e 3, o fornecimento e aplicação de aço, foram executados através de uma subempreitada integral, com fornecimento e aplicação. Toma-se também em consideração que o tipo de cofragem para as três situações de estudo são idênticas, ou seja, cofragem mista (tradicional e metálica).

Apresenta-se de seguida, o quadro que reflecte a percentagem de resíduos em relação aos materiais aplicados (aço e ferro) e de betão.

**Quadro 7.23 – Percentagem de resíduos em relação aos materiais aplicados (ferro e aço)**

Caso de estudo	Resíduos de ferro e aço (17 04 05) (ton)	Material aplicado (ton)	Percentagem de resíduos produzidos (%)
Caso 1	39	6 841	0,57
Caso 2	116	5 878	1,97
Caso 3	30	5 021	0,59

Com base na análise do quadro anterior, conclui-se que, em termos percentuais, os casos 1 e 3, apresentam valores muito próximos, 0,57 % e 0,59 %, respectivamente.

Tendo em consideração o que foi anteriormente referido relativamente ao quadro 7.23, estes mesmos dois casos, dizem respeito a subempreitadas integrais com fornecimento e aplicação de ferro e aço.

Toma-se também em consideração que os casos 1 e 3 apresentam valores muito inferiores ao caso 2.

**Quadro 7.24 – Percentagem de resíduos em relação aos materiais aplicados (betão)**

Caso de estudo	Resíduos de betão (17 01 01) (ton)	Material aplicado (ton)	Percentagem de resíduos produzidos (%)
Caso 1	29	105 401	0,03
Caso 2	59	140 798	0,04
Caso 3	50	84 585	0,05

Com base na análise do quadro anterior, conclui-se que, em termos percentuais, os casos, apresentam valores muito próximos.

Apresenta-se de seguida, o quadro 7.25, que reflecte o Indicador de referência, estudo ITEC, 2000, do estudo do Plan de gestion de residuos en las obras de construcción y demolición, da Catalunha, efectuado pelo ITEC.

**Quadro 7.25 – Indicador de referência, estudo ITEC, 2000**

Fase de Construção	Processo construtivo	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )
Estruturas	Cofragem tradicional de madeira	0,015
Estruturas	Cofragem metálica	0,00825
Estruturas	Cofragem mista	0,012 <sup>(a)</sup> Valor médio estimado

**Quadro 7.26 – Resumo de indicadores de RC**

Caso de estudo	Tipo de Construção	Área de Construção (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RC/Área (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )
Caso 1	Estrutura mista (betão armado e estrutura metálica)	114 550	0,002	0,004
Caso 2	Estrutura betão armado	119 000	0,006	0,012
Caso 3	Estrutura betão armado	103 408	0,004	0,004

Finalmente, e, como forma de resumo de todo o estudo, apresenta-se o quadro que reflecte o resumo de indicadores RC.

Tendo em consideração toda a informação anteriormente apresentada, e, face aos resultados obtidos, poder-se-á concluir em termos de análise de resultados que os casos 1 e 3, não só apresentam valores

muito próximos em termos percentuais de resíduos em relação aos materiais aplicados (aço e ferro), como, para além de contarem com o mesmo regime de subempreitada, apresentam também valores iguais de RC/área, que são muito inferiores ao indicador de referência médio estimado, 0,012 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>.

Apresenta-se, no quadro seguinte, a comparação das quantidades de resíduos de construção produzidas nos três casos de estudo.

**Quadro 7.27 – Resumo de quantidades de RC**

Resíduos de Construção			
Tipo de resíduo	Caso Estudo 1 Quantidade (ton)	Caso Estudo 2 Quantidade (ton)	Caso Estudo 3 Quantidade (ton)
Metais (17 04)	45	116	30
Betão (17 01 01)	29	59	50
Madeira (17 02 01)	42	145	75
Mistura de betão e tijolo (17 01 07)	37	341	256
Solos e rochas com substâncias perigosas (17 05 03*)	33	--	--
Diversos	24	34	0,6

Com base na análise do quadro anterior, conclui-se que as quantidades dos resíduos são variáveis consoante a obra. Verifica-se também que a obra que obteve menor quantidade de resíduos foi o caso de estudo 1, tal poder-se-á justificar por se tratar de uma estrutura mista de betão armado e estrutura metálica. No caso de estudo 2 e 3 as misturas de betão e tijolo (17 01 07) foram produzidas em maior quantidade, enquanto no caso de estudo 1 o tipo de resíduo de metais foi o mais produzido, mesmo que em pequena quantidade.

No caso de estudo 2, foram consideradas mistura de betão e tijolo, os resíduos de betão com alguma percentagem de mistura, no caso de estudo 1, estes foram quantificados em mistura de RCD. A divergência de critérios na codificação dos resíduos pode justificar diferença das tipologias de resíduos.

Para se abordar a análise face aos Indicadores de Referência de RD, apenas se poderá apresentar os resultados obtidos neste trabalho de investigação, uma vez que, face ao tipo de obra executada em cada um dos casos de estudo, o tipo de demolição não permite nenhum tipo de análise face aos valores de referência tidos em conta em estudos anteriores.

Seguidamente, apresenta-se o quadro resumo dos indicadores de referência de RD.

**Quadro 7.28 – Resumo de indicadores de referência de RD**

Caso de estudo	Demolições	Área de Demolição (m <sup>2</sup> )	Quantidade de RD/Área (ton/m <sup>2</sup> )	Quantidade de RD/Área (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )
Caso 1	Edifício 17 + Goundforce	6 300 + 3 800	0,046	0,754
	Portway	4 500	0,032	0,227
	Rampa rodoviária e pequenas instalações (salas e balneários)	2 250	0,148	0,373
Caso 2	Estrutura betão armado	52 753	0,040	0,136

Salienta-se que, nos casos de estudo, os resíduos inertes, betão e tijolo, foram reciclados em obra, através de processo de trituração, com britadeira móvel. No caso de estudo 1, parte deste material foi utilizado em obra, para a execução de caminhos e regularização de terreno, a outra parte foi utilizada noutras obras para execução de pavimento térreo de edifícios. No caso de estudo 2, não foi possível o reaproveitamento deste material, por imposição do Dono de Obra.

Esta medida, permitiu a redução de dimensão dos inertes, rentabilizou-se desta forma os transportes deste material. O seu reaproveitamento na obra, que resulta uma redução de custo com matéria-prima que seria necessário comprar caso não tivesse sido utilizado o material reciclado.

Existiram casos de reutilização, de pequenas quantidades de RD, por exemplo, no caso de estudo 1, mobiliário, armários e secretárias metálicas, reutilizados nos contentores de escritório e ferramentaria da obra, no caso de estudo 2, reutilização de cadeiras dos cinemas, nas instalações dos Bombeiros de Sintra.

#### 7.4.1 Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta para análise de cenários, usada na gestão e planeamento estratégico de corporações ou empresas. Esta ferramenta tem como objectivo a análise dos pontos fortes e fracos, oportunidades de melhoria e identificar riscos e problemas a resolver.

A sigla SWOT tem origem inglesa e é um acrónimo de Forças (*Strengths*), Fraquezas (*Weaknesses*), Oportunidades (*Opportunities*) e Ameaças (*Threats*).



**Figura 7.36 – Análise SWOT (Wikipédia)**

Abaixo apresenta-se a análise SWOT à gestão integrada de resíduos de construção e demolição, analisa-se os pontos fortes e fraquezas da gestão integrada e identifica-se as oportunidades de melhoria e as ameaças do sector dos RCD.

#### Forças (*Strengths*)

- O PPG potência a envolvência de projectistas na temática de gestão de RCD;
- Promover o princípio da hierarquia de gestão;
- Triagem de resíduos na fonte;
- Mercado organizado de resíduos;
- Registo SIRAPA;
- Benefícios ambientais.

#### Fraquezas (*Weaknesses*)

- Falta de soluções, em projecto, para reutilização de “resíduos”
- Falta de sensibilização e informação dos intervenientes;
- Quantificação dos RCD em fase de projecto;
- Caderno de encargos (CE) não promove a utilização de materiais reciclados;
- Gestão de resíduos nas pequenas empresas;
- Erros na inserção de dados no SIRAPA.

#### Oportunidades (*Opportunities*)

- Sensibilização e informação todos os intervenientes no ciclo de vida de um edifício (Aumento do *know-how*);
- Desenvolvimento de estudos de medidas de prevenção e melhoramento da execução do PPG;
- Incluir em CE a utilização de materiais reciclados, em conformidade com as especificações do LNEC;
- Definição de metodologias uniformes para a classificação de RCD;
- Melhorar o sistema de inserção de resíduos.

### Ameaças (*Threats*)

- Custo de matéria-prima *versus* material reciclado (exemplo: inertes);
- Dificuldade de escoamento de resíduos reciclados;
- Falta de dados consistentes de quantificação de resíduos.

Relativamente a Forças, verifica-se que a execução de PPG traz maior envolvência dos projectistas. Estes até 2008 não tinham obrigatoriedade em analisar, numa fase de projecto, a possibilidade de reutilizar, reciclar e por último eliminar o resíduo. Esta medida resulta no aumento da promoção do princípio da hierarquia de gestão de resíduos. Identifica-se ainda a promoção da triagem na fonte, que potencia a diminuição de eliminação de resíduos e a introdução destes no mercado organizado de resíduos. A gestão integrada de RCD trás também benefícios ambientais, por exemplo, redução de deposição de resíduos em aterro.

No que respeita a Fraquezas, identifica-se a falta sensibilização e informação, e falta de soluções, em projecto, para a reutilização de resíduos. Embora a envolvência dos projectistas na temática dos RCD, seja uma força, ainda se verificam poucas soluções para a reutilização dos RCD. Existe ainda a falta homogeneidade de consciência ambiental das empresas do sector da construção civil, isto é, as pequenas empresas não efectuam gestão integrada de resíduos.

Relativamente a Oportunidades, conclui-se que deve existir uma maior sensibilização e informação dos intervenientes para uma contribuição de aumento de *know-how*, estudo de medidas de prevenção de resíduos e inclusão em CE para utilização de materiais reciclados tendo em conta os parâmetros de qualidade, cumprindo, por exemplo, os requisitos das especificações do LNEC. Ainda como oportunidade de melhoria identifica-se o desenvolvimento de metodologias uniformes para a classificação de RCD, para evitar a incorrecta classificação dos resíduos.

Por fim como Ameaças destaca-se o custo de matéria-prima ser vantajoso em relação a materiais reciclados e a dificuldade de escoamento de resíduos reciclados caso não existam medidas para aumento de incorporação de reciclados em obra. Como medida de prevenção, poderiam existir incentivos para as empresas utilizarem materiais reciclados.

O SIRAPA é uma ferramenta identificada como uma força, no entanto caso existam erros de inserção de dados, poderá ser difícil obter-se a quantificação dos resíduos produzidos em Portugal e consequentemente verificar o cumprimento da meta de reciclagem de 70% de resíduos.

## 8. CONCLUSÃO

Face aos objectivos propostos e à metodologia apresentada para a pesquisa, análise e conclusão deste trabalho, poder-se-ão assumir como conclusão deste trabalho, os seguintes pontos:

1. Da recolha de informação, revisão da literatura, estado da arte ao nível europeu e nacional, ainda não existem dados fiáveis sobre produção de RCD, pois ainda se verifica muita variabilidade entre as diferentes fontes. Este facto, pode-se justificar pela aplicação de metodologias distintas de recolha e análise de dados.
2. Da análise de informação de especialistas, para um melhor conhecimento e esclarecimento de dúvidas no sector, poder-se-á dizer que a consciência ambiental verificada em Portugal está a caminhar para um enraizamento desta nova realidade, no entanto ainda existe um longo trabalho a ser feito. Verifica-se uma consciência crescente por parte de empresas ligadas ao sector da construção civil. Contudo em empresas de menores dimensões apenas é feita uma gestão de resíduos e não uma gestão integrada de resíduos.
3. É assumido como regra, generalizada que a chave para uma menor produção de RCD passa pelo planeamento e preparação de Obra desde da fase de projecto à fase de execução.
4. Da metodologia, para recolha de dados relativos à produção de resíduos face ao tipo e fase de construção e demolição, denominadas por Caso de estudo 1, 2 e 3, conclui-se que apenas foi possível acompanhar a obra do caso de estudo 1, o que possibilitou verificar de forma directa a produção e a gestão de resíduos.

Da análise de resultados, poder-se-á concluir que:

A percentagem de resíduos em relação aos materiais aplicados (ferro e aço) está directamente relacionada com o tipo de subempreitada adoptada na Obra. Para Subempreitadas integrais de fornecimento e aplicação de aço, o valor de percentagem de resíduos, é consideravelmente inferior a qualquer outro tipo de subempreitada da mesma espécie;

- a) A percentagem de resíduos em relação aos materiais aplicados (ferro e aço) em obras com estrutura de betão armado e estrutura metálica situa-se 0,57% e 0,59%;
- b) A percentagem de resíduos em relação aos materiais aplicados (betão) em obras com estrutura de betão armado e estrutura metálica tem uma média de produção de resíduos de 0,04%. Este valor verificado é baixo face à prática comum, contudo é justificado por ser reutilizado para outros fins.

- c) Os Indicadores de RC, para obras do tipo referido na análise de resultados, dos casos de estudo situa-se entre 0,004 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup> e 0,012 m<sup>3</sup>/ m<sup>2</sup>;
- d) Para os Indicadores de RD, face ao reduzido número da amostragem, apenas deverão ser considerados os resultados apurados em futuras Obra do mesmo tipo.
- e) As principais tipologias de resíduos produzidos, foram, mistura de betão e tijolo, betão, madeira, metais, com variações nas percentagens destes resíduos.

Em suma, o objectivo do presente trabalho, que visava obter indicadores de produção de RC e RD, foi atingido. Contudo, estes apenas poderão ser considerados como referência, de forma empírica.

Apesar de se tratar de obras com características semelhantes, os indicadores obtidos são diferentes. Para um melhor conhecimento e fiabilidade dos indicadores dever-se-á efectuar a recolha e tratamento de dados de um maior número de obras.

Existem diversos factores que podem originar maior produção de resíduos e por isso influenciar os indicadores de referência, nomeadamente, o não planeamento de quantidades de materiais necessárias para a construção, as não conformidades, as embalagens dos materiais (plásticos, bidões, paletes, etc.), desgaste de materiais de apoio à construção (cofragens, prumos, etc.), avarias e manutenções de equipamentos que podem gerar óleos usados e terras contaminadas.

No âmbito do desenvolvimento do trabalho, foram sugeridas alterações ao mapa de registo de resíduos, da empresa, no sentido de obter maior informação sobre as actividades e as fases de construção. Desta forma, poderá haver mais conhecimento dos tipos e quantidades de resíduos produzidos por fase de construção.

No caso das obras de demolição de edifícios, é factor determinante, a escolha de empresa especializada na área. Tal resultará numa triagem de RCD mais eficaz. Existem, no entanto outros factores que podem ser determinantes na escolha entre demolição selectiva e demolição tradicional, sendo estes os seguintes: prazo para execução dos trabalhos, demolição selectiva mais cara, não exigência por parte do dono de obra da execução de demolição selectiva em detrimento à demolição tradicional.

Deve existir a inclusão em Caderno de Encargos, da utilização de materiais reciclados, em conformidade com as especificações do LNEC, sobre o uso de RCD na construção.

As práticas de uma gestão integrada de RCD, ou seja, uma gestão com vista à hierarquização de prioridades, redução reutilização, reciclagem e por último a eliminação, deverão ser alargadas a outras

as empresas de menor dimensão, com vista a minimizar a quantidade de resíduos produzidos e minimizar os impactes ambientais.

Dever-se-á ainda caminhar numa gestão racional de resíduos, integrada no desenvolvimento sustentável, promovendo a evolução da tecnologia e potenciando a criação de materiais mais sustentáveis.

Neste estudo não se obtiveram indicadores relativos a uma construção, completa, fase de estruturas e acabamentos, pois estas três obras ainda se encontram em curso, com previsão de término entre 2011 e 2012.

Como sugestão, ficam registadas algumas ideias para trabalhos futuros:

- Reabilitação sustentável;
- Indicadores de RCD produzidos por fases de construção e tipos de obras;

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA DE MIRANDA, C. (2009). *Modelo para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição uma solução para as empresas de construção civil (Ilha de São Miguel - Açores)*. Açores: Universidade dos Açores.
- APA. (2008). *Agência Portuguesa do Ambiente*. Obtido em 2009, de <http://www.apambiente.pt/politicambient/residuos/fluxresiduos/RCD/paginas/default.aspx>.
- BORGES, A. (2008). *Seminário: Regime Jurídico de Resíduos de Construção e Demolição*. Lisboa: APA-Agência Portuguesa do Ambiente.
- BRAZÃO FARINHA, M., BRAZÃO FARINHA, J., & Correia dos Reis, A. (2007). *Tabélas Técnicas*. Lisboa: Edições Técnicas E.T.L., Lda.
- BRITO, J. (2010). *Workshop: A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.
- BRUNDTLAND, G. (1987). *Relatório de Brundtland*. [https://pt.wikipedia.org/wiki/relat%C3%B3riu\\_Brundtland](https://pt.wikipedia.org/wiki/relat%C3%B3riu_Brundtland)
- COUTO, A. B., COUTO, J. P., & TEIXEIRA, J. C. (2006)., *Desconstrução - Uma ferramenta para a Sustentabilidade da Construção*. Obtido em 2010, de <http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/6792/1/095NUTAU.pdf>.
- EPA, E. p. (1998). *Characterization of Buildin- Related Construction and Demolition Dedris in the United States*. Obtido em 2010, de <https://www.epa.gov/>.
- ETC. (2009). *Present recycling levels of municipal Waste and Construction Demolition Waste in the EU*. Obtido em 2010, de European Topic Center on Resouce and Waste Management.
- ITEC - Institut de la tecnologia de la Construcción de catalunya. (1995). *Manual de Desconstruició*. Obtido em 2010, de <http://www.itec.es>.
- ITEC - Institut de la Tecnologia de la Construcción de Catalunya. (2000). *Plan de Gestión de Residuos en la construcción e demolición*. Obtido em 2010, de <http://www.itec.es>.
- LIMA, C. (2008). *Gestão Sustentada de RCD: Estratégia de Valorização para atingir o Residuo Zero*. Lisboa: Universidade Lusiana.
- MARTINHO, M., & Gonçalves, M. (2000). *Gestão de Resíduos*. Lisboa: Universidade Aberta.
- NESDE. (2005). *Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas*. Obtido em 2010, de [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol\\_tipol.html](http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html).
- PINHEIRO, M. (2006). *Ambiente e Construção Sustentável*, Instituto Resíduos, Amadora
- PUIG, T. (sd). *Colegio de Aparejadores y Arquitecto Técnicos de Barcelona*. Obtido em 2010, de La Problemática de la Gestión de los Residuos de Construcción. Una aproximación.

RUIVO, J., & VEIGA, J. (2004). *Resíduos de Construção e Demolição: Estratégias para um Modelo de Gestão*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

TU-DRESDEN. (2002). *Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios - Volume III - Anexos*. in Projecto Wambuco:Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifício.

## **ANEXOS**

Anexo I – Exemplo de Plano de Prevenção e Gestão de RCD - Modelo da APA

Anexo II – Exemplo de declaração de destinatário de terras

Anexo III – Exemplo de Guia de acompanhamento de RCD e Certificado de recepção

Anexo IV – Exemplo de Análises a materiais reciclados.