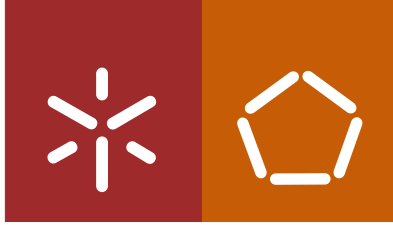


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Vitor Manuel Gonçalves Ribeiro

**Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**





**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Vitor Manuel Gonçalves Ribeiro

## **Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do  
**Professor José Cardoso Teixeira**

fevereiro de 2022

## **Direitos de Autor e Condições de Utilização do Trabalho por Terceiros**

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos. Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada. Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do Repositório da Universidade do Minho.

### ***Licença concedida aos utilizadores deste trabalho***



Atribuição  
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## **Agradecimentos**

Chegou ao fim mais uma etapa da minha vida, provavelmente a mais importante até ao momento. Um longo e difícil caminho, repleto de bons momentos, aprendizagens, mas também muitas dificuldades que com a ajuda de algumas pessoas consegui superar.

Primeiramente, um agradecimento especial ao Prof. José Manuel Cardoso Teixeira, orientador da presente tese, que com dedicação e sabedoria acompanhou, analisou e corrigiu o desenvolvimento da mesma.

Agradeço à minha namorada, Maria João, por estar ao meu lado desde o início desta aventura, nos bons e maus momentos, apoiando-me de forma incondicional.

Agradeço à minha família, que sempre me incentivaram a ser melhor a cada dia e que com muito esforço e dedicação me permitiram realizar este sonho. Um especial agradecimento ao meu pai, que me proporcionou a oportunidade de trabalhar em simultâneo na sua empresa de construção civil, podendo assim adquirir experiência e conhecimentos que só a prática permite.

Aos meus amigos, agradeço por compreenderem a minha ausência, por terem sempre a preocupação de saber se estava tudo bem e por serem uma fonte de motivação.

Um sincero obrigado,

Vitor Ribeiro

### **Declaração de Integridade**

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração. Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

## **Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição**

### **Resumo**

A presente dissertação, está integrada no plano de estudos do Mestrado Integrado em Engenharia Civil da Universidade do Minho.

Portugal é um país em que o setor da construção civil é caracterizado como responsável pela produção de um volume expressivo de resíduos. Esse volume expressivo, além de provocar consequências negativas ao meio ambiente, proporciona também impactos financeiros nos custos das obras.

Quanto ao impacto ambiental provocado e visto o potencial de reutilização e reciclagem dos RCD, estes foram identificados pela EU como fluxo de resíduos prioritários.

Tanto Portugal, como Espanha e Grécia, tem uma taxa de reciclagem e reutilização de RCD inferior a 15%, ao contrário da Alemanha, Dinamarca e Holanda que apresentam uma taxa superior a 90%, o que mostra claramente que a Europa no que diz respeito a esta matéria é muito heterogénea (BIO *Intelligence Service et al.*, 2011).

Face a esta controvérsia, nesta dissertação procurou-se estudar a reciclagem dos RCD de forma a caracterizá-los e assim encontrar entidades licenciadas para o tratamento dos mesmos, privilegiando uma produção controlada, recurso à triagem, à reciclagem e a outras formas de valorização.

Espera-se então, que a importância da reciclagem dos RCD fique cada vez mais vinculada entre os intervenientes de forma a diminuir os depósitos ilegais em aterros e consequente redução da extração de materiais naturais.

**Palavras-chave:** Construção Civil, Reciclagem, Resíduos de Construção e Demolição.

## **Recycling of Construction and Demolition Waste**

### **Abstract**

This dissertation is part of the study plan of the Integrated Master's Degree in Civil Engineering at the University of Minho.

Portugal is a country in which the construction industry sector is characterized as being responsible for the production of a significant waste volume. This heavy volume, in addition to causing negative consequences for the environment, has a financial impact on the costs of the works.

Considering the environmental impact and the potential for reuse and recycling of C&DW, these were identified by the EU as a priority waste stream.

Both Portugal, Spain and Greece have a C&DW recycling and reuse rate of less than 15%, unlike Germany, Denmark and the Netherlands, which have a rate of over 90%, which clearly shows that Europe in terms of this matter is very heterogeneous (BIO Intelligence Service et al., 2011).

In view of this controversy, this dissertation sought to study the recycling of C&DW in order to characterize them and thus find entities licensed to treat them, prioritizing controlled production, recourse to sorting, recycling and other forms of recovery.

In view of this controversy, this dissertation sought to study the recycling of C&DW in order to characterize them and thus find entities licensed to treat them, prioritizing controlled production, recourse to sorting, recycling and other forms of recovery.

**Keywords:** Construction, Recycling, Construction and Demolition Waste (CDW).

## ÍNDICE

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 1 - INTRODUÇÃO .....                                        | 1  |
| 1.1- ENQUADRAMENTO DO TEMA .....                            | 1  |
| 1.1.1- ENQUADRAMENTO LEGAL APLICÁVEL À GESTÃO DOS RCD ..... | 3  |
| 1.1.2- RESPONSABILIDADE NA GESTÃO DE RCD .....              | 5  |
| 1.1.3- GESTÃO DE RCD EM OBRAS PÚBLICAS .....                | 5  |
| 1.1.4- GESTÃO DE RCD EM OBRAS PARTICULARES.....             | 5  |
| 1.1.5- TRANSPORTE.....                                      | 6  |
| 1.1.6- CERTIFICADO DE RECEÇÃO .....                         | 6  |
| 1.1.7- LICENCIAMENTO DE OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RCD.....     | 6  |
| 1.1.8- REUTILIZAÇÃO DE SOLOS E ROCHAS .....                 | 7  |
| 1.2- OBJETIVOS .....                                        | 8  |
| 1.3- MOTIVAÇÃO .....                                        | 8  |
| 1.4- ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....                       | 9  |
| 2 - DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RCD .....                 | 10 |
| 2.1- CLASSIFICAÇÃO QUANTO À SUA ORIGEM.....                 | 10 |
| 2.2- CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE MATERIAL.....          | 11 |
| 2.3- CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE DESTINO FINAL.....     | 12 |
| 3 - GESTÃO DOS RCD .....                                    | 13 |
| 3.1- TRIAGEM E FRAGMENTAÇÃO DE RCD .....                    | 13 |
| 3.2- UTILIZAÇÃO DE RCD EM OBRA .....                        | 13 |
| 3.3- DEVER DE INFORMAÇÃO .....                              | 13 |
| 3.4- INFRAÇÕES EM MATÉRIA DE RCD .....                      | 14 |
| 4 - SOLUÇÕES PARA REAPROVEITAMENTO DOS RCD .....            | 16 |
| 4.1- PRODUÇÃO E DESTINOS DOS RCD.....                       | 16 |
| 4.2- RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DOS RCD .....                | 18 |
| 4.2.1- ELEMENTOS DE BETÃO.....                              | 18 |
| 4.2.2- MATERIAIS CERÂMICOS .....                            | 21 |
| 4.2.3- PEDRAS .....                                         | 23 |

|         |                                                                  |    |
|---------|------------------------------------------------------------------|----|
| 4.2.4-  | VIDRO .....                                                      | 23 |
| 4.2.5-  | METAIS .....                                                     | 24 |
| 4.2.6-  | MADEIRA .....                                                    | 26 |
| 4.2.7-  | PAPEL E CARTÃO.....                                              | 27 |
| 4.2.8-  | PLÁSTICOS .....                                                  | 28 |
| 4.2.9-  | ASFALTO .....                                                    | 29 |
| 4.2.10- | MATERIAIS DE ISOLAMENTO .....                                    | 30 |
| 4.2.11- | RESÍDUOS PERIGOSOS .....                                         | 30 |
| 5 -     | CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E OPERACIONAL DOS RCD.....                | 33 |
| 5.1-    | CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DO PONTO DE VISTA TÉCNICO .....     | 34 |
| 5.2-    | CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DO PONTO DE VISTA OPERACIONAL ..... | 38 |
| 5.2.1-  | MANUSEAMENTO .....                                               | 38 |
| 5.2.2-  | SEPARAÇÃO E ARMAZENAMENTO .....                                  | 38 |
| 5.2.3-  | RECOLHA E TRANSPORTE DOS RCD.....                                | 45 |
| 5.2.4-  | CUSTOS .....                                                     | 47 |
| 6.-     | EMPRESAS LICENCIADAS.....                                        | 48 |
| 7 -     | CONCLUSÕES FINAIS .....                                          | 50 |
| 8 -     | BIBLIOGRAFIA .....                                               | 52 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1-Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição..                                   | 5  |
| Figura 2- Destinos RCD valorizáveis em 2018 (APA, 2019) .....                                                            | 17 |
| Figura 3- Resíduos de betão reciclados.....                                                                              | 19 |
| Figura 4- RCD de materiais cerâmicos.....                                                                                | 21 |
| Figura 5- RCD de materiais britados.....                                                                                 | 22 |
| Figura 6- Aço e outros metais retirados do entulho. ....                                                                 | 25 |
| Figura 7- Sistematização dos processos de recuperação e reciclagem de resíduos plásticos<br>(Letras, 2008).....          | 28 |
| Figura 8- Acondicionamento temporário de resíduos em diferentes frações.....                                             | 39 |
| Figura 9- Exemplo de contentor fechado para armazenamento de resíduos<br>(EuroSeparadora). ....                          | 41 |
| Figura 10 - Exemplo de contentores plásticos para armazenamento de lixo comum. ....                                      | 42 |
| Figura 11 - Exemplo de "Big-Bags" para armazenamento de resíduos. ....                                                   | 43 |
| Figura 12- Exemplo de placa de sinalização para identificar os resíduos admitidos/não<br>admitidos nos contentores. .... | 43 |

## INDICE DE TABELAS

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Principais origens e tipos de resíduos por tipo de obra na União Europeia (Coelho e Brito, 2010)..... | 11 |
| Tabela 2 - Resultados obtidos nas campanhas MTR 2019 (Marta Ramos, 2019).....                                    | 15 |
| Tabela 3 - RCD valorizáveis agrupados por grupos (APA, 2019) .....                                               | 16 |
| Tabela 4 - Quantidades encaminhadas para os diversos destinos dos grupos de RCD valorizáveis (APA, 2019).....    | 17 |
| Tabela 5 - Quantidades encaminhadas para os diversos destinos dos grupos de RCD valorizáveis (APA, 2019). .....  | 19 |
| Tabela 6 - Processos de recuperação de plástico consoante o tipo de produto a recuperar (Lourenço, 2007). .....  | 29 |
| Tabela 7 - Opções de tratamento/deposição de resíduos perigosos (Ruivo e Veiga, 2004)...                         | 32 |
| Tabela 8 - Folha para catalogação dos materiais. ....                                                            | 35 |

## ACRÓNIMOS

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

AT – Autoridade Tributária

BriPA – Brigada de Proteção Ambiental

CCDR - Comissões de Coordenação e Desenvolvimento Regional

CEE – Comunidade Económica Europeia

CPP – Código Contratos Públicos

DL – Decreto-Lei

EAA – European Aluminium Association

EU – European Union

GNR – Guarda Nacional Republicana

HAP – Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos

IGAMAOT – Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território

LER – Lista Europeia de Resíduos

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MTR – Movimentos Transfronteiriços de Resíduos

NRGGR – Novo Regime Geral da Gestão de Resíduos

PVC – Polyvinyl Chloride

PE – Polietileno

PPG – Plano Prevenção e Gestão

PS – Poliestireno

PSP – Polícia de Segurança Pública

PUR – Poliuretano

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RJUE – Regime Jurídico da Urbanização e Edificação

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

Sb- Antimónio

SEPNA – Serviço de Proteção da Natureza e do Ambiente

SILOGR – Sistema de Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos

SIRER – Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos

WAMBUCO – “European waste manual for building construction”

# **1- INTRODUÇÃO**

## **1.1- ENQUADRAMENTO DO TEMA**

A capacidade do meio ambiente absorver e transformar os resíduos de construção produzidos pelo ser humano é limitada, logo torna-se essencial uma eficaz gestão dos resíduos de forma a satisfazer as necessidades do presente sem sacrificar as das gerações futuras.

A Construção é um dos grandes motores da economia mundial. Apesar de esta ser uma atividade com séculos de existência, só nas últimas décadas é que surgiu a preocupação em gerir os resíduos provocados pela mesma (Botelho, 2010). De realçar que esta atividade consome mais de 50% dos recursos naturais existentes e representa cerca de 40% do consumo energético dos países industrializados. É ainda responsável por mais de 50% dos resíduos produzidos, sendo ainda um dos principais focos de emissões gasosas prejudiciais para o ambiente (Coelho e Brito, 2010).

Em todo o mundo, a construção civil é um dos mais vastos setores que constituem a indústria de um país. A construção deixou de ser uma atividade primitiva com o passar dos anos e respetivo avanço tecnológico e os seus resíduos que foram no passado depositados em lixeiras sem qualquer tipo de separação, passaram a ter locais próprios e empresas responsáveis pela separação e tratamento dos mesmos.

Segundo o Decreto-Lei (DL) n.º 73/2011, de 17 de junho, a definição de resíduo é “qualquer substância ou objeto, de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer”. Contudo, os resíduos já não são vistos apenas como substâncias ou objetos a ser eliminados. Isto porque já existem métodos de recolha, tratamento e eliminação dos resíduos, visando alcançar a minimização dos impactos ambientais, a otimização económica e aceitabilidade social (Ferrão e Pinheiro, 2011).

Os resíduos de construção de demolição (RCD) podem ser classificados como resíduos de construção, resíduos de remodelação, reabilitação e renovação e resíduos de demolição (CEMFOR, 2007).

O mau aproveitamento de matérias-primas, de materiais estragados e das perdas que surgem durante a construção originam os resíduos de construção.

Os resíduos de remodelação, reabilitação e renovação apresentam uma composição muito vasta, dependendo das propriedades e do tamanho da obra que está a ser alvo de intervenção, tendo estes umas características muito próximas dos resíduos de demolição.

Quanto aos resíduos de demolição, são os que se apresentam em maior quantidade e são maioritariamente compostos por materiais inertes e solos. A sua composição depende da obra em causa.

Os RCD são de uma constituição variada, sendo compostos por elementos de variadas dimensões. Os materiais inertes (betão e materiais cerâmicos), são os mais importantes, tendo estes uma variação de volume total entre 40% e 85% dos resíduos produzidos em obra, não contabilizando os solos de escavação (Coelho e Brito, 2010).

Estima-se que o betão representa cerca de um terço das 4,6 mil milhões de toneladas de resíduos de construção de demolição produzidos anualmente em todo o mundo, sendo que só é reciclado 5% a 10%. Na EU são anualmente gerados cerca de 500 milhões de toneladas de RCD (Coelho e Brito, 2010).

Apenas 2,2 de 7,5 milhões de toneladas de RCD produzidos anualmente são encaminhadas para um local licenciado para o efeito (APA, 2013).

Em alguns países, a supressão da maioria dos resíduos resume-se à sua incineração e deposição em aterros. Devido à crescente ausência de locais adequados para aterros, ao aumento dos custos envolvidos e à consciência ambiental dos intervenientes, tem surgido alternativas que passam pela redução, reutilização e reciclagem dos resíduos (Canha da Piedade, 2000).

Desde os finais da década de 90, que em Portugal, os RCD têm vindo gradualmente a merecer especial atenção. Até 2007, a construção em Portugal não tinha como “normal” reciclar ou reutilizar os seus resíduos e até há meados de 2008 era permitida a deposição dos mesmos em aterros (Coelho e Brito, 2010).

Os RCD, dispõem de um quadro legislativo específico, publicado no DL n.º 46/2008, a 12 de março, que estabelece o regime de operações de gestão dos RCD, incluindo a sua prevenção

e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenamento, triagem, tratamento, valorização e eliminação.

Existe um grande potencial de reciclagem e reutilização dos RCD, por outro lado, o nível de reciclagem e reutilização de RCD varia muito na EU, sendo inferior a 10% em Portugal e superior a 90% na Holanda (ETC/SCP, 2009).

#### **1.1.1- ENQUADRAMENTO LEGAL APLICÁVEL À GESTÃO DOS RCD**

A legislação respeitante aos resíduos, em Portugal, pode ser destacada nos seguintes documentos:

- O DL n.º 73/2011, de 17 de Junho, referente à terceira alteração do DL n.º 178/2006, de 5 de Setembro e transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008, relativa aos resíduos;

O Regime Geral de Gestão de Resíduos a nível nacional encontra-se no DL n.º 178/2006, de 5 de Setembro, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/12/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 5 de abril, e a Diretiva n.º 91/689/CEE, do Conselho, de 12 de Dezembro. Este DL foi alvo de várias alterações o que levou à sua republicação no DL n.º 73/2011, de 17 de Junho.

A republicação acima referida, veio reforçar a promoção da reciclagem de RCD, promovendo novos critérios para que determinados resíduos passem a ter o estatuto de produto. Foi criado o mecanismo de responsabilidade acrescida do produtor tendo em conta o ciclo de vida dos produtos e materiais e não apenas a fase de fim de vida. A responsabilidade do produtor sobre a gestão dos resíduos provenientes dos seus produtos pode ser tratada através da celebração de acordos voluntários entre o mesmo e a APA.

- O DL n.º 46/2008, de 12 de Março, republicado pelo DL n.º 73/2011, de 17 de Junho, que estabelece o regime das operações de gestão de RCD.

Este decreto veio estabelecer o regime jurídico específico a que fica sujeita a gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, designados resíduos de construção e demolição, bem como a sua prevenção (APA, 2020).

Sendo assim, é previsto que nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projeto de execução seja acompanhado de um Plano de Prevenção e Gestão de RCD (PPG), na qual é assegurado o cumprimento dos princípios gerais de gestão de RCD e das demais normas respetivamente aplicáveis constantes do presente DL e do DL n.º 178/2006, de 5 de setembro (APA, 2020).

O PPG fica à responsabilidade do empreiteiro da obra, assegurando os seguintes pontos (APA, 2020):

- A promoção da reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD na obra;
- A existência na obra de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão seletiva dos RCD;
- A aplicação em obra de uma metodologia de triagem de RCD ou, nos casos em que tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado;
- Que os RCD são mantidos em obra o mínimo tempo possível, sendo que, no caso de resíduos perigosos, esse período não pode ser superior a 3 meses.

Em seguida, mostra-se o modelo do PPG, ao abrigo do nº 6 do artigo 10º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março (APA, 2020):

#### MODELO DO PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (PPG)

| I. Dados gerais da entidade responsável pela obra |                                                        |  |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--|
| a)                                                | Nome                                                   |  |
| b)                                                | Morada, Localidade, Código Postal, Freguesia, Concelho |  |
| c)                                                | Telefone, Fax, E-Mail                                  |  |
| d)                                                | Número Identificação Pessoa Colectiva (NIPC)           |  |
| e)                                                | CAE Principal Rev3                                     |  |

| II. Dados gerais da obra |                                                                    |  |
|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|--|
| a)                       | Tipo de obra (construção/demolição de estrada, ponte, edifício...) |  |
| b)                       | Código do CPV                                                      |  |
| c)                       | Nº de processo de Avaliação de Impacte Ambiental (AIA)             |  |
| d)                       | Identificação do local de implantação                              |  |

| III. Resíduos de Construção e Demolição (RCD) |                                                                                                                                                    |  |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>1. Caracterização da obra</b>              |                                                                                                                                                    |  |
| a)                                            | Caracterização sumária da obra a efectuar                                                                                                          |  |
| b)                                            | Descrição sucinta dos métodos construtivos a utilizar tendo em vista os princípios referidos no artº 2º do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março |  |

| 2. Incorporação de reciclados |                                                      |                                                                     |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| a)                            | Metodologia para a incorporação de reciclados de RCD |                                                                     |
| b)                            | Reciclados de RCD integrados na obra                 |                                                                     |
| Identificação dos reciclados  | Quantidade integrada na obra (t ou m³)               | Quantidade integrada relativamente ao total de materiais usados (%) |
|                               |                                                      |                                                                     |
|                               |                                                      |                                                                     |
|                               |                                                      |                                                                     |
| Valor total                   |                                                      |                                                                     |

|                                    |                                   |                                                                        |
|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>3. Prevenção de resíduos</b>    |                                   |                                                                        |
| a) Metodologia de prevenção de RCD |                                   |                                                                        |
| b) Materiais a reutilizar em obra  |                                   |                                                                        |
| Identificação dos materiais        | Quantidade a reutilizar (t ou m³) | Quantidade a reutilizar relativamente ao total de materiais usados (%) |
|                                    |                                   |                                                                        |
|                                    |                                   |                                                                        |
| Valor total                        |                                   |                                                                        |

|                                                                                                   |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>4. Acondicionamento e triagem</b>                                                              |  |
| a) Referência aos métodos de acondicionamento e triagem de RCD na obra ou em local afecto à mesma |  |
| b) Caso a triagem não esteja prevista, apresentação da fundamentação para a sua impossibilidade   |  |

| <b>5. Produção de RCD</b> |                                  |                                |                        |                                 |                         |                                |                        |
|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------|------------------------|
| Código LER                | Quantidades produzidas (t ou m³) | Quantidade para reciclagem (%) | Operação de reciclagem | Quantidade para valorização (%) | Operação de valorização | Quantidade para eliminação (%) | Operação de eliminação |
|                           |                                  |                                |                        |                                 |                         |                                |                        |
|                           |                                  |                                |                        |                                 |                         |                                |                        |
|                           |                                  |                                |                        |                                 |                         |                                |                        |
| Total                     |                                  |                                |                        |                                 |                         |                                |                        |

Figura 1-Modelo do Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição

### 1.1.2- RESPONSABILIDADE NA GESTÃO DE RCD

O DL n.º 46/2008 determina responsabilidades aos donos de obra, como aos empreiteiros e às câmaras municipais. Todos os intervenientes no seu ciclo de vida são responsáveis pela gestão dos RCD. Assim que os resíduos são enviados para um operador licenciado, a responsabilidade passa a ser do mesmo. Nos casos em que os RCD são produzidos em obras particulares isentas de licença e não submetidas a comunicação prévia, a responsabilidade é da entidade que faz a gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU).

### 1.1.3- GESTÃO DE RCD EM OBRAS PÚBLICAS

Ao abrigo do Código dos Contratos Públicos (CPP), é exigido a elaboração de um Plano de Prevenção e Gestão dos RCD (artigo 10.º do DL nº 46/2008). Está consagrado no CPP, tal como no Regime Jurídico da Urbanização e da Edificação (RJUE) a obrigatoriedade do cumprimento do regime da gestão dos RCD. Passa pelo RJUE, no controlo das operações urbanísticas, a atividade de tratamento de resíduos objeto de licenciamento.

### 1.1.4- GESTÃO DE RCD EM OBRAS PARTICULARES

Nas obras sujeitas a licenciamento ou comunicação prévia nos termos do RJUE, o produtor de RCD está obrigado a (artigo 11.º DL n.º 46/2008):

- Promover a reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD na obra;
- Assegurar a existência na obra de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão dos RCD;
- Garantir a aplicação de uma metodologia de triagem de RCD ou, quanto tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado;
- Certificar-se que os RCD são mantidos em obra o mínimo tempo possível, sendo que, no caso de resíduos perigosos, esse período não pode exceder os 3 meses;
- Cumprir as demais normas técnicas;
- Efetuar e manter, conjuntamente com o livro de obra, o registo de dados de RCD.

#### **1.1.5- TRANSPORTE**

O transporte dos RCD está ao abrigo do disposto presente na Portaria n.º 335/97, de 16 de maio, com a exceção do n.º 5,6 e 7 relativos à utilização da guia de acompanhamento de resíduos. O transporte dos RCD deve ser acompanhado de uma guia cujo modelo é definido por portaria do membro do Governo responsável pela área do ambiente.

#### **1.1.6- CERTIFICADO DE RECEÇÃO**

O operador licenciado para a gestão dos RCD, tem um prazo de 30 dias, para enviar ao produtor um certificado de receção dos RCD recebidos na sua instalação. Deve ainda, ser disponibilizada uma cópia às autoridades de fiscalização sempre que solicitado.

#### **1.1.7- LICENCIAMENTO DE OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RCD**

Estão sujeitas a licenciamento as seguintes operações:

- Segundo o DL n.º 178/2006, de 5 de setembro:
  - Armazenagem;
  - Triagem;
  - Tratamento;
  - Eliminação;
  - Valorização.
- Segundo o DL n.º 152/2002, de 23 de maio:
  - Depósito em aterro.

Estão dispensadas de licenciamento (artigo 13.º DL n.º 46/2008):

- As operações de armazenamento de RCD na obra durante o prazo de execução da mesma;
- As operações de triagem e fragmentação de RCD quando efetuadas na obra;
- As operações de reciclagem que impliquem a reincorporação de RCD no processo produtivo de origem;
- A realização de ensaios para avaliação prospetiva da possibilidade de incorporação de RCD em processo produtivo;
- A utilização de RCD em obra;
- A utilização de solos e rochas não contendo substâncias perigosas, resultantes de atividades de construção, na recuperação ambiental e paisagística de explorações mineiras e de pedreiras ou na cobertura de aterros destinados a resíduos (nos termos previstos do artigo 6.º DL n.º 46/2008).

#### **1.1.8- REUTILIZAÇÃO DE SOLOS E ROCHAS**

Os solos e rochas que não contenham substâncias perigosas devem ser reutilizados no trabalho de origem (artigo 6.º do DL n.º 46/2008):

- Construção;
- Reconstrução;
- Ampliação;
- Alteração;
- Reparação;
- Conservação;
- Reabilitação;
- Limpeza;
- Restauro.

Os solos e rochas que não sejam reutilizados na respetiva obra de origem podem ser utilizados noutra obra sujeita a licenciamento ou comunicação prévia (nos termos do artigo 1.º do DL n.º 139/89, de 28 de abril):

- Na recuperação ambiental e paisagística de explorações mineiras e de pedreiras;

- Na cobertura de aterros destinados a resíduos;
- Em local licenciado pela câmara municipal.

## **1.2- OBJETIVOS**

O objetivo do presente trabalho é definir e classificar aprofundadamente o tema da reciclagem de RCD com a finalidade de caracterizar e classificar os principais resíduos produzidos na vasta atividade da Construção em Portugal desde a sua origem até ao seu destino final e identificar as entidades nacionais licenciadas a que podem recorrer os produtores nacionais para o tratamento dos mesmos. Com isto, pretende-se dar a conhecer e informar, os produtores de resíduos, de todos os processos que devem ser seguidos aquando da produção de RCD e ainda os locais mais apropriados para obter uma correta gestão dos RCD, privilegiando uma produção controlada, recurso à triagem, à reciclagem e a outras formas de valorização de forma que a percentagem de RCD reciclados, reutilizados e valorizados continue a aumentar com o passar dos anos.

## **1.3- MOTIVAÇÃO**

A motivação para a realização deste trabalho advém do objetivo de poder contribuir para uma maior exploração do tema e para despertar nos produtores de RCD do setor da construção atitudes e comportamentos que protejam o ambiente.

O consumo ineficaz de matérias-primas e a falta de prevenção na produção dos resíduos que existe em todo o processo construtivo no setor da construção civil são duas das causas fundamentais do aumento generalizado da produção de RCD, neste setor.

Assim sendo, está iminente a importância de estudar parâmetros que permitam avaliar a composição dos materiais, de forma a dar o melhor seguimento aos mesmos, contribuindo assim para uma diminuição da quantidade de RCD impróprios depositados em aterro e consequente redução da extração de agregados naturais e respetivos impactos ambientais.

## **1.4- ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Este trabalho está dividido em 7 capítulos, descritos brevemente como:

- Capítulo 1 – Introdução – Pretende-se fazer a contextualização do trabalho de pesquisa.
- Capítulo 2 – Definição e Classificação dos RCD – Neste capítulo pretende-se enquadrar o tema dos RCD, envolvendo a definição e classificação dos mesmos, identificar os principais resíduos resultantes de obras de demolição, tal como os materiais suscetíveis de serem reaproveitados e ainda o enquadramento legal e normativo da gestão e valorização de RCD em Portugal.
- Capítulo 3 – Gestão dos RCD – Tem se como objetivo, neste capítulo, o enquadramento do tema, englobando a descrição de medidas de prevenção de resíduos, o dever de informação e as infrações cometidas em termos de RCD.
- Capítulo 4 – Soluções para Reaproveitamento dos RCD – Pretende-se apresentar várias soluções para o reaproveitamento dos diferentes materiais em função das suas características.
- Capítulo 5 – Caracterização Técnica e Operacional dos RCD – Neste capítulo, o objetivo é definir parâmetros de caracterização dos materiais a serem reutilizados quer do ponto de vista técnico, quer sob o ponto de vista operacional. Pretende-se ainda desenvolver processos de avaliação desses parâmetros com o propósito de classificação dos vários materiais.
- Capítulo 6 – Empresas Licenciadas – Neste capítulo pretende-se dar a conhecer algumas das várias empresas licenciadas no âmbito dos RCD no distrito de Braga.
- Capítulo 7 – Conclusões Finais – Pretende-se apresentar uma síntese geral do trabalho, resumindo as principais conclusões e sugerindo novas linhas de continuação do tema em causa.

## **2 - DEFINIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS RCD**

Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) tem por definição, de acordo com o Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de setembro, como os resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações.

Os resíduos podem ser classificados de acordo com a sua origem, tipo de material e quanto ao seu destino final.

### **2.1- CLASSIFICAÇÃO QUANTO À SUA ORIGEM**

Por norma, os RCD classificam-se em três tipos conforme a sua origem, nomeadamente resíduos de construção, resíduos de remodelação, reabilitação e renovação e resíduos de demolição (Algarvio, 2009; Ferreira, 2006; Ruivo e Veiga, 2004).

Os resíduos de construção são produzidos durante os trabalhos de construção e advém principalmente do sobredimensionamento das quantidades necessárias, de materiais deteriorados, de perdas associadas às técnicas e processos construtivos e de embalagens dos materiais a usar em obra. Estes resíduos apresentam-se em quantidades inferiores em relação aos resíduos de demolição, contudo, apresentam uma variedade muito semelhante.

Os resíduos de remodelação, reabilitação e renovação provém de obras de reabilitação e pequenas obras. Contém menor quantidade de resíduos, mas apresentam uma heterogeneidade composicional elevada, tendo assim uma semelhança mais avultada aos resíduos de demolição do que aos de construção.

Os resíduos de demolição traduzem o material resultante de trabalhos de demolição e são os que apresentam maior quantidade de resíduos. São essencialmente compostos por material inerte e solos e a sua composição depende do tipo de obra e da seletividade do processo de demolição.

Na Tabela 1 indicam-se o tipo de resíduos, origem e os materiais que são normalmente recuperados.

*Tabela 1 - Principais origens e tipos de resíduos por tipo de obra na União Europeia (Coelho e Brito, 2010)*

| <b>TIPO DE RESÍDUOS</b>       | <b>ORIGEM</b>                                                                                                                                                                                        | <b>MATERIAIS NORMALMENTE RECUPERADOS</b>                                                                                                                     |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>CONSTRUÇÃO</b>             | Solos e rocha, desperdícios de tijolos e outros cerâmicos, restos de betão, aço, madeira, tintas e embalagens.                                                                                       | Solos e rochas e betão para enchimentos.                                                                                                                     |
| <b>REPARAÇÃO E MANUTENÇÃO</b> | Betão, alvenaria, solos e compostos betuminosos.                                                                                                                                                     | Betão, alvenarias e solos para enchimento.                                                                                                                   |
| <b>DEMOLIÇÃO</b>              | Alvenarias, betão armado e betão pré-esforçado, metais ferrosos e não ferrosos, madeira, cerâmicos, plásticos, vidro, produtos de gesso e estuque, ferragens e guarnições e materiais de isolamento. | Metais para reciclagem, entulho para enchimentos, ferragens e guarnições para revenda, madeira para reutilização e algumas alvenarias para reaproveitamento. |

Segundo Ruivo e Veiga, (2004), de 10% a 20% dos RCD resultam das obras de construção, de 30% a 40% resultam de obras de remodelação, reabilitação e renovação e de 40% a 50% resultam de obras de demolição.

## **2.2- CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE MATERIAL**

Os RCD podem ser classificados em três grupos quanto ao tipo de material: Resíduos Inertes, Resíduos não Inertes e Resíduos Perigosos.

Os Resíduos Inertes são aqueles que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas significativas, logo, não afetam negativamente outros materiais que estejam em contacto de forma a contaminar o meio ambiente ou a prejudicar a saúde humana (Miranda, 2009). Os resíduos inertes correspondem ao betão, materiais cerâmicos, pedra, vidro e metais ferrosos e não ferrosos (Ruivo e Veiga, 2004).

Os Resíduos não Inertes são os que não apresentam perigosidade direta para a saúde humana ou para o ambiente. Estes são a madeira, plástico, papel e cartão (Ruivo e Veiga, 2004).

Os Resíduos Perigosos são os que apresentam características de perigosidade para a saúde humana e/ou para o ambiente, nomeadamente os identificados na Lista Europeia de Resíduos (Ruivo e Veiga, 2004).

### **2.3- CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO TIPO DE DESTINO FINAL**

Quanto ao destino final, os RCD podem ser classificados em quatro tipos diferentes (Gonçalves, 2007):

- Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados tais como o betão e as alvenarias;
- Resíduos recicláveis para outros destinos como plásticos, papel, cartão, metais, vidros e madeiras;
- Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação e que terão o aterro como destino;
- Resíduos perigosos, provenientes de construções, demolições, reabilitações ou restauros.

Deste modo, existe um modelo relativo aos RCD com o objetivo de nos levar a uma melhor decisão no que diz respeito à prevenção, reutilização/reciclagem ou outro destino deste tipo de materiais. Modelo este, designado por *Delft Ladder*, dando uma ordem aos resíduos conforme o destino (Hendricks e Janssen, 2003):

- 1- Prevenção;
- 2- Reutilização na construção;
- 3- Reutilização dos produtos;
- 4- Reutilização dos materiais;
- 5- Aplicações úteis;
- 6- Imobilização com aplicação útil;
- 7- Imobilização sem aplicação útil;
- 8- Combustão com aproveitamento energético;
- 9- Combustão;
- 10- Aterro.

## **3 - GESTÃO DOS RCD**

### **3.1- TRIAGEM E FRAGMENTAÇÃO DE RCD**

A triagem é uma operação obrigatória em obra ou em local afeto à mesma (artigo 51.º do nRGGR), esta regra geral aplica-se à triagem de todos os RCD, perigos e não perigosos, classificados no capítulo 17 da Lista Europeia de Resíduos (LER) e à fragmentação dos RCD não perigosos.

Nos casos em que não possa ser efetuada a triagem dos RCD na obra ou me local afeto à mesma, o mesmo terá de ser devidamente fundamentado no livro de obra e no Plano de Prevenção e Gestão de RCD, o respetivo produtor é responsável pelo seu encaminhamento para operador de tratamento de resíduos (n.º2 do artigo 51.º do nRGGR).

### **3.2- UTILIZAÇÃO DE RCD EM OBRA**

A utilização de RCD em obra, quer seja a obra de origem ou qualquer outra obra, é possível desde que em cumprimento das normas técnicas nacionais ou comunitárias aplicáveis ou sendo observadas as especificações técnicas definidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), nos termos do artigo 7.º do DL n.º 46/2008.

A utilização de RCD em obra, em cumprimento de normas ou especificações técnicas, está isenta de licenciamento de acordo com o disposto na alínea e) do artigo 13.º do referido DL.

### **3.3- DEVER DE INFORMAÇÃO**

Estão obrigados ao registo no SIRER e à prestação de informação nele exigido os produtores e operadores de gestão de RCD, nos termos do artigo 48.º do DL n.º 178/2006, de 5 de setembro, alterado pelo DL n.º 73/201, de 17 de junho designadamente:

- Estabelecimentos que empreguem mais de 10 trabalhadores e que produzam resíduos não urbanos;
- As pessoas singulares ou coletivas responsáveis por estabelecimentos que produzam resíduos perigosos;
- As pessoas singulares ou coletivas que procedam ao tratamento de resíduos a título profissional;

- As pessoas singulares ou coletivas que procedam à recolha ou ao transporte de resíduos a título profissional;
- As entidades responsáveis pelos sistemas de gestão de resíduos urbanos;
- As entidades responsáveis pela gestão de sistemas individuais ou integrados de fluxos específicos de resíduos;
- Os operadores que atuam no mercado de resíduos, designadamente, como corretores ou comerciantes;
- Os produtores de produtos sujeitos à obrigação de registo nos termos da legislação relativa a fluxos específicos.

### **3.4- INFRAÇÕES EM MATÉRIA DE RCD**

A fiscalização ambiental é da responsabilidade da Inspeção-Geral da Agricultura, do Mar, do Ambiente e do Ordenamento do Território (IGAMAOT), Comissões de coordenação e desenvolvimento regional (CCDR), Municípios e Autoridades policiais (DL n.º 73/2011, de 17 junho).

As autoridades policiais têm o dever de prestar toda a colaboração necessária às restantes entidades fiscalizadoras. Compete às entidades fiscalizadoras, com exceção das autoridades policiais, instruir os processos relativos às contraordenações estabelecidas no Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março, alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, e decidir da aplicação da coima e sanções acessórias.

A IGAMAOT desenvolve a sua atividade na área do ambiente, proteção radiológica, ordenamento do território, conservação da natureza, agricultura, mar, floresta, desenvolvimento rural, controlo oficial no âmbito da segurança alimentar administrativo, relações laborais e financeiro, nas áreas de atuação abrangidas pelas suas tutelas e ainda dos apoios nacionais e europeus à agricultura, florestas, desenvolvimento rural e política do mar.

Em 2019, a IGAMAOT em conjunto com a GNR/SEPNA e autoridades espanholas em fronteiras, com a PSP/BRIPA em zonas industriais e outros locais e com a AT em alfândegas, levaram a cabo 3 campanhas MTR de fiscalização focadas no movimento transfronteiriço de resíduos.

*Tabela 2 - Resultados obtidos nas campanhas MTR 2019 (Marta Ramos, 2019)*

|                    | <b>VEÍCULOS<br/>INSPECIONADOS</b> | <b>VEÍCULOS COM<br/>RESÍDUOS</b> | <b>INFRAÇÕES AO<br/>REGULAMENTO<br/>(CE) N.º<br/>1013/2006</b> | <b>INFRAÇÕES<br/>RESÍDUOS<br/>NACIONAL</b> |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>1ª CAMPANHA</b> | 1546                              | 283                              | 12                                                             | 43                                         |
| <b>2ª CAMPANHA</b> | 1537                              | 250                              | 8                                                              | 30                                         |
| <b>3ª CAMPANHA</b> | 1246                              | 188                              | 4                                                              | 26                                         |
| <b>TOTAL</b>       | 4329                              | 721                              | 24                                                             | 99                                         |

## 4 - SOLUÇÕES PARA REAPROVEITAMENTO DOS RCD

### 4.1- PRODUÇÃO E DESTINOS DOS RCD

A Diretiva Quadro Resíduos definiu como meta de valorização para 2020 o encaminhamento de no mínimo 70% de RCD não perigosos para reutilização, reciclagem e valorização, incluindo operações de enchimento.

Para estimar a taxa de valorização seguiram-se algumas diretrizes estabelecidas da Decisão de Comissão, de 18 de novembro de 2011 que estabelece a metodologia de cálculo para estimar a meta mencionada.

*Tabela 3 - RCD valorizáveis agrupados por grupos (APA, 2019)*

| DESIGNAÇÃO                                                                  | CÓDIGOS LER                                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| BETÃO, TIJOLOS E LADRILHOS                                                  | 170101, 170102, 170103                                         |
| MADEIRA, PLÁSTICO E VIDRO                                                   | 170201, 170202, 170203                                         |
| MISTURAS BETUMINOSAS E ALCATRÃO                                             | 170302                                                         |
| METAIS E CABOS NÃO CONTENDO SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS                           | 170401, 170402, 170403, 170404, 170405, 170406, 170407, 170411 |
| BALASTROS DE LINHAS DE CAMINHO-DE-FERRO NÃO CONTENDO SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS. | 170508                                                         |
| MATERIAIS DE ISOLAMENTO NÃO PERIGOSOS                                       | 170604                                                         |
| GESSO                                                                       | 170802                                                         |
| MISTURAS DE RCD                                                             | 170107, 170904                                                 |

Em 2018 foram recolhidas 2 529 899 toneladas de RCD em Portugal. Destas toneladas, 75 868 toneladas dizem respeito a RCD de origem perigosa. Considerando apenas a parcela valorizável, foram geradas 2 167 522 toneladas de RCD valorizáveis, das quais 1 695 918 toneladas foram efetivamente encaminhadas para valorização.

Assim, pode-se verificar que foi alcançado 78,24% de RCD valorizado, cumprindo a meta estabelecida de 70% de RCD não perigosos para reutilização, reciclagem e valorização, incluindo operações de enchimento.

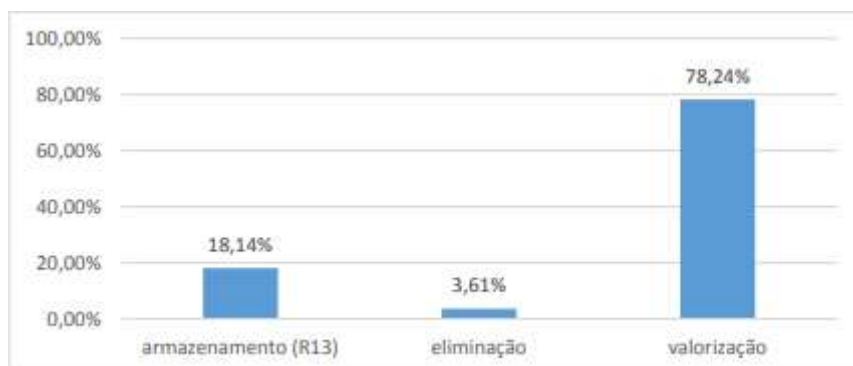


Figura 2- Destinos RCD valorizáveis em 2018 (APA, 2019)

A tabela seguinte (Tabela 4) discrimina as quantidades encaminhadas para os diversos destinos dos grupos de RCD valorizáveis (APA, 2019):

Tabela 4 - Quantidades encaminhadas para os diversos destinos dos grupos de RCD valorizáveis (APA, 2019).

| GRUPO                                                                                  | ARMAZENAMENTO<br>(ton)      | ELIMINAÇÃO<br>(ton)       | VALORIZAÇÃO<br>(ton)        | TOTAL<br>(ton)              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| BETÃO, TIJOLOS E LADRILHOS                                                             | 28 586                      | 1 748                     | 94 814<br>(75,76%)          | 125 148                     |
| MADEIRA, PLÁSTICOS E VIDRO                                                             | 11 459                      | 495                       | 40 937<br>(77,40%)          | 52 891                      |
| MISTURAS BETUMINOSAS<br>E ALCATRÃO                                                     | 43 806                      | 656                       | 338 502<br>(88,39%)         | 382 964                     |
| METAIS E CABOS NÃO<br>CONTENDO<br>SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS                                | 28 409                      | 15                        | 99 443<br>(77,77%)          | 127 867                     |
| BALASTROS DE LINHAS<br>DE CAMINHO-DE-FERRO<br>NÃO CONTENDO<br>SUBSTÂNCIAS<br>PERIGOSAS | 4 530                       |                           | 24<br>(0,52%)               | 4 554                       |
| MATERIAIS DE ISOLAMENTO<br>NÃO PERIGOSOS                                               | 1 822                       | 2 167                     | 1 872<br>(31,94%)           | 5 861                       |
| GESSO                                                                                  | 1 976                       | 561                       | 2 719<br>(51,73%)           | 5 255                       |
| MISTURAS DE RCD                                                                        | 272 689                     | 78 686                    | 1 117 607<br>(76,39%)       | 1 462 982                   |
| <b>TOTAL</b>                                                                           | <b>393 277<br/>(18,14%)</b> | <b>78 328<br/>(3,61%)</b> | <b>165 918<br/>(78,24%)</b> | <b>2 167 522<br/>(100%)</b> |

## **4.2- RECICLAGEM E REUTILIZAÇÃO DOS RCD**

Entre os diversos materiais que podem ser constituintes dos RCD, encontram-se os agregados inertes (de betão ou de alvenarias), solos, resíduos de estradas, madeira, metais, vidro, papel e cartão, plásticos, materiais de isolamento, têxteis, materiais de construção contendo gesso, resíduos perigosos e amianto. Para cada um destes materiais será feito um tipo de reaproveitamento.

### **4.2.1- ELEMENTOS DE BETÃO**

O betão é cada vez mais utilizado na construção, logo, a sua reciclagem e reutilização é benéfica porque, para além de reduzir os custos de construção e a quantidade de materiais a levar a vazadouro, também é possível uma maior preservação de energia e de agregados naturais (Jorge de Brito, 2006).

O betão triturado ou os resíduos reciclados têm utilização em aplicações de baixo nível de exigência, seja tratados ou sem qualquer tratamento prévio, como volumes de enchimento ou material para bases de acessos provisórios. Apesar de tal uso resultar na conservação de matérias-primas, o fecho do ciclo de vida dos materiais de betão na sua função inicial deve ser o objetivo (Ruivo e Veiga, 2004).

Os resíduos de betão reciclados podem ser utilizados para diversos fins consoante o estado em que se apresentam (Ferreira, 2006; Lourenço, 2007); Ruivo e Veiga, 2004):

- Betão triturado resultante de demolições – este tipo de betão ainda contém algumas impurezas e por isso não está, por norma, em condições de ser utilizado na construção de estradas nem na produção de agregados para fabrico de novo betão. Por outro lado, pode servir como sustento e material de enchimento para valas de tubagens e como material de aterro;
- Betão triturado e crivado contendo poucas ou nenhuma impurezas – utilizável para material de aterro como base e material de enchimento para sistemas de drenagem e, em alguns casos, como sub-base na construção de estradas e como agregado reciclado para fabrico de betão;
- Betão triturado e crivado, limpo de impurezas e contendo menos de 5% de tijolo – grande capacidade como material de aterro estrutural e como material de enchimento

para valas de tubagens, utilizável na construção de estradas e, em alguns casos, como agregado para produzir betão e produção de componentes de pré-fabricados.



*Figura 3- Resíduos de betão reciclados.*

Pode-se encontrar, juntamente com os resíduos de betão a reciclar, uma série de substâncias que irão prejudicar a eficiência da aplicação dos agregados reciclados de betão, devido às suas características. Estas substâncias são vistas como contaminantes e os seus níveis têm que ser controlados e limitados com a finalidade de se obter agregados reciclado de qualidade, para aplicações mais nobres, como a produção de betão (Ruivo e Veiga, 2004).

A tabela seguinte (Tabela 5) apresentam-se os principais contaminantes que se podem encontrar no material a reciclar (Ruivo e Veiga, 2004).

*Tabela 5 – Principais contaminantes que se podem encontrar no material a reciclar (Ruivo e Veiga, 2004).*

| CONTAMINANTES                               | NOTAS                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MADEIRA</b>                              | Os resíduos de betão não deverão conter mais de 10% em termos de volume. Se a estação incorporar um banho de água pode atingir-se os 30% |
| <b>REBOCO COM GESSO, ANIDRITE</b>           | O reboco de gesso e a anidrite podem expandir-se devido à absorção de água e causar danos na superfície do betão.                        |
| <b>BLOCOS POROSOS DE ISOLAMENTO O BETÃO</b> | Afetam adversamente a resistência quando usados na                                                                                       |

|                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>COM INTRODUÇÃO DE AR</b>                                                                                                  | produção do betão.                                                                                                                                                                 |
| <b>VIDRO</b>                                                                                                                 | A separação do vidro é difícil, pois a sua densidade é próxima da do betão. Pode produzir a reação álcalis-silica e consequentemente deterioração prematura do betão.              |
| <b>COMPOSTO DE FERRO, VANÁDIO</b>                                                                                            | Provocam a expansão e aparecimentos de manchas                                                                                                                                     |
| <b>AÇO</b>                                                                                                                   | O aço, proveniente dos restos de armaduras que subsistem nos produtos de demolição, pode provocar o aparecimento de ferrugem, sobretudo se houver também a existência de cloretos. |
| <b>ALUMÍNIO E FRAGMENTOS DE ZINCO</b>                                                                                        | Podem causar problemas, se houver possibilidade de libertarem oxigénio.                                                                                                            |
| <b>CLORETOS, PLÁSTICOS, MATERIAL REFRACTÁRIO, SOLOS, AREIA QUIMICAMENTE CONTAMINADAS, RESÍDUOS DE PAVIMENTOS BETUMINOSOS</b> | Produção de um betão de baixa durabilidade ou com uma redução dos valores das suas propriedades mecânicas.                                                                         |

A fração de agregados reciclados de betão designada por finos (0/4 mm), devido às suas características, apresenta baixos valores de reciclagem e é de difícil aplicação. Por esse motivo, não é aconselhável a sua utilização em betão estrutural, devido ao elevado teor de substâncias lixiviantes como os sulfatos (de gesso e de pasta de cimento), aos contaminantes de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), antimónio (Sb), óleo mineral e, ocasionalmente, chumbo e zinco e também por problemas de granulometria pobre (agregados demasiado ásperos e com elevadas percentagens de argamassa) (ásperos e com elevadas percentagens de argamassa). Para ultrapassar esta contaminação, existem as seguintes opções (Ruivo e Veiga, 2004):

- Abordagem condicional, ou seja, aplicação em circunstâncias controladas;
- Demolição seletiva de chaminés, coberturas com amianto (fibrocimento) e produtos com gesso;
- Limpeza.

Estes finos de britagem podem ser utilizados na construção de estradas cumprindo o papel de areia (Ruivo e Veiga, 2004).

Tendo em conta o grande volume de utilização do betão na construção, a sua reciclagem e reutilização podem trazer enormes benefícios em termos da conservação dos agregados naturais, redução dos custos de construção, redução no consumo de energia e, de forma ampla, a conservação ambiental e de recursos (Lourenço, 2007).

#### **4.2.2- MATERIAIS CERÂMICOS**

Os materiais cerâmicos que por norma são encontrados nos RCD com maior frequência são os tijolos, telhas, azulejos e porcelanas. Estes materiais podem ser encontrados por inteiro, caso sejam removidos separadamente antes do processo de demolição, mas o mais habitual é que estes se encontrem partidos e misturados com outros resíduos, nomeadamente o betão (Lourenço, 2007).



*Figura 4- RCD de materiais cerâmicos.*

##### **4.2.2.1- TIJOLOS**

Na construção de edifícios, cerca de 50% do total de material utilizado é atribuído à alvenaria de tijolo. Para a reutilização de alvenaria de tijolo proveniente de demolições, por exemplo, existem várias possibilidades (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004):

- Material de enchimento para estradas;
- Material de enchimento em valas e tubagens;
- Agregados para betão e argamassas;
- Agregados para tijolos de silicato de cálcio;

- Material para enchimento e estabilização de caminhos rurais;
- Revestimento de campos de ténis;
- Agregados para produção de peças pré-fabricadas em betão.



*Figura 5- RCD de materiais britados.*

É preferível reutilizar os tijolos inteiros, do que britá-los e utilizá-los noutras aplicações menos exigentes, mas em grande parte das situações isso não é possível. Quando assim é, os tijolos são processados por britagem para depois seguirem o seu destino final (Ruivo e Veiga, 2004).

O destino final dos agregados de alvenaria não deve ser o fabrico de betão betuminoso, visto que, a sua porosidade é elevada e têm baixa resistência. Também não devem ser utilizados em camadas de sub-base de estradas, devido à sua baixa resistência. No fabrico de betão, estes agregados de alvenaria reciclados só podem ser utilizados para classes iguais ou inferiores à classe B22,5, visto que, para classes superiores a qualidade do betão pode ser comprometida pela maior proporção de cimento necessária (Lourenço, 2007).

É também possível fazer a aplicação de agregados reciclados no fabrico de betão contendo granulado de polistireno, que é um tipo de betão leve cm maior capacidade de isolamento térmico (Lourenço, 2007).

Para a aplicação de agregados de alvenaria reciclados da fração 0/4 mm, um potencial destino é a sua utilização no fabrico de tijolos de barro tradicionais, em substituição do barro, bem como em tijolos de silicato de sódio, em substituição da areia. Para ser utilizada

em tijolos, esta fração não deve conter cal para evitar efeitos adversos na resistência, retração durante incêndio, durabilidade e cor (Ruivo e Veiga, 2004).

Em Portugal, é constante a reutilização dos fragmentos de alvenaria em bases de pavimentos e para a produção de betonilhas a serem utilizadas em edifícios de pequena dimensão (Ruivo e Veiga, 2004).

#### **4.2.2.2- TELHAS**

No que diz respeito às telhas, as mesmas podem ser reutilizadas desde que as mesmas sejam manuseadas de forma cuidada de forma a não as danificar. No caso de não ser possível, os resíduos das telhas podem ser processados da mesma maneira que os resíduos de tijolos (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004).

#### **4.2.2.3- CERÂMICOS DE REVESTIMENTO**

Tal como nas telhas e tijolos, se estes materiais se encontrarem intactos, podem ser reutilizados. Caso se verifique o contrário, estes podem ser processados de igual forma dos resíduos de tijolos (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004).

### **4.2.3- PEDRAS**

Os adornos de alvenaria existentes nos edifícios antigos podem ser limpos e reutilizados em novas construções. Os agregados de alvenaria de pedra que são reciclados podem ser utilizados para (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004):

- Restauração e conservação de fachadas de edifícios antigos;
- Material de enchimento nos casos em que a alvenaria foi britada e crivada;
- Sub-bases de pavimentos;
- Agregados para betão novo.

### **4.2.4- VIDRO**

O vidro é um material reciclável, sendo por isso normal a sua recuperação para integração no processo de fabrico de vidro novo. Porém, sendo o vidro incolor reciclável para certos fins que não o vidro colorido, vidros com cores diferentes não podem ser reciclados

conjuntamente, pelo que deve ser feita a sua separação por cores “in situ” (Ruivo e Veiga, 2004).

O vidro recuperado também pode ser utilizado como “asfalto cristalino” para a pavimentação em estradas e pistas de aeroportos, tendo sido este material utilizado, com sucesso, no aeroporto Kennedy, Nova Iorque. O “asfalto cristalino” tem a vantagem de prolongar a construção de estradas no inverno, isto porque, esfria mais lentamente do que o asfalto corrente, permitindo assim obter uma compactação adequada mesmo a baixas temperaturas (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004).

O vidro reciclado poderá passar igualmente pela sua incorporação no fabrico de isolamento de fibras de vidro, azulejos e ladrilhos. Poderá ainda proceder-se à sua transformação em agregados para a integração em betão ou em sistemas de drenagem (Ruivo e Veiga, 2004).

Apesar das possibilidades referidas anteriormente para a utilização do vidro reciclado, existem alguns obstáculos à recuperação do mesmo, quer do ponto de vista técnico, quer do ponto de vista económico. Isto porque, existe a necessidade de remover materiais contaminantes como metal, plástico e papel e porque existe um elevado custo do vidro reciclado em comparação com a matéria-prima virgem. No entanto, em termos energéticos, o vidro reciclado permite alguma poupança quando comparado com a matéria-prima virgem (Ruivo e Veiga, 2004).

#### **4.2.5- METAIS**

Os metais são os materiais que mais facilmente podem ser recuperados, reintegrando o seu ciclo de produção sem que se verifiquem perdas nas suas características. Dos materiais metálicos mais correntes na construção destacam-se o cobre, aço, ferro, alumínio, latão e o zinco (Ruivo e Veiga, 2004).

O aço, deve preferencialmente ser utilizado de forma direta, no entanto, quando não é possível reutilizar o aço tal como é recolhido, este pode ser reciclado para produzir novo metal (Tam e Tam, 2005).

Num âmbito de construção sustentável, a utilização do aço na construção oferece inúmeras vantagens (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004):

- Grande parte do material utilizado na construção civil é pré-fabricado e é entregue na obra à medida que é necessário, gerando assim, poucos resíduos.
- Devido às suas propriedades magnéticas, é facilmente separado dos outros materiais contidos nos RCD;
- É totalmente reciclável, sendo que o mercado de aço reciclável está em expansão na Europa (mais de 40% do aço é produzido a partir de reciclagem de sucata).~



*Figura 6- Aço e outros metais retirados do entulho.*

O cobre, o alumínio, o latão e o zinco, gozam das mesmas propriedades, sendo facilmente reintegrados no ciclo normal de produção sem que se verifiquem perdas nas suas características (Lourenço, 2007);

Quanto ao alumínio, apesar do seu peso relativo no total dos RCD ainda ser baixo, é um elemento importante tendo em vista a sua reciclagem. Os componentes de alumínio de um edifício demolido não são normalmente considerados resíduos e são habitualmente recuperados, reutilizados ou reciclados, praticamente na sua totalidade (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004).

Segundo a *European Aluminium Association* (EAA), a recuperação quase total do alumínio é exequível porque existe disponível uma quantidade relativamente elevada da sua sucata e esta tem um valor que, na grande parte dos casos, cobre os custos de demolição. Adicionalmente, como a variedade de ligas deste metal na construção civil é diminuta, a sucata de alumínio é boa para fundir e fabricar novas peças. Na Europa, o sistema de recolha

de alumínio já esta instituído e, devido ao incentivo financeiro que a reciclagem constitui, a tendência é que se continue a desenvolver.

A separação do alumínio e outros metais não ferrosos terá que ser feita por processos alternativos aos magnéticos convencionais. A segregação pode então ser feita manualmente ou recorrendo a processos mecânicos como a utilização de um separador de correntes parasitas (Lourenço, 2007).

#### **4.2.6- MADEIRA**

Existem variadas utilizações possíveis para a madeira recuperada, sendo que, a valorização energética e a reciclagem foram identificadas como as duas utilizações mais frequentes e importantes e, quase sempre, competindo entre si. Para além destas duas soluções, a madeira recuperada pode ainda ser reutilizada ou eliminada (deposição em aterro) (Pico, 2008).

No que diz respeito aos resíduos de madeira provenientes de cofragens e elementos construtivos, estes podem ser processados do seguinte modo (Ruivo e Veiga, 2004):

- Triturada para utilização como material de aterro;
- Limpa e transformada em adubo (compostagem);
- Transformada para utilização em produtos derivados da madeira (aglomerados de fibras, de partículas ou madeira-cimento);
- Elementos de maior dimensão poderão ainda ser transformados em elementos construtivos ou mobiliário.

Alguma madeira, como a de pranchas, vigas, portas e estacas, pode ser reutilizada sem a necessidade de tratamento (Ruivo e Veiga, 2004). Estes elementos podem ser reutilizados diretamente ou redimensionados, evitando a utilização de madeira nova ou a utilização de outros materiais (Pico, 2008).

A madeira recuperada dos resíduos de construção civil pode ser sujeita a reciclagem ou reutilização para seguir diversos fins (Brito, 2006; Pico, 2008):

- Soalhos, portas, caixilhos de janelas;
- Painéis de aglomerado de madeira utilizados na produção de mobiliário;

- Estacas para plantas;
- Produção de combustível derivado dos refugos;
- Reparação de edifícios rurais;
- Material de enchimento para correção de taludes;
- Camas para animais na forma de aparas e serradura;
- Compostagem;
- Incineração com recuperação de energia.

Um problema ligado à reutilização da madeira prende-se com o elevado grau de contaminação com outros materiais (pregos, parafusos, metais pesados, tintas) a que normalmente está sujeita. Os pregos e parafusos podem ser recuperados para sucata e podem prever-se estações de tratamento para remoção de tintas (Ruivo e Veiga, 2004). Quanto à utilização do material para produção de energia, se os contaminantes estiverem presentes em quantidades reduzidas, não irão afetar o processo de produção (Pico, 2008).

Painéis de aglomerados, madeira forrada com plástico e madeira impregnada (tratada com pressão) são materiais com poucas opções de reciclagem. A madeira pintada, por norma, pode ser processada sem grandes problemas, pois durante a moagem a tinta é separada na forma de partículas e extraída (Ruivo e Veiga, 2004).

A madeira pode ainda, em alguns casos, ser debastada ou reduzida em tamanho, processada para papel e cartão e também processada para produção de elementos laminares como painéis aglomerados. Pode, também, ser queimada nas centrais de energéticas alimentadas por carvão se forem instalados queimadores próprios. No entanto para que seja garantida a combustão completa, a madeira deve ser finamente estilhaçada (Ruivo e Veiga, 2004).

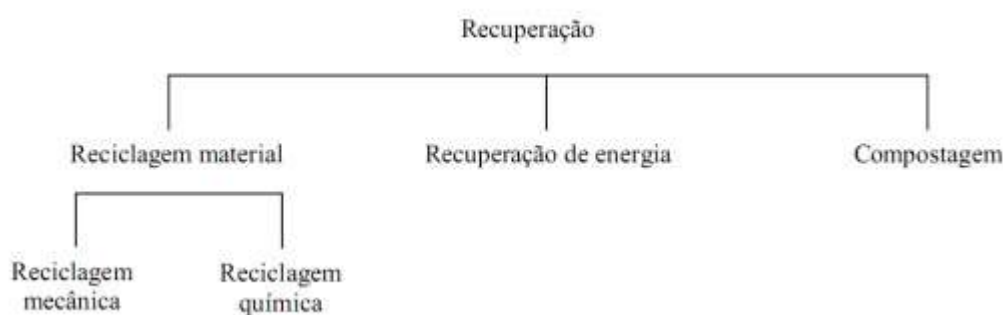
#### **4.2.7- PAPEL E CARTÃO**

O papel e cartão desde que limpos e secos, são recolhidos seletivamente e podem ser reintegrados no fabrico do papel e cartão reciclado. Podem de igual forma integrar o processo de fabrico de material de isolamento à base de celulose. O material residual é alojado em aterros ou incinerado (Ruivo e Veiga, 2004).

Os custos de recolha e transporte tornam por norma a reciclagem destes materiais inviáveis do ponto de vista económico. Um dos meios de desenvolver o uso de papel reciclado é aumentar a cota de mercado de isolamentos com celulose (Ruivo e Veiga, 2004).

#### 4.2.8- PLÁSTICOS

De acordo com Azapagic et al. (2003), citado por Letras (2008), as opções disponíveis para valorização dos resíduos plásticos são a reciclagem mecânica, a reciclagem química e a recuperação energética (Letras, 2008).



*Figura 7- Sistematização dos processos de recuperação e reciclagem de resíduos plásticos (Letras, 2008)*

A reciclagem deste tipo de resíduos torna-se complicada quando estes se apresentam, como acontece normalmente, combinados com outros materiais formando compósitos, pelo que materiais com diferente constituição interna terão de ter tratamento distinto (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004; Tam e Tam, 2005).

No entanto, desde que os resíduos plásticos sejam corretamente separados e se apresentem limpos, podem ser transformados em grânulos e reutilizados na produção de novos produtos plásticos (Ferreira, 2006).

Depende de vários fatores a escolha da melhor opção para a recuperação dos plásticos, entre os quais, o produto em questão, a sua condição física, o seu grau de contaminação ou idade. Na tabela seguinte comparam-se os diferentes processos de recuperação do plástico tendo em conta o tipo de produto a recuperar (Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004).

*Tabela 6 - Processos de recuperação de plástico consoante o tipo de produto a recuperar (Lourenço, 2007).*

| <b>ORIGEM</b>                   | <b>VIDA MÉDIA ESTIMADA</b> | <b>RECICLAGEM MECÂNICA</b> | <b>RECICLAGEM COMO MATÉRIA-PRIMA</b> | <b>RECUPERAÇÃO DE ENERGIA</b> |
|---------------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|
| <b>ALCATIFAS</b>                | 10-20                      | Opção recomendada          | Opção recomendada                    | Opção recomendada             |
| <b>CABOS</b>                    | >25                        | Opção recomendada          | Opção recomendada                    | Outra opção                   |
| <b>CONDUTAS E TUBAGENS</b>      | >50                        | Outra opção                | Opção recomendada                    | Opção recomendada             |
| <b>PERFIS</b>                   | 20-40                      | Opção recomendada          | Opção recomendada                    | Outra opção                   |
| <b>REVESTIMENTOS DE SOALHOS</b> | 10-40                      | Opção recomendada          | Opção recomendada                    | Outra opção                   |
| <b>REVESTIMENTOS DE PAREDES</b> | 10-20                      | -                          | Opção recomendada                    | Outra opção                   |
| <b>JANELAS</b>                  | >50                        | Outra opção                | Opção recomendada                    | Opção recomendada             |

No que diz respeito ao PVC, PE, PS, são materiais termoplásticos e têm a vantagem de serem recicláveis. Por outro lado, plásticos como o PUR, resinas de poliéster e o formaldeído são materiais termoendurecíveis, o que os torna de difícil processamento uma vez que não são recicláveis (Lourenço, 2007).

Na União Europeia, só cerca de 3% dos plásticos são reciclados e uma das razões para isso deve-se ao facto de a reciclagem ser cara e de difícil execução, sendo que para os plásticos comuns, os materiais virgens são geralmente mais baratos do que os reciclados (Ruivo e Veiga, 2004).

#### **4.2.9- ASFALTO**

O asfalto contido nos RCD pode ser reutilizado na sub-base das estradas, a frio ou a quente. Quanto às utilizações a frio, basta a redução de tamanho do respetivo material e a adição do agente de regeneração. O material resultante é utilizado em vias de comunicação sujeitas a baixas cargas. No que diz respeito às utilizações a quente, podem ser reutilizadas percentagens elevadas de asfalto, no entanto, o processo a quente tem a desvantagem de provocar a libertação de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP), presentes no material (Algarvio 2009).

#### **4.2.10- MATERIAIS DE ISOLAMENTO**

Os materiais de isolamento mais utilizados são a lã de escórias, a lã de rocha, a lã de vidro, o poliestireno (PS) e o poliuretano (PUR). Estes materiais devem ser retirados do volume total de RCD uma vez que prejudicam a resistência dos materiais reciclados (Lourenço, 2007).

A lã de escórias, lã de vidro e lã de rocha não contêm amianto e a sua vida útil média é de cerca de 75 anos. Os processos de recuperação destes materiais incluem (Brito, 2006; Lourenço, 2007):

- Pirólise;
- Moldagem de tijolos;
- Espalhamento sobre o produto não curado após separação da espuma em fibras simples;
- Incineração.

#### **4.2.11- RESÍDUOS PERIGOSOS**

Os resíduos perigosos devem ser sempre tratados de forma separada dos restantes RCD para que a sua presença não torne a totalidade dos RCD num resíduo perigoso impossibilitando a reutilização do mesmo. Quanto ao seu transporte, este deverá apenas ser feito por empresas credenciadas para o mesmo (Ruivo e Veiga, 2004).

O processamento dos materiais perigosos é por norma mais complexo e dispendioso quando comparado com o tratamento dos resíduos banais. Por vezes, o processamento destes materiais não é possível, sendo por isso normal que os seus produtores acabem por depositar os mesmos em aterros de resíduos perigosos (Ruivo e Veiga, 2004).

Os resíduos perigosos que podem ser reciclados são (Brito, 2006; Lourenço, 2007; Veiga, 2004):

- Tintas e solventes (podem ser reciclados por destilação ou utilizados na produção de primários;
- Óleos (podem ser utilizados como combustível, com ou sem processamento adicional, ou refinados para produzir novo óleo;
- Pilhas e baterias recarregáveis;

- Produtos abrasivos (podem ser reutilizados após limpeza;
- Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico.

As lâmpadas fluorescentes também pertencem aos resíduos perigosos. Estas, só oferecem risco quando partidas, visto que libertam um vapor de mercúrio que se mantém neste estado por um período de tempo variável conforme a temperatura. Recomenda-se que as lâmpadas sejam armazenadas em local seco, nas próprias caixas de embalagem original, protegidas contra eventuais choques que possam provocar a sua rutura. Essas caixas devem ser identificadas para não serem confundidas com caixas de lâmpadas novas (Ruivo e Veiga, 2004).

Depois de devidamente acondicionadas, as lâmpadas podem ser armazenadas em contentores metálicos, desenvolvidos para esse fim. Estes contentores, fabricados para os diversos tamanhos padronizados de lâmpadas fluorescentes, eliminam quase a 100% o risco de rutura no transporte e dispõem internamente de um filtro de carvão ativado capaz de reter eventuais vapores de mercúrio das lâmpadas que se rompam durante o transporte (Ruivo e Veiga, 2004).

Quanto ao amianto, este é um material com propriedades cancerígenas, pelo que é dos resíduos mais perigosos que se pode encontrar nos RCD. Todo o processo de remoção, descarga e processamento exige muito cuidado e deve ser efetuado apenas por entidades especializadas. Apenas as fibras soltas de amianto são cancerígenas, pelo que as placas de amianto devem ser removidas de forma inteira, isto porque, se não forem furadas ou aparafusadas não constituíram perigo para a saúde (Ruivo e Veiga, 2004).

Como o amianto não é reciclável, após a sua remoção, deve ser depositado em aterro. No entanto, antes da sua deposição este deve ser submetido a um processamento que inclui inertização, estabilização e encapsulamento (Ruivo e Veiga, 2004).

Os resíduos de gesso, são também resíduos perigosos e são processados conjuntamente com os materiais inertes e a sua aceitação é condicionada pelo seu teor em sulfatos, dado que estes compostos podem atacar o betão. O gesso recuperado pode ter as seguintes aplicações (Brito, 2006; Lourenço, 2007; Ruivo e Veiga, 2004):

- Construção de placas para tetos e pavimentos;

- Material de enchimento em obras de estradas e caminhos-de-ferro;
- Produção de placas para tetos e pavimentos.

Na tabela seguinte apresentam-se as opções de tratamento conforme o resíduo (Ruivo e Veiga, 2004).

*Tabela 7 - Opções de tratamento/deposição de resíduos perigosos (Ruivo e Veiga, 2004).*

| PRODUTO/MATERIAL                 | COMPONENTE PERIGOSO               | PROPRIEDADE PERIGOSA           | TRATAMENTO/DEPOSIÇÃO                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Adesivos                         | Solventes, isocianeto             | Inflamável, tóxico, irritante  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolver ao fornecedor, reciclar, remover para deposição em aterro</li> <li>• Procurar produto alternativo menos perigoso</li> <li>• Deixar curar antes de depositar em aterro</li> </ul> |
| Aditivos de betão                | Solventes de hidrocarboneto       | Inflamável                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolver ao fornecedor, reciclar, remover para deposição em aterro</li> </ul>                                                                                                             |
| Materiais resistentes à humidade | Solvente, betume                  | Inflamável, tóxico             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolver ao fornecedor, reciclar, remover para deposição em aterro</li> </ul>                                                                                                             |
| Superfícies de estradas          | Emulsões à base de alcatrão       | Tóxico                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Devolver ao fornecedor, reciclar, remover para deposição em aterro</li> </ul>                                                                                                             |
| Fibras minerais                  | Fibras respiráveis                | Irritantes para pele e pulmões | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover para deposição separada</li> </ul>                                                                                                                                                |
| Resíduos resistentes ao fogo     | Compostos halogenados             | Ecotóxicos                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco impacto em aterro se ligados ao substrato, impacto elevado na forma de produto, possíveis fumos tóxicos aquando combustão</li> </ul>                                                |
| Tintas                           | Chumbo, cromo, vanádio, solventes | Tóxico, inflamável             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pouco impacto em aterro se ligados ao substrato, impacto elevado na forma de produto, possíveis fumos tóxicos aquando combustão</li> </ul>                                                |
| Equipamentos de transferência    | PCB                               | Ecotóxicos                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Óleos contaminados para remoção controlada e envio para incineração</li> </ul>                                                                                                            |
| Ares condicionados               | CFC                               | Depleção do ozono              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção para recuperação</li> </ul>                                                                                                                                                       |
| Sistemas de combate a fogos      | CFC                               | Tóxico                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção para recuperação</li> </ul>                                                                                                                                                       |

## **5 - CARACTERIZAÇÃO TÉCNICA E OPERACIONAL DOS RCD**

A reutilização de resíduos só faz sentido caso os materiais reaproveitados possuam características e propriedades que lhe permitam ser novamente aplicados em obra. Para que a mesma possa ser potenciada, interessa que todos os materiais e elementos construtivos que fazem parte do projeto, sejam caracterizados de diferentes formas e sujeitos a uma correta catalogação. O êxito da reutilização e consequente diminuição da produção de RCD está implícito no sucesso desta correta catalogação (Silva, P., 2008).

Primeiramente deve-se proceder á elaboração de um exame geral do edifício, no qual devem ser analisados alguns parâmetros importantes para que se possa averiguar a viabilidade do reaproveitamento dos materiais e só depois se dá início á caracterização e catalogação dos materiais (Guy e Gibeau, 2003):

- Analisar a cobertura e verificar o tipo de soluções construtivas e se existem danos visíveis;
- Analisar acessibilidades e espaços para a montagem de estaleiro;
- Analisar o projeto para a identificação de potenciais elementos construtivos existentes nas diversas soluções construtivas;
- Analisar os revestimentos de parede e de pisos;
- Procurar danos devido a água, fogo ou insetos;
- Procurar materiais e elementos específicos com elevado potencial de reutilização;
- Procurar materiais e elementos que contêm materiais perigosos;
- Procurar sinais de instabilidade estrutural.

Feita a análise geral do edifício, elabora-se um relatório inicial, onde deve ser feita uma sucinta síntese das características do edifício e deve-se fazer acompanhar por uma descrição dos principais aspetos observados, devendo esta incidir sobre (Guy e Gibeau, 2003):

- A área de atuação;
- As acessibilidades;
- O ano de construção;
- O número de pisos;
- O tipo de construção;
- O tipo de edifício;

- O tipo e as condições de terreno.

Feita a análise e apontando esta para a viabilidade do reaproveitamento dos resíduos, deve-se proceder de seguida à caracterização dos mesmos do ponto de vista técnico e operacional para se poder decidir sobre o método de reaproveitamento mais apropriado.

### **5.1- CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DO PONTO DE VISTA TÉCNICO**

Existem alguns parâmetros, do ponto de vista técnico, que devem ser analisados aquando da execução do projeto de reabilitação/manutenção ou demolição para o reaproveitamento de materiais e elementos construtivos (Silva, P., 2008):

- Contaminação;
- Dimensão;
- Estado de conservação;
- Facilidade de limpeza e tratamento;
- Facilidade de remoção;
- Possível função a desempenhar;
- Quantidade;
- Resistência.

É com base nos parâmetros anteriormente mencionados, que se decide qual o melhor destino para cada material, de acordo com as listas de operações de eliminação e valorização de resíduos constantes na Lista Europeia de Resíduos.

Aconselha-se o preenchimento da Tabela 8, para uma correta catalogação de todos os materiais. A referida tabela, para além de ser de fácil compreensão, permite tratar e organizar os dados, obter estatísticas, apoiar na determinação dos custos do projeto e definir prioridades de intervenção (Silva, P., 2008).

*Tabela 8 - Folha para catalogação dos materiais.*

| DESIGNAÇÃO DO RESÍDUO | CÓDIGO LER | ORIGEM DO MATERIAL | QUANTIDADE (TON) | DESTINO DO RESÍDUO |
|-----------------------|------------|--------------------|------------------|--------------------|
|                       |            |                    |                  |                    |
|                       |            |                    |                  |                    |
|                       |            |                    |                  |                    |
|                       |            |                    |                  |                    |

Consideram se importantes alguns aspetos a ter em conta no processo para obter uma catalogação mais eficiente e consequente sucesso no reaproveitamento dos materiais (Construction Waste Management: Guide - Methods to Save Money and Resources, 2003):

- Estar consciente da hierarquia dos sistemas construtivos para evitar a degradação de materiais e de elementos construtivos em bom estado e com elevado potencial;
- Identificar elementos construtivos e materiais antigos com grande potencial económico;
- Identificar materiais ou elementos cuja remoção pode pôr em causa a segurança dos intervenientes em obra;
- Identificar materiais e elementos que possam ser facilmente reutilizados, como portas, janelas, etc., isto é, que são facilmente escoados;
- Identificar materiais que possam ser removidos e separados sem danos;
- Identificar os materiais praticamente novos, que podem ser reutilizados facilmente;
- Identificar os materiais que contém substâncias perigosas ou contaminados;
- Ter mente aberta face ao potencial do material ou elemento em estudo e discutir ideias quanto ao seu aproveitamento.

### **Contaminação**

O conceito de perigosidade é relativo e pode ser diferido no tempo, isto é, os RCD podem ter na sua constituição materiais que originalmente eram perigosos, ou que se tornaram perigosos por contágio com o ambiente a que foram exposto e por último podem tornar-se perigosos quando são colocados em contacto, ou são misturados com materiais perigosos.

Para que o grau de contaminação seja o mais reduzido possível é necessário um apertado controlo de qualidade (Silva, P., 2008).

### **Dimensão**

A dimensão do material deverá enquadrar-se dentro dos limites estabelecidos conforme a finalidade específica para a qual se destina. Para tal, deverá ser avaliada a dimensão dos materiais, por exemplo, para o caso de aplicação de agregados reciclados em betões e argamassas é necessária uma correta análise granulométrica (Civil, E. 2010).

### **Estado de conservação**

O estado de conservação deve ser avaliado para determinar a viabilidade do seu reaproveitamento. Caso o material não se apresente danificado pode ser reutilizado diretamente na mesma obra ou ser vendido, mas se estiver danificado isso já não é possível, sendo assim reciclado. A reciclagem terá custos de recolha e transporte e receção associados. Os materiais e elementos construtivos podem ser classificados quanto à sua condição (Silva, P., 2008):

- Danificado por completo;
- Fraco estado de conservação;
- Suficiente estado de conservação;
- Bom estado de conservação;
- Excelente estado de conservação.

O tipo de reaproveitamento escolhido para o material é decidido conforme o estado de conservação do mesmo.

### **Facilidade de limpeza e tratamento**

Para avaliar se o material deve ser reutilizado, deve-se analisar o processo de limpeza e tratamento quanto ao custo do mesmo. No caso de acarretar custos elevados, deixa de ser viável a reutilização e passa a ser analisada a possibilidade da reciclagem do material, sendo o aterro o destino final caso a reciclagem também não se torne viável (Civil, E. 2010).

### **Facilidade de remoção**

A remoção dos materiais só é viável no caso de ser possível a separação dos mesmo sem que se danifiquem e para isso é importante conhecer a forma como estão ligados. No caso de não ser possível, esta inviabilizada a sua reutilização e deve-se avançar para a sua reciclagem ou aterro (Civil, E. 2010).

### **Possível função a desempenhar**

O tipo de reutilização que o material venha a ter depende da função que se pretende dar ao mesmo. No caso de se pretender que este venha a ser utilizado para a mesma função, este pode ser reutilizado, caso as suas propriedades ainda se mantenham. No caso de se pretender utilizar o material para uma função diferente da original, o mesmo também pode ser reutilizado (Civil, E. 2010).

### **Quantidade**

A quantidade total de resíduos vai depender essencialmente do tipo e dimensão da obra. O cálculo da quantidade de resíduos deve ser feito, de acordo com o “Manual Europeu de Resíduos de Construção de Edifícios”, com base em volumes, visto que este procedimento está por norma associado a pequenas incertezas. A acrescentar a isto, deve se, se possível, fazer um balanço diário de resíduos, baseado no tamanho dos contentores e no nível de enchimento dos mesmos, ou ainda, atribuir tarefas específicas relacionadas com os resíduos segundo o volume existente (Civil, E. 2010).

Quando se trata de reabilitações e para uma definição mais precisa dos tipos e quantidade de resíduos resultantes, pode-se recorrer à informação que consta nos mapas de quantidades que foram utilizados no concurso/orçamento do projeto de construção. A determinação de quantidade dos diferentes tipos de resíduos é importante, isto porque no caso de quantidades reduzidas, a recolha destes passa a ser considerada economicamente não viável (Civil, P. 2010).

### **Resistência**

O material resultante das atividades de construção civil, ao ser analisado, constata-se que apesar da heterogeneidade, a grande maioria reveste-se de boa resistência mecânica. No entanto, a utilização destes materiais necessita de estudos sobre o comportamento

mecânico, de modo a poder prever-se qual a sua tendência para a degradação (Oliveira,2002).

## **5.2- CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS DO PONTO DE VISTA OPERACIONAL**

A gestão de RCD em obra carece tanto de um planeamento cuidadoso de separação e de armazenamento em obra como também de um planeamento económico rigoroso, para que seja possível otimizar o tempo consumido e os custos envolvidos nas tarefas de tratamento e recolha de resíduos (Lourenço, 2007).

### **5.2.1- MANUSEAMENTO**

Para que o processo de reaproveitamento não seja inviabilizado, é imprescindível que se adote um especial cuidado com o manuseamento dos materiais. Este especial cuidado tem como objetivo o facto de não danificar os materiais para que estes possam ser reutilizados e também para que não fiquem contaminados por outros materiais, impossibilitando assim a sua reutilização e acarretando mais custos na reciclagem ou aterro dos mesmos (Civil, P. 2010).

### **5.2.2- SEPARAÇÃO E ARMAZENAMENTO**

Terminada a identificação dos tipos e quantidades de resíduos produzidos, é necessário determinar o grau de separação dos mesmos, isto é, o número e tipo de diferentes frações de resíduos que devem ser recolhidas separadamente, mais apropriado para a situação em estudo (Projeto WAMBUCO, 2002b).

O grau de separação de resíduos está dependente das possibilidades regionais de encaminhamento dos resíduos e respetivos custos, devendo-se proceder a uma análise de mercado para identificar os operadores de resíduos que existem, quais os resíduos que aceitam e em que condições, assim como o tipo de serviços que prestam e preços que praticam (Lourenço, 2007;Projecto WAMBUCO, 2002b).

Em obra, o grau de separação dos resíduos deve ser determinado considerando alguns parâmetros (Projeto WAMBUCO, 2002b):

- Distribuição de resíduos em diferentes frações ou fluxos;
- Espaço necessário para os contentores;

- Exigências de supervisionamento de resíduos;
- Métodos de tratamento de resíduos disponíveis;
- Organização da gestão de resíduos em obra;
- Período de produção de resíduos;
- Quantidades dos resíduos por fração;
- Tipo de contentores adequados.

#### 5.2.2.1- DISTRIBUIÇÃO DOS RCD POR FRAÇÕES

A distribuição de resíduos em diferentes frações deve ser feita de acordo com as descrições e códigos de resíduos da Lista Europeia de Resíduos e, dentro de cada um desses grupo, de acordo com os métodos de recolha e valorização ou eliminação a que vão ser sujeitos (Lourenço, 2007).



Figura 8- Acondicionamento temporário de resíduos em diferentes frações.

#### 5.2.2.2- QUANTIDADE DE RCD POR FRAÇÃO

No caso da quantidade de resíduos de uma determinada fração ser inferior a 2 – 3 m<sup>3</sup>, exceto no caso dos resíduos perigosos, a sua recolha seletiva é, por norma, considerada economicamente desfavorável, por geral custos relativamente elevados no que diz respeito ao aluguer de contentores e ao respetivo transporte (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Havendo uma quantidade de resíduos que se justifique e tomando a decisão de proceder, em obra, à recolha seletiva dos resíduos em diversas frações, deve-se ter em conta não só os aspetos económicos mas também os aspetos ambientais associados. Se por um lado, cada tipo de resíduo requer um tipo de contentor próprio, por outro lado, o transporte

dos resíduos provoca a emissão de gases poluentes e gastos energéticos. Deve-se então, procurar um equilíbrio entre as vantagens duma separação mais eficaz, que permite um maior reaproveitamento dos resíduos, e o prejuízo ambiental provocado pela mesma, uma vez que uma separação de resíduos mais profunda requer contentores mais pequenos, o que provoca um aumento do número de deslocações necessárias para o seu transporte (Projeto WAMBUCO, 2002b).

#### 5.2.2.3- *SUPERVISIONAMENTO DOS RCD*

De forma a garantir uma separação das frações de resíduos mais eficaz, devem ser implementadas medidas de supervisionamento eficazes. A jusante da execução do projeto, deve ser definido quem controla e quem é responsável pela qualidade da separação dos resíduos e quando e em que intervalos de tempo são efetuados esses supervisionamentos (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Embora o supervisionamento contínuo faça todo o sentido, o mesmo iria exigir a presença de um responsável a tempo inteiro. Para evitar esta presença constante de uma pessoa, que pode ter funções paralelas a desempenhar, a zona dos contentores pode estar acessível apenas algumas horas por dia. No caso da zona dos contentores estar acessível durante o dia todo, o supervisionamento pode ser efetuado em intervalos de tempo, por exemplo, uma vez por dia, não havendo necessidade de contratar alguém para efetuar a tarefa. Em contrapartida, nesta variante existe uma maior probabilidade de mistura e de contaminação de resíduos nos contentores, sendo então necessário, proporcionar aos trabalhadores uma maior motivação e uma melhor informação (Projeto WAMBUCO, 2002b).

#### 5.2.2.4- *PERÍODO DE PRODUÇÃO DE RESÍDUOS*

O espaço de tempo que uma fração de resíduos demora a ser produzida é mais um parâmetro que influencia o grau de separação dos resíduos. Os contentores destinados a uma determinada fração de resíduos só deve ser assegurado no estaleiro durante o período de produção dos mesmos, de forma a minimizar os encargos com o aluguer de equipamentos, para otimizar o espaço livre disponível e para evitar a contaminação ou danificação dos resíduos por exposição prolongada a ameaças (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCO, 2002b).

O desenvolvimento de um mapa cronológico da produção de resíduos permite determinar tanto o número, tipo e dimensão dos contentores necessários, como a necessidade de substituição destes, uma vez esgotada a sua capacidade (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCO, 2002b).

#### 5.2.2.5- TIPO DE CONTENTORES

Definidas as frações de resíduos que se devem separar e quais os seus métodos de tratamento, passamos para a determinação, para cada fração de resíduos, do tipo, tamanho e o número de contentores a utilizar. Recomenda-se a consulta de orçamentos, junto das empresas de recolha de resíduos que atuam na região, de forma a comparar preços para os diferentes tipo e tamanhos de contentores, uma vez que o custo de aluguer e transporte de contentores têm uma importância significativa no preço final (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Na escolha do tipo de contentor deve-se ter em conta a necessidade de estes estarem protegidos contra o uso por parte de terceiros ou contra ações climatéricas, sendo importante, nestes casos, utilizar contentores fechados ou com coberturas próprias. Para além disto, nas frações dos resíduos perigosos, o tipo de contentor a utilizar, tal como a sua recolha, deve obedecer a exigências especiais que podem ser fornecidas pelas autoridades ambientais ou por empresas licenciadas para a sua operação (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCI, 2002b).



*Figura 9- Exemplo de contentor fechado para armazenamento de resíduos (EuroSeparadora).*

Os contentores normalmente utilizados em obra para a recolha dos resíduos têm entre 1 – 40 m<sup>3</sup>, sendo mais comum a utilização de contentores com dimensões de cerca de 7 – 10 m<sup>3</sup>

por garantirem, uma boa relação entre o espaço ocupado, o custo de transporte e o período de aluguer. Para resíduos que surgem em grandes quantidades num curto espaço de tempo, como o caso de resíduos resultantes da escavação de solos, deve-se avaliar se é mais vantajoso, em termos logísticos e económicos, recorrer a veículos de carga direta ou colocar contentores in situ. Para o lixo comum é adequada a utilização de contentores de lixo próprios de diferentes cores de 240 litros ou 1,1 m<sup>3</sup> (Projeto WAMBUCO, 2002b).



*Figura 10 - Exemplo de contentores plásticos para armazenamento de lixo comum.*

Os resíduos “leves” (embalagens ou poliestirenos) devem ser recolhidos em “Big-Bags”, que são sacos de plásticos robustos, muito resistentes a cargas e a rasgões e com volumes em 0,5 m<sup>3</sup> e 2 m<sup>3</sup> que podem ser fixados a poste ou a suportes metálicos. A recolha de resíduos por intermedio dos “Big-Bags” tem a vantagem de não comportar custos de aluguer de contentores e de estes poderem permanecer na obra até ao final dos trabalhos ou até o número de “Big-Bags” acumulados ser suficientemente para garantir um transporte económico. Assim sendo, existe uma otimização dos custos de transporte em comparação com os contentores que requerem veículos próprios em obra e podem ser facilmente deslocados para nova localização em caso de falta de espaço (Projeto WAMBUIC, 2002b).



Figura 11 - Exemplo de "Big-Bags" para armazenamento de resíduos.

Os contentores, tal como os “Big-Bags”, devem estar assinalados corretamente com placas identificadoras do resíduo, pelo nome que é conhecido, pelo código LER e, preferencialmente, com fotografias dos resíduos. Este procedimento é crucial para prevenir a mistura acidental de resíduos nos contentores, principalmente para trabalhadores que não saibam ler ou que não saibam a língua portuguesa (Lourenço, 2007).



Figura 12- Exemplo de placa de sinalização para identificar os resíduos admitidos/não admitidos nos contentores.

#### 5.2.2.6- *ESPAÇO PARA OS CONTENTORES*

O espaço necessário para a colocação dos contentores no estaleiro de obra é um dos parâmetros que também influencia o grau de separação dos resíduos (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCO, 2002b).

Em primeiro lugar deve-se definir o tipo de recolha que será feita, isto é, se é pretendido fazer a recolha dos resíduos apenas numa zona ou em diversas zonas e ainda, se se pretende determinar uma recolha de resíduos descentralizados dentro do edifício (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Esta escolha será tomada, de preferência, tendo em atenção as distâncias entre as frentes de trabalho e os locais dos contentores, devendo os contentores estar o mais próximo possível das zonas de produção dos resíduos, para que se possa minimizar o tempo dispensado entre a separação e a recolha dos resíduos, aumentando o grau de aceitação do sistema de recolha por parte dos trabalhadores. A localização dos contentores deve ainda, constar num local onde a grua possa aceder de forma a garantir uma fácil recolha e transporte dos contentores e dos resíduos (Projeto WAMBUCO, 2002b).

A elaboração de esquemas e desenhos de implantação são uteis para uma utilização mais apropriada das áreas livres, uma vez que, o espaço necessário para os contentores depende do número de contentores que vão ser necessários em simultâneo na obra (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Por vezes a área livre disponível é inferior à necessidade de espaço para a colocação dos contentores, logo o grau de separação dos resíduos pode se tornar limitado. Nestes casos, pode-se fazer uma descentralização dos contentores, de preferência para mais perto das zonas de trabalho, ou então reduzir ao tamanho dos contentores (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCO, 2002b).

Em demolições, a opção de reduzir ao tamanho dos contentores torna-se difícil, devido às grandes quantidades dos resíduos gerados e porque implica uma maior frequência na recolha dos resíduos, logo, maiores custos de transporte. Assim sendo, apesar dos custos associados ao encaminhamento de resíduos misturados serem, por norma, superiores aos de encaminhamento de resíduos triados, deve ser feito um balanço entre os custos

associados à mistura dos resíduos e os custos de uma recolha mais assídua (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCO, 2002b).

O transporte dos resíduos tem ligado a ele aspetos económicos assim como aspetos ambientais associados às emissões de gases poluentes e gastos energéticos. Assim, deve-se ter em conta uma gestão de RCD eficiente, tentando encontrar um equilíbrio entre as vantagens de uma separação mais eficaz voltada para um maior reaproveitamento dos materiais e o prejuízo ambiental provocado pelo aumento do número de viagens necessárias para executar o transporte dos resíduos (Lourenço, 2007; Projeto WAMBUCO, 2002b).

#### **5.2.2.7- ORGANIZAÇÃO DA GESTÃO DOS RESÍDUOS EM OBRA**

No que diz respeito aos diferentes tipos de resíduos a recolher seletivamente, não se devem descartar as condições básicas de organização, como a disponibilidade de recursos humanos. Logo, antes de iniciar a obra, deve-se esclarecer (Projeto WAMBUCO, 2002b):

- Até que ponto será controlada a recolha seletiva;
- Quem será o responsável pela colocação de contentores e pela sua recolha atempadamente, e quanto tempo irá estar ocupado com as respetivas tarefas;
- Se é possível separar os resíduos nas frações desejadas diretamente nas frentes de trabalho ou se será necessário separar os resíduos posteriormente na zona dos contentores para conseguir a separação desejada e se existe trabalhadores suficientes para realizar estas tarefas.

#### **5.2.3- RECOLHA E TRANSPORTE DOS RCD**

Existem várias opções para a recolha e o transporte dos RCD e, para cada fração de resíduos, deve ser escolhida aquela que for mais conveniente. Após a triagem, os resíduos deverão ser mantidos em obra o menor período de tempo possível, sendo que para os resíduos perigosos, esse tempo não pode ultrapassar os três meses e após essa triagem, os mesmos deverão ser encaminhados para um operador de gestão licenciado (Ferreira, J. e Couto, V., 2016).

O transporte de resíduos deve ser efetuado em condições ambientalmente adequadas, de modo a evitar a sua dispersão ou derrame, e observando, designadamente, os seguintes requisitos (Ferreira, J. e Couto, V., 2016):

- Os resíduos líquidos e pastosos devem ser acondicionados em embalagens estanques, cuja taxa de enchimento não exceda 98%;
- Os resíduos sólidos podem ser acondicionados em embalagens ou transportados a granel, em veículo de caixa fechada ou veículo de caixa aberta, com a carga devidamente coberta;
- Todos os elementos de um carregamento devem ser convenientemente arrumados no veículo e escorados, de forma a evitar deslocações entre si ou contra as paredes do veículo;
- Quando, no carregamento, durante o percurso ou na descarga, ocorrer algum derrame, a zona contaminada deve ser imediatamente limpa, recorrendo a produtos absorventes, quando se trate de resíduos líquidos ou pastosos.

O transporte de resíduos de construção de demolição (RCD) deve ser acompanhado de guias de acompanhamento de resíduos, cujos modelos constam dos anexos I e II da Portaria n.º 417/2008 de 11 de junho. O preenchimento das guias de acompanhamento obedece aos seguintes requisitos (Ferreira, J. e Couto, V., 2016):

- O produtor ou detentor deve preencher os campos II, III e IV do modelo constante do anexo I ou os campos II e III do modelo constante do anexo II e certifica-se que o destinatário desse transporte detém as licenças necessárias, caso seja um operador de gestão de RCD;
- O transportador deve preencher o campo I do modelo constante do anexo II, certificar-se de que o produtor ou detentor e o destinatário preencheram de forma clara e legível os respetivos campos e assinaram as guias de acompanhamento;
- O destinatário deve confirmar a receção dos RCD mediante assinatura dos campos respetivos.

Os operadores, tal como os transportadores podem ter esquemas de prestação de serviços semelhantes. No caso de os resíduos serem acondicionados em contentores, o serviço consiste no aluguer destes, sendo o seu custo estabelecido em função do tempo que o contentor permanece em obra e do grau de mistura apresentado pelos materiais recolhidos. Já no caso de os resíduos não serem depositados em contentores, o prelo cobrado pelo transporte pode ser estabelecido por unidade de peso, para resíduos pesados como o betão,

ou por volume, para resíduos de densidade mais baixa como a madeira, variando também com o grau de mistura ou contaminação dos resíduos (Lourenço, 2007).

O encaminhamento dos resíduos pode ser bastante caro, dependendo da complexidade da obra. Os custos podem ser minimizados, se o processo de encaminhamento for planeado de forma competente e organizado (Silva, 2006).

#### **5.2.4- CUSTOS**

Depois de terminado o inventário de todo o edifício e decidido qual o destino final dos materiais, deve-se proceder a uma estimativa dos custos provenientes dos trabalhos e dos proveitos dos materiais (Silva, P., 2008):

- Custos resultantes de operações de manutenção/reabilitação e recuperação dos materiais;
- Custos de eliminação dos materiais;
- Custo decorrentes da execução dos trabalhos;
- Proveitos resultantes do reaproveitamento dos materiais.

É preponderante, na estimativa dos custos, comparar os custos da reutilização dos materiais recuperados com o custo da aquisição de materiais novos. É também essencial, conhecer quais os materiais que têm mais procura no mercado de forma a ser feita uma estimativa dos proveitos que se poderá obter do reaproveitamento dos materiais (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Os custos relacionados com o aluguer e transporte dos contentores desempenham um papel importante na escolha dos contentores a utilizar para o armazenamento de resíduos, logo deve-se requisitar orçamentos, junto das empresas de recolha de resíduos para os diferentes tipos de contentores (Projeto WAMBUCO, 2002b).

Na altura de propor ao dono da obra o reaproveitamento dos materiais, deve-se demonstrar as vantagens económicas de incorporar materiais usados no projeto e ainda sensibilizar o mesmo para a qualidade destes materiais e para a problemática dos RCD. A apresentação das estimativas dos custos do reaproveitamento dos materiais ao dono de obra permite que este determine a viabilidade do projeto (Silva, P., 2008).

## 6.- EMPRESAS LICENCIADAS

Em Portugal existem centenas de empresas licenciadas para o tratamento de resíduos de construção e demolição. A pesquisa por estes estabelecimentos licenciados para a realização de operações de gestão de resíduos, pode ser obtida no SILOGR (Sistema de Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos) disponível no portal da Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Só no distrito de Braga, existem 15 empresas licenciadas para o efeito entre as quais:

- **Bracicla, Unipessoal Lda**, é uma empresa vocacionada para a gestão de resíduos com especial incidência em papel, cartão e plástico. É uma empresa que se dedica à recolha, triagem, valorização, reutilização e encaminhamento dos resíduos para o destino final adequado. Disponibiliza os equipamentos necessários para proceder ao acondicionamento dos resíduos junto dos locais de produção.
- **Resinorte - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A.** tem como missão a exploração e gestão do sistema multinacional de triagem, recolha, valorização de resíduos urbanos do norte central, contribuindo para o desenvolvimento sustentável da região e do país e para a maximização do bem-estar humano através da criação de valor respeitando as exigências legais instituídas para a sua área de atividade.
- **Eco-Rib, Gestão de Resíduos, Lda** é uma empresa que trabalha no âmbito dos resíduos industriais banais com a base de operações localizada em S. João de Ponte – Guimarães. Fornecem serviços de recolha nas empresas com aluguer de contentores, recolhas pontuais com fornecimento de contentores e recebem resíduos nas suas instalações por conta do cliente. Aceitam resíduos têxteis, metais ferrosos e não ferrosos, papel, cartão e plástico. Fornecem ainda todo o apoio no preenchimento dos mapas obrigatórios por lei bem como todos os documentos necessários para atestar o correto tratamento dos resíduos junto de qualquer entidade, seja de certificações empresariais, auditorias fiscais ou outros.
- **Pedrialções Extração de Pedra Unipessoal, Lda** é atualmente um grupo empresarial com atividade de referência no mercado global da construção civil, com serviço especializado nas áreas de Engenharia e Construção, aluguer de equipamentos, valorização ambiental e agregados. Na Pedrialções estão preparados com os melhores

equipamentos de recolha e transformação de resíduos de obra. Para além de todos os equipamentos dedicados à transformação dos resíduos em agregados, disponibilizam um serviço de recolha de matéria em contentores metálicos.

- **Recibela2r, Lda** é uma empresa sediada em Oleiros – Vila Verde e a principal função da empresa, à mais de 10 anos, está relacionada com o comércio pelo grosso de desperdícios têxteis, de cartão e papel.

## **7- CONCLUSÕES FINAIS**

A gestão de RCD é um tema complexo e, por isso mesmo, não foi exaustivamente abordado em todas as suas dimensões neste trabalho.

A gestão assertiva deste tipo de resíduos deverá passar por todos os intervenientes, desde o projetista, ao empreiteiro, ao dono de obra e às entidades públicas responsáveis pela gestão dos resíduos. Só aplicando os instrumentos da política de ambiente e castigando o poluidor, será possível minimizar os impactes negativos que este tipo de resíduos coloca ao ambiente.

O tema dos RCD enquadra-se num tema que hoje em dia tem ganho bastante relevo e verifica-se que começa a surgir, cada vez mais, uma consciência ambiental que apesar da grande produção de RCD, permite fazer com que as percentagens de reciclagem sejam cada vez mais elevadas.

A realização deste trabalho permitiu ainda concluir que a produção dos resíduos pode ser analisada e avaliada de várias perspetivas. Os resíduos são provenientes de diversas fontes e de diferentes métodos construtivos, verificando uma grande diferença nos componentes para os resíduos provenientes de diferentes países, tal como de diferentes obras.

Quanto à legislação existente em Portugal relativa à gestão de RCD, existe o Decreto-Lei n.º 4672008 de 12 de março, específico para os RCD. Este, veio complementar o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro, previamente existente, mas de carácter mais generalista.

No que diz respeito à reciclagem e reaproveitamento dos materiais, é necessário implementar medidas para uma gestão eficiente dos resíduos, sendo a redução, reutilização e reciclagem as principais políticas a desenvolver para se conseguir esta gestão eficiente.

Como o reaproveitamento dos materiais só faz sentido se estes possuírem características que lhes permitam ser novamente aplicados em obra, para que o reaproveitamento seja viável é necessário que estes materiais sejam corretamente caracterizados e sujeitos a uma criteriosa inventariação. É também necessário implementar uma gestão de RCD coerente em obra, planeando cuidadosamente a separação e armazenamento dos resíduos em obra e escolhendo a opção de recolha e transporte mais adequada a cada uma das frações de resíduos.

Como se verifica no Capítulo 4, são várias as soluções para o reaproveitamento dos diferentes tipos de resíduos e as principais aplicações de RCD passam muito pela reciclagem dos resíduos de betão, por constituírem a maior fração dos RCD. Numa primeira fase, estes resíduos podem ser utilizados em aplicações de baixo nível de exigência, com ou sem tratamento prévio, como volumes de enchimento ou material para bases de acessos provisórios. Contudo, após a remoção dos contaminantes, britagem e crivagem, estes materiais podem ser utilizados em aplicações de maior exigência.

Está também cada vez mais facilitado o acesso a entidades nacionais e internacionais licenciadas para o tratamento de RCD a que podem recorrer os produtores nacionais para o tratamento dos mesmos e no Capítulo 6 estão enunciadas apenas uma pequena percentagem do bolo existente de empresas licenciadas a nível nacional.

É importante referir que o reaproveitamento de materiais em grandes obras de reabilitação, é um processo de valorização possível, economicamente viável e com a qual se obtém muito benefícios. Contudo, só é eficiente se se proceder a uma correta e criteriosa caracterização do edifício e dos materiais que o compõem, assim como a uma gestão eficiente dos RCD em obra.

Concluindo, ficou bastante patente durante todo o trabalho, a obtenção dos objetivos propostos quer a nível de informação relativa aos resíduos de construção e demolição como também a nível da informação recolhida acerca do processo da reciclagem, reutilização e valorização dos RCD e das empresas licenciadas existentes para dar o melhor tratamento a cada resíduo.

Para que o reaproveitamento de materiais em grandes obras de reabilitação seja uma prática corrente em Portugal, ainda há muito a fazer. Como sugestão, ficam registadas algumas ideias para trabalhos futuros:

- Reabilitação sustentável;
- Exploração de novas e inovadoras formas de reciclagem;
- Utilização de materiais e componentes da construção com crescente incorporação de resíduos de construção;
- Viabilidade da construção de edifícios recorrendo maioritariamente a materiais usados.

## 8 - BIBLIOGRAFIA

Algarvio, D.A.N. (2009). *Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição: Contribuição para o Controlo do Processo*, Dissertação de Mestrado em Gestão Integrada e Valorização de Resíduos, Ramo Eco materiais e Valorização de Resíduos, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 92pp.

APA (2013). *Resíduos de construção e demolição*. Agência Portuguesa do Ambiente. Disponível em <http://www.apambiente.pt/>.

APA (2019). *Resíduos de Construção e Demolição – Resultados 2018 e Evolução 2016-2018*.

APA (2020). *Plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição*. [http://www.apambiente.pt/\\_zdata/Políticas/Resíduos/FluxosEspecificosResíduos/RCD/ModeloPPGRCD.pdf](http://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Resíduos/FluxosEspecificosResíduos/RCD/ModeloPPGRCD.pdf)

Botelho, M. J. (2010). *Resíduos de Construção e Demolição*, Verlag Dashofer Editora, Lisboa.

Brito, J. (2006). *A Reciclagem de Resíduos na Construção e Demolição*. Workshop A Reciclagem na Casa do Futuro. Aveiro. <http://www.aveirodomus.pt/workshop/6%20Reciclagem/4%20Jorge%20Brito.pdf>

Canha da Piedade, A. (2000). *Construir no presente, preservando o futuro*. Ingenium II Série, nº45, Lisboa, Fevereiro 2000.

CEMFOR (2007). *“Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RC&D)”*.

Civil, E. (2010). Ana da Silva Ferreira *Reaproveitamento de Materiais em Grandes Obras de Reabilitação*.

Coelho, A., Brito, J. (2010). *Análise da viabilidade de implantação de centrais de reciclagem de resíduos de construção e demolição em Portugal: Parte I - Estimativa da geração de resíduos de construção e demolição*. Relatório ICIST. DTC n.º 04/2010. Instituto Superior Técnico, Lisboa.

Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro. *Diário da República, 1ª série – N.º 171 – Regime Geral da Gestão de Resíduos*. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Lisboa.

Decreto-lei nº 46/2008 de 12 de Março. Diário da República Eletrónico. Disponível em: <http://dre.pt/>.

Decreto-lei nº 73/2011 de 17 de Junho. Diário da República Eletrónico. Disponível em: <http://dre.pt/>.

ETC/SCP (2009). *Europe as a Recycling Society- Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU*. Prepared by Christian Fischer and Mads Werge, ETC/SCP working paper 2/2009. European Topic Centre on Resource and Waste Management. Disponível em: [http://scp.eionet.Europa.eu/publications/wp2009\\_2](http://scp.eionet.Europa.eu/publications/wp2009_2).

Ferrão, P.; Pinheiro, L. (Coord. Científica). *Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020*, Proposta de PNGR Lisboa, 26 de Maio de 2011.

Ferreira, V.M.C.S. (2006). *Sub-Projecto de Reciclagem: 1º Relatório de Progresso*. AveiroDomus - Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro. Departamento de Engenharia Civil, Departamento de Ambiente e Ordenamento, Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro - Universidade de Aveiro, Aveiro.

Gonçalves, P.C.M. (2007). *Betão com Agregados Reciclados. Análise da Legislação Existente*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 132 pp.

Guy, B. e Gibeau, E. (2003). *A Guide to Deconstruction*. Deconstruction Institute, Florida. [http://www.deconstructioninstitute.com/files/learn\\_center/45762865\\_guidebook.pdf](http://www.deconstructioninstitute.com/files/learn_center/45762865_guidebook.pdf).

Hendricks, C.F., Janssen, G.M.T. (2003). Use of recycled materials in constructions. Vol.36, Novembro de 2003, pp 604-608, faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University, The Netherlands. Disponível em: <http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02483280#page-1>.

Jorge de Brito. (2006). *A Reciclagem na Casa do Futuro - Reciclagem de resíduos da construção e demolição*. March 2006.

Letras, M.C. (2008). *Reciclagem de Plásticos: Identificação de Contaminantes e Estratégias de Valorização dos Resíduos Industriais*. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Perfil de Engenharia Sanitária. Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Nova de Lisboa, Lisboa. 183 pp.

Lourenço, C.I.C. (2007). *Otimização de Sistemas de Demolição – Demolição Seletiva*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 168 pp.

Miranda, C.A. (2009). *Modelo para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição – uma solução para as empresas de construção civil (Ilha de São Miguel – Açores)*. Dissertação de Mestrado em Ambiente, Saúde e Segurança. Universidade dos Açores, Açores. 135 pp.

Oliveira, M.J.E. (2002). *Materiais Descartados pelas Obras de Construção Civil: Estudo dos Resíduos de Concreto para Reciclagem*. Tese de Doutoramento em Geociências e Meio Ambiente. Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 211 pp.

Programa Crescimento Competitivo e Sustentável. Dresden.  
[http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4623/1/Sa%C3%ADd\\_ELIVOL3\\_2005.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/4623/1/Sa%C3%ADd_ELIVOL3_2005.pdf).

Projecto WAMBUCO (2002b). Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios – Volume III – Anexo.

Projeto, C., Requalifica, P., Ferreira, C. P., Municipal, M., Do, D. E. V., Projeto, C., Ferreira, C. P., Geral, C., & Ferreira, J. (2016). *Plano de Gestão de Resíduos de Projeto Índice*. 1–26.

Ramos, Marta (2019). *Movimentos Transfronteiriços de Resíduos/Relatório de Balanço de Atividades*.

Ruivo, J.; Veiga, J. (2004). *Resíduos de construção e demolição: estratégia para um modelo de gestão*. Trabalho Final de Curso em Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa.

Silva, C.L. (2006). *Gestão de Resíduos de construção em obra*. Colóquio Urbanístico Sustentável e Eco-Arquitectura – Sessão III. Ceifa-Ambiente. AMAL, Lourinhã.  
[http://www.ceifaambiente.net/servicos/investigacao/concluidos/tok-ceifiade/urbanismo-sustentavel-e-ecoarquitectura/actas-do-coloquio-urbanismo-sustentavel-e-ecoarquitectura/Cristina\\_Silva.pdf](http://www.ceifaambiente.net/servicos/investigacao/concluidos/tok-ceifiade/urbanismo-sustentavel-e-ecoarquitectura/actas-do-coloquio-urbanismo-sustentavel-e-ecoarquitectura/Cristina_Silva.pdf).

Silva, P. e Soeiro, A. (2008). Proposta de Procedimentos para a Reutilização de Componentes de Edifícios. *Cincos'08 - Congresso de Inovação na Construção Sustentável*. Hotel das Termas da Curia, Curia. pp. 151 – 164.

Tam, V. e Tam, C. (2005). *A Review on the Viable Technology for Construction Waste Recycling*. [http://www.sciencedirect.com/science?\\_ob=ArticleURL&\\_udi=B6VDX-4J2M4HP-1&\\_user=10&\\_coverDate=06%2F30%2F2006&\\_alid=1385649723&\\_rdoc=1&\\_fmt=high&\\_orig=search&\\_cdi=5994&\\_sort=r&\\_docanchor=&\\_view=c&\\_ct=1696&\\_acct=C000050221&\\_version=1&\\_urlVersion=0&\\_userid=10&md5=b0b9b0a376b3fb2bb732fa0010d713c8](http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VDX-4J2M4HP-1&_user=10&_coverDate=06%2F30%2F2006&_alid=1385649723&_rdoc=1&_fmt=high&_orig=search&_cdi=5994&_sort=r&_docanchor=&_view=c&_ct=1696&_acct=C000050221&_version=1&_urlVersion=0&_userid=10&md5=b0b9b0a376b3fb2bb732fa0010d713c8).