

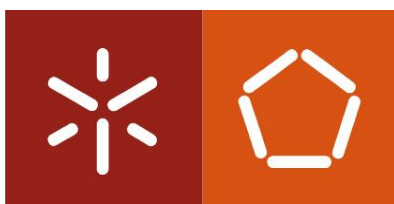


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mariana Farinhoto Lopes

**Implementação da desconstrução na
indústria da construção Nacional**

1 de outubro de 2013



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Mariana Farinhoto Lopes

**Implementação da desconstrução na
indústria da construção Nacional**

Dissertação de Mestrado
Mestrado Integrado em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto

1 de outubro de 2013

AGRADECIMENTOS

A concretização deste trabalho não seria possível sem a preciosa colaboração de algumas pessoas, às quais manifesto os meus profundos agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao meu orientador Professor Doutor João Pedro Pereira Maia Couto todo o apoio, orientação e disponibilidade demonstrada. Sem a sua colaboração e constante partilha de conhecimentos a realização deste trabalho não seria possível.

A todos os empreiteiros e projetistas que responderam ao inquérito agradeço a disponibilidade e colaboração que contribuiu para tornar o estudo mais consistente.

Agradeço também à Dra. Lara Teixeira a disponibilidade e a prestimosa ajuda que me concedeu no tratamento estatístico de dados com o software SPSS.

Por fim, agradeço à minha família e amigos pela confiança que sempre depositaram em mim e pelo apoio que sempre me deram nos momentos mais difíceis. Presto um agradecimento especial aos meus pais, à minha irmã e ao Diogo pela compreensão, incentivo e colaboração prestados.

RESUMO

A indústria da construção tem-se tornado altamente poluente, pelo que se torna necessário adotar uma mudança de comportamentos, implementando medidas e processos que permitam caminhar na direção da sustentabilidade.

A elevada quantidade de resíduos gerados provenientes sobretudo das operações de demolição, é uma das principais preocupações a nível ambiental e gera bastante apreensão por parte dos responsáveis do setor. Para combater este flagelo apresenta-se, como alternativa à demolição dita convencional, a desconstrução ou demolição seletiva. Este novo método de demolição afigura-se como uma alternativa muito interessante na procura da redução da quantidade de RCD enviada para aterro e promove a sustentabilidade no setor da construção.

Neste sentido, a presente dissertação tem por finalidade contribuir para a divulgação e mais rápida implementação da desconstrução em Portugal, propondo instrumentos e análises que possam ajudar os intervenientes na operacionalização prática da desconstrução. Para tal, realizou-se uma intensa pesquisa bibliográfica e desenvolveu-se um estudo de opinião recorrendo à metodologia de inquérito por questionário Delphi. Este estudo foi dirigido a dois grupos distintos de inquiridos, os empreiteiros e os projetistas. Depois de devidamente tratados os dados, concluiu-se que a opinião dos dois grupos em relação às temáticas abordadas ainda é bastante distinta e mesmo dentro do mesmo grupo não há uma total convergência de opiniões. Estes resultados revelam que ainda há um longo caminho a percorrer para que a desconstrução seja adotada como método corrente de demolição.

Palavras-chave: Demolição, Desconstrução, Sustentabilidade, Gestão de resíduos da construção e demolição, Impacto ambiental.

ABSTRACT

The construction sector is a highly pollutant one, in such way that a behavior change becomes necessary, by the implementation of measures and processes that allows a sustainable path.

The high quantity of waste generated by the construction industry, mainly due to the demolition operations, is one of the main concerns at an environmental level and is the cause of great apprehension on the construction owners. As a response to this matter, and alternative to the conventional demolition, it comes to light the selective demolition. This new demolition method tends to be an interesting alternative to the pursuit of the CDW reduction, and this way promoting the sustainability on construction sector.

Thus, this dissertation has the goal to contribute to the disclosure and a faster implementation of the deconstruction on Portugal, by setting instruments and analysis witch help the stakeholders on the deconstruction practical use. Therefore, has been made an intense research and an opinion study by the standards of the Delphi inquiry method. This study was directed to two distinct groups of respondents, contractors and designers. After the data process, has been concluded that the opinion of both groups about the subject in focus is still very distinct, even inside each group there's no total opinion agreement. This results show that there's a long path to be walked so that the deconstruction becomes adopted as a current demolition process.

Key words: Demolition, Deconstruction, Construction and demolition waste management, Sustainability, Environmental impact.

ÍNDICE GERAL

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos.....	3
1.3. Metodologia adotada.....	4
1.4. Estrutura da dissertação	5
2. A INDÚSTRIA DA DEMOLIÇÃO/DESCONSTRUÇÃO.....	7
2.1. Evolução da atividade de demolição	7
2.1.1. Enquadramento histórico.....	7
2.1.2. Estado da demolição em Portugal	8
2.2. Métodos e ferramentas de demolição	11
2.3. Dificuldades associadas à escolha do processo de demolição.....	14
3. A PROBLEMÁTICA ASSOCIADA AOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO	29
3.1. Introdução	29
3.2. Resíduos da construção.....	29
3.3. Resíduos da demolição	31
3.4. Hierarquia de gestão de resíduos	32
3.5. Minimização de resíduos	34
3.5.1. Na fase de projeto.....	34
3.5.2. Na fase de construção.....	36
3.5.3. Através de materiais que provocam menos desperdício.....	36
3.6. Barreiras e incentivos à minimização de resíduos	36
4. DEMOLIÇÃO SELETIVA: CONCEITOS E ESTADO DE ARTE	39
4.1. Definição e importância da demolição seletiva (desconstrução).....	39
4.2. Benefícios associados à desconstrução/demolição seletiva.....	40
4.2.1. Benefícios ambientais da demolição seletiva	40
4.2.2. Benefícios económicos da demolição seletiva	42
4.2.3. Benefícios sociais da demolição seletiva	43
4.3. Constrangimentos/ obstáculos ao sucesso da demolição seletiva.....	44
4.4. Incentivos/oportunidades para a desconstrução.....	47
4.5. A importância do planeamento na desconstrução.....	49

4.6.	Custos da demolição tradicional VS demolição seletiva	54
5.	PROJETAR PARA A DESCONSTRUÇÃO	67
5.1.	Conceito e importância	67
5.2.	Benefícios	68
5.3.	Desafios	69
5.4.	Hierarquia	69
5.4.1.	Estratégias para adaptabilidade ou realocização	70
5.4.2.	Estratégias para maximizar a reutilização	71
5.4.3.	Estratégias para reprocessamento	73
5.4.4.	Estratégias para maximizar a reciclagem	73
5.5.	Construtibilidade.....	74
5.6.	Princípios de design comuns para a construtibilidade e a desconstrução	75
6.	PROJETO E METODOLOGIA DA DESCONSTRUÇÃO	77
6.1.	Projeto de execução da desconstrução	77
6.1.1.	Reconhecimento prévio	78
6.1.2.	Documentação de projeto	79
6.2.	Metodologia da desconstrução.....	81
6.2.1.	Trabalhos prévios	81
6.2.2.	Etapas da desconstrução	82
6.2.3.	Critérios de execução da desconstrução	84
6.2.4.	Trabalhos posteriores.....	88
7.	GUIA PARA A DESCONSTRUÇÃO.....	89
7.1.	Introdução	89
7.2.	Objetivos	89
7.3.	O que é a desconstrução?.....	90
7.4.	Edifícios bons candidatos à desconstrução	90
7.5.	Características dos edifícios difíceis de desconstruir.....	91
7.6.	Seleção do empreiteiro.....	91
7.7.	O processo de desconstrução	92
7.7.1.	Planeamento	92
7.7.2.	Inventário de materiais	93
7.7.3.	Estratégias para maximizar as taxas de recuperação e evitar danos ou a contaminação de materiais	94

7.7.4.	Plano de desconstrução.....	94
7.7.5.	Formação de pessoal e subcontratados.....	95
7.7.6.	Sequência dos trabalhos.....	96
7.7.7.	Desmontagem de equipamentos de instalações.....	96
7.7.8.	Desmantelamento de materiais de revestimento, acabamento e decoração.....	97
7.7.9.	Desmontagem de instalações.....	97
7.7.10.	Desconstrução do telhado.....	98
7.7.11.	Desconstrução de paredes interiores.....	98
7.7.12.	Desconstrução de paredes de fachada.....	99
7.7.13.	Desconstrução de elementos estruturais.....	99
7.7.14.	Lajes e vigas.....	100
7.7.15.	Pilares.....	101
7.8.	Segurança na desconstrução.....	101
7.8.1.	Edifício.....	102
7.8.2.	Materiais perigosos.....	102
7.8.3.	Meio ambiente.....	103
7.8.4.	Ferramentas.....	104
7.8.5.	Supervisão e formação.....	104
7.8.6.	Limpeza do local.....	105
7.8.7.	Equipamento de proteção individual.....	105
7.9.	Considerações finais.....	108
8.	INQUÉRITO POR QUESTIONÁRIO A EMPREITEIROS E PROJETISTAS ..	109
8.1.	Apresentação e fundamentação do inquérito.....	109
8.2.	Descrição e importância do método Delphi.....	110
8.3.	Análise e tratamento de dados.....	111
8.3.1.	Metodologia adotada.....	111
8.3.2.	Apresentação dos resultados obtidos na primeira série do inquérito por questionário Delphi.....	112
8.3.3.	Análise estatística recorrendo ao SPSS (1ª Série) - Projetistas/Empreiteiros.....	114
8.3.4.	Apresentação dos resultados obtidos na segunda série do inquérito por questionário Delphi.....	116

8.3.5. Análise estatística recorrendo ao SPSS (2ª Série) – Projetistas/Empreiteiros	119
8.3.6. Análise comparativa dos resultados obtidos na 1ª e na 2ª série de inquéritos	121
8.4. Discussão de resultados e considerações finais	123
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	127
9.1. Conclusões	127
9.2. Perspetivas de desenvolvimentos futuros	129
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS	139
Anexo A1 - Análises de sensibilidade obtidas através do Expert choice	139
Anexo B1- Formulário para inventário de materiais	142
Anexo B2 - Lista de verificação da desconstrução	143
Anexo B3 - Regras de segurança para todos os trabalhadores	144
Anexo B4 - Ferramentas básicas necessárias	144
Anexo C1 - Lista de empreiteiros inquiridos - 1ª série	146
Anexo C2 - Lista de projetistas inquiridos - 1ª série	148
Anexo C3 - Lista de empreiteiros inquiridos - 2ª série	149
Anexo C4 - Lista de projetistas inquiridos - 2ª série	150
Anexo C5 - Cálculo do IIR (1ª série de inquéritos)	151
Anexo C6 - Inquérito por questionário	153
Anexo C7 - Cálculo dos IIR (Empreiteiros - 2ª série de inquéritos)	158
Anexo C8 - Cálculo dos IIR (Projetistas - 2ª série de inquéritos)	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Reabilitação do edificado e construções novas em Portugal entre 1995-2012 (Fonte: INE, 2011).....	9
Figura 2.2 - Número de licenças concedidas para obras de demolição entre 1998 e 2011 (Fonte: INE, 2011).....	9
Figura 2.3 - Alojamentos familiares destinados a demolição por época de construção (Fonte: INE, 2011).....	10
Figura 2.4 - Demolição recorrendo a bola de aço (Fonte: Costa, 2009).....	13
Figura 2.5 – Ferramentas usadas na demolição tradicional e na demolição seletiva (Fonte: Atlas Copco, 2013)	14
Figura 2.6 - Estrutura hierárquica para seleção do método de demolição (Fonte: adaptado de Abdullah <i>et al.</i> , 2003).....	20
Figura 2.7 - Critérios considerados para uma gestão de resíduos sustentável (Fonte: Roussat <i>et al.</i> , 2008).....	26
Figura 3.1 - Demolição tradicional (Fonte: Couto <i>et al.</i> , 2006).....	31
Figura 3.2 - Hierarquia de gestão de resíduos para operações de demolição e construção (Fonte: Kibert <i>et al.</i> , 2003).....	32
Figura 4.1 - Estrutura do sistema de planeamento da desconstrução (Fonte: Schultmann, 2000).....	53
Figura 4.2 - Desconstrução do hotel em Dobel (Fonte: Schultmann, 2000).....	55
Figura 4.3 - Edifícios demolidos e desconstruídos em Mulhouse (Fonte: Schultmann, 2000)	55
Figura 4.4 - Comparação dos custos da demolição seletiva e da demolição tradicional (Fonte: adaptado de Schultmann, 2000).....	56
Figura 4.5 - Composição do custo unitário médio da demolição (Fonte: Lourenço, 2007)	57
Figura 4.6 - Valores obtidos através da análise de sensibilidade para o custo industrial de demolição para a DS e para a DT (Fonte: Lourenço, 2007).....	60

Figura 4.7 - Custo global para diferentes cenários/operadores de resíduos (Fonte: adaptado de Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	63
Figura 4.8 - Impacto médio do custo de cada categoria no custo total da demolição tradicional (Fonte: Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	64
Figura 4.9 - Impacto médio do custo de cada categoria no custo total da demolição tradicional (Fonte: Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	64
Figura 4.10 - Variação dos custos globais com a variação das taxas de deposição em aterro (Fonte: adaptado de Coelho <i>et al.</i> , 2010)	66
Figura 5.1 - Ciclo típico da construção (Fonte: Eco MOD3, 2010)	68
Figura 5.2 - Design hierárquico (Fonte: Crowther, 2000).....	70
Figura 6.1 - Ordem de desconstrução de um edifício (Fonte: Manual de desconstruicció, 1995).....	84
Figura 6.2 - Exemplo de um elemento construtivo em desequilíbrio (Fonte: Manual de desconstruicció, 1995).....	85
Figura 6.3 - Alívio das lajes de forma simétrica (Fonte: Manual de desconstruicció, 1995).....	86
Figura 6.4 - Ordem de desmantelamento de elementos construtivos constituídos por vários materiais (Fonte: Manual de desconstruicció, 1995).....	86
Figura 6.5 - Escoramento de elementos construtivos materiais (Fonte: Manual de desconstruicció, 1995).....	87
Figura 6.6 - Execução de travamentos em estruturas isostáticas (Fonte: Manual de desconstruicció, 1995).....	87
Figura 7.1 - Capacete de segurança (Fonte: Google Imagens).....	106
Figura 7.2 - Luvas (Fonte: Google Imagens)	107
Figura 7.3 - Óculos de segurança (Fonte: Google Imagens).....	107
Figura 7.4 - Botas de biqueira de aço (Fonte: Google Imagens).....	107
Figura 7.5 - Tampões de ouvido (Fonte: Google Imagens).....	108
Figura 7.6 - Máscaras para proteção respiratória (Fonte: Google Imagens)	108

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Técnicas de demolição agrupadas segundo “ <i>Les techniques de démolition des ouvrages en béton</i> ”	12
Tabela 2.2 - Características do projeto (Fonte: adaptado de Abdullah <i>et al.</i> , 2003)	19
Tabela 2.3 - Escala de importância relativa (Fonte: adaptado de Saaty, 2008).....	22
Tabela 2.4 - Comparação entre o nível 0 e o nível 1 (Fonte: adaptado de Abdullah <i>et al.</i> , 2003).....	22
Tabela 2.5 - Prioridade geral das três alternativas (Fonte: Abdullah <i>et al.</i> , 2003).....	23
Tabela 2.6 - Quantidade de resíduos produzidos pela demolição (Fonte: Roussat <i>et al.</i> , 2008).....	24
Tabela 2.7 - Fatores com mais relevância na escolha do processo de demolição (Fonte: Canedo, 2011)	27
Tabela 3.1 - Origem e causas dos resíduos da construção (Fonte: Osmandi <i>et al.</i> , 2007, Rajendran <i>et al.</i> , 2012 e Canedo <i>et al.</i> , 2011)	30
Tabela 3.2 - Estratégias de minimização de resíduos na fase de projeto.....	35
Tabela 3.3 - Resposta dos inquiridos em relação às barreiras para a minimização de resíduos (Fonte: Osmandi <i>et al.</i> , 2007)	37
Tabela 3.4 - Resposta dos inquiridos em relação aos incentivos para a minimização de resíduos (Fonte: Osmandi <i>et al.</i> , 2007)	37
Tabela 4.1 - Principais barreiras apontadas à implementação da desconstrução	45
Tabela 4.2 - Barreiras apontadas à implementação da desconstrução. Fonte: (Canedo, 2011).....	46
Tabela 4.3 - Questões de planeamento para a demolição e a desconstrução (Fonte: Storey <i>et al.</i> , 2005).....	51
Tabela 4.4 - Custo unitário médio da demolição seletiva e respetivos custos parciais (Fonte: Lourenço, 2007).....	57
Tabela 4.5 - Custos unitários médios de encaminhamento de resíduos (Fonte: Lourenço, 2007).....	58

Tabela 4.6 - Custo industrial unitário médio (Fonte: Lourenço, 2007).....	58
Tabela 4.7 - Custo de demolição e custo industrial de demolição unitários médios (Fonte: Lourenço, 2007).....	58
Tabela 4.8 - Custo unitário médio de demolição, transporte e deposição (Fonte: Lourenço, 2007).....	59
Tabela 4.9 - Custos unitários médios para a DT e respetiva relação com os valores equivalentes da DS (Fonte: Lourenço, 2007).....	59
Tabela 4.10 - Distancias e taxas cobradas pelos diferentes operadores de resíduos (Fonte: Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	62
Tabela 4.11 - Custos totais com o equipamento para a demolição seletiva e para a demolição tradicional (Fonte: Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	62
Tabela 4.12 - Taxas de deposição em aterro para os quais a DS é mais económica que a DT (Fonte: Coelho <i>et al.</i> , 2010).....	65
Tabela 8.1 - Fatores que influenciam o processo de demolição.....	112
Tabela 8.2 - Barreiras à implementação da desconstrução.....	113
Tabela 8.3 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste Qui-quadrado.....	115
Tabela 8.4 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação.....	115
Tabela 8.5 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação.....	116
Tabela 8.6 - Fatores mais relevantes na escolha do processo de demolição (Empreiteiros).....	117
Tabela 8.7 - Barreiras mais relevantes para a implementação da desconstrução como prática corrente em território Nacional (opinião dos empreiteiros).....	118
Tabela 8.8 - Fatores mais relevantes na escolha do processo de demolição (Projetistas).....	119
Tabela 8.9 - Barreiras mais relevantes para a implementação da desconstrução como prática corrente em território Nacional (opinião dos projetistas).....	119
Tabela 8.10 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação.....	120
Tabela 8.11 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação.....	121

Tabela 8.12 - Resultados obtidos no teste de correlação (empregados)	122
Tabela 8.13 - Resultados obtidos no teste de correlação (projetistas).....	123

LISTA DE ABREVIATURAS

DS - Demolição Seletiva

DT - Demolição tradicional

EPI - Equipamento de proteção individual

EUA - Estados Unidos da América

HHA - Hartford Housing Authority

HUD - Department of housing and Urban Development's

IIR - Índice de importância relativa

INE - Instituto Nacional de Estatística

PAH - Processo de análise hierárquica

PVC - Polyvinyl chloride

RCD - Resíduos da construção e demolição

SPSS - Statistical Package for the Social Sciences

WAMBUCO - European Waste Manual for Building Construction

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

“O nosso planeta enfrenta hoje um desafio ambiental cuja falta de resolução ou adiamento poderá vir a ditar o fim da civilização humana, tal como a conhecemos” (Torgal *et al.*, 2007).

O sector da construção assume-se como um sector cujos impactos a nível ambiental são devastadores. Esta realidade torna urgente a adoção de uma mudança de comportamentos, para que o sector da construção, considerado como altamente poluente possa evoluir para um sector mais sustentável e amigo do ambiente (Torgal *et al.*, 2007).

Convém realçar, que esta indústria consome mais matérias-primas que qualquer outra atividade, é uma das maiores consumidoras de energia e é responsável pela produção de uma enorme quantidade de resíduos da construção e demolição (Rocha, 2012).

A indústria da construção e demolição contribui largamente para o esgotamento dos recursos naturais e ao mesmo tempo causa efeitos nocivos colaterais, tais como a poluição do ar e da água e a destruição de ecossistemas (Jacoby, 2001).

Em Portugal o sector da construção é responsável por uma produção anual global de cerca de 100 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RDC), situação comum à generalidade dos restantes estados membros da União Europeia (Agência Portuguesa do Ambiente, 2013). Estes resíduos resultam quer de materiais inutilizados no decorrer de novas construções, quer de restaurações ou demolições de construções existentes. No entanto há que ter em consideração que a maior parte destes resíduos provem da demolição (Pereira *et al.*, 2004).

Nos últimos anos tem-se verificado que muitas das edificações em betão armado chegaram, ou estão a chegar ao final da sua vida útil. Esta situação provoca um aumento inevitável da

necessidade de recorrer à demolição e como consequência gera um acréscimo na quantidade de resíduos produzidos (Brito *et al.*, 2001).

A grande problemática associada a gestão dos resíduos de construção e demolição está relacionada com o facto de na maioria dos casos estes serem reencaminhados para aterros sem que seja sequer equacionada a hipótese de se recorrer à valorização dos mesmos. Esta hipótese gera consequências muito negativas, pois o espaço em aterro é limitado quando comparado com a quantidade de resíduos de construção e demolição produzidos o que se traduz num rápido esgotamento da capacidade dos aterros (Silva, 2010).

Até há pouco tempo, o processo de demolição de um edifício era um processo pouco técnico cujo principal objetivo era a rapidez de execução. Este tipo de demolição denomina-se de demolição tradicional e apresenta como resultado final um amontoado de materiais de características diversas, cuja separação se traduz numa tarefa árdua e morosa, de execução praticamente impossível. Deste modo a demolição tradicional condiciona o encaminhamento dos resíduos para aterro sem que haja qualquer separação (Silva, 2010).

Ultimamente as preocupações ambientais relativas a este assunto têm aumentado. Assim sendo, cada vez mais se utilizam na Europa processos e métodos cujo objetivo primordial consiste na maximização da quantidade de resíduos recicláveis e/ou reutilizáveis, e por conseguinte, na minimização de resíduos que são encaminhados para aterro. A este tipo de processos e métodos dá-se o nome de demolição seletiva ou desconstrução (Brito *et al.*, 2001).

A demolição seletiva ou desconstrução caracteriza-se como uma atividade em que o processo de construção é invertido, ou seja, o edifício é cuidadosamente desmantelado de modo a possibilitar a máxima recuperação de materiais e componentes da construção, provendo deste modo a sua reutilização e reciclagem (Chunlu Liu e Sung Kin Pun, 2003 citado por Couto *et al.*, 2006). No entanto, a demolição seletiva não deve ser apenas encarada como uma ferramenta útil que proporciona atingir a redução de resíduos da demolição, mas também como uma oportunidade de negócio em ascensão (Brito *et al.*, 2001).

Em jeito de conclusão, pode afirmar-se que se caminha no sentido de uma grande especialização, quer no que diz respeito aos métodos de demolição seletiva, quer no que diz respeito aos métodos de reciclagem e/ou recuperação que permitirá aproveitar quase a

totalidade dos materiais constituintes dos edifícios a demolir e deste modo contribuir para a sustentabilidade na construção (Brito *et al.*, 2001). Isto porque quanto maior for a durabilidade de um material, maior será a sua vida útil e conseqüentemente menor será o seu impacto ambiental (Torgal *et al.*, 2007).

1.2. Objetivos

O trabalho proposto no âmbito desta dissertação desenvolve-se em torno de um objetivo central que é o de contribuir para a divulgação e mais rápida implementação da desconstrução em Portugal apresentando análises e propondo instrumentos que possam clarificar os intervenientes e ajudá-los na operacionalização prática da desconstrução. A consecução deste objetivo passa pela sua desagregação em objetivos mais restritos que se podem descrever da seguinte forma:

- Análise de estado de arte sobre a temática da gestão de resíduos de construção e demolição (RDC) na construção;
- Identificar estratégias de gestão nas diferentes fases dos projetos de construção visando a minimização dos RCD;
- Levantamento e análise criteriosa do estado de arte da desconstrução;
- Alertar para a importância e para os benefícios de conceber os edifícios pensando na desconstrução;
- Identificar quais os benefícios da desconstrução e quais as barreiras à sua implementação. Análise comparativa da perceção dos diversos intervenientes obtida por intermédio de inquéritos já desenvolvidos e conseqüente validação e interpretação dos resultados junto da mesma amostra de inquiridos através de um novo inquérito por questionário utilizando a metodologia Delphi. Utilização da metodologia Delphi composta por duas séries sucessivas de inquéritos;
- Análise dos critérios de seleção dos processos de demolição na ótica dos principais intervenientes. Análise comparativa da perceção dos diversos intervenientes obtida por intermédio de inquéritos já desenvolvidos e conseqüente validação e interpretação dos resultados junto da mesma amostra de inquiridos através de um novo inquérito. Utilização da metodologia Delphi composta por duas séries sucessivas de inquéritos;

- Desenvolvimento e adaptação de uma metodologia de desconstrução ao contexto nacional e elaboração de um guia de implementação da desconstrução em Portugal;
- Conclusões e indicações gerais para a promoção e impulso da desconstrução no contexto nacional.

1.3. Metodologia adotada

Tendo em vista o cumprimento dos objetivos propostos foi realizada numa primeira fase, uma pesquisa bibliográfica intensiva relacionada com a temática da desconstrução e também com a dos resíduos de construção e demolição.

Esta pesquisa foi realizada inicialmente através da documentação existente no acervo da biblioteca da Universidade do Minho e da sua base de dados eletrónica, Repositorium. Posteriormente, esta pesquisa foi alargada a outras universidades a fim de proporcionar a obtenção de um maior número de documentos e deste modo ampliar o conhecimento sobre a temática em estudo.

Para além disso, recorreu-se a artigos internacionais publicados em jornais conceituados a nível mundial, tais como, *Building and Environmental*, *Journal of Construction Engineering and Management*, *Building Research and Information*, *Canadian Journal of Civil Engineering*, etc. Também foi realizada uma pesquisa de publicações científicas internacionais recorrendo a motores de busca como o B-On, Google Scholar, ABI database, EI Compendex Web, Science-Direct e Scopus.

A recolha e análise detalhada da bibliografia teve como principal objetivo aumentar o grau de conhecimento em relação aos dois principais domínios presentes neste trabalho, a gestão de resíduos da construção e demolição e a prática da desconstrução. Para além disso, visa estabelecer o estado de conhecimento relacionado com estas temáticas e perceber até que ponto estas têm vindo a ser consideradas/aprofundadas tanto a nível Nacional com a nível internacional.

Após concluída e analisada a bibliografia considerada relevante, realizou-se o tratamento comparativo dos resultados obtidos em dois inquéritos já realizados junto de dois tipos de intervenientes distintos (empregados e projetistas/consultores) sobre os critérios de seleção dos processos de demolição e as barreiras apontadas à implementação da desconstrução, e foi

concebido e implementado um novo inquérito por questionário dirigido aquele universo de inquiridos no sentido de os confrontar com os rankings obtidos, de maneira a recolher a sua interpretação e validar as conclusões obtidas. Para conferir ao estudo um carácter mais consistente, a análise de resultados foi realizada por intermédio do software de análise estatística *SPSS*.

1.4. Estrutura da dissertação

A presente dissertação é constituída por nove capítulos, sendo, de seguida apresentado de forma resumida o conteúdo de cada um.

No capítulo 1, é apresentado de forma breve o tema da dissertação. Dá-se destaque aos impactos devastadores que a indústria da construção provoca no ambiente e ressalta-se a importância que a desconstrução assume na mitigação dos mesmos. Para além disso, são expostos os objetivos e descrita a metodologia adotada na realização da dissertação.

No capítulo 2, é descrita a evolução sofrida pela atividade de demolição ao longo dos anos. São apresentadas as principais causas de demolição, quer em edifícios com alguns anos de utilização, quer em edifícios recém-construídos e enumerados os métodos e as ferramentas utilizadas na demolição. Na parte final, são abordadas as dificuldades associadas à escolha do processo de demolição e apresentados alguns modelos de decisão úteis para auxiliar na escolha do método mais adequado.

O objetivo do terceiro capítulo passa por expor a problemática associada aos resíduos da construção e demolição. Na parte inicial são abordadas as origens e as causas do aparecimento de resíduos da construção e da demolição. De seguida, é apresentada a hierarquia de gestão de resíduos com uma breve descrição de cada um dos estágios que a compõem. Para além disso, são identificadas algumas estratégias que permitem minimizar a produção de resíduos, nomeadamente na fase de projeto, na fase de construção e através de materiais que provocam menos desperdício. Recorre-se ainda a um estudo para determinar quais as barreiras e os incentivos para a minimização de resíduos.

O quarto capítulo retrata o tema da desconstrução/demolição seletiva. É realizado o levantamento minucioso do estado de arte que inclui a definição e importância da demolição

seletiva, os benefícios que lhe estão associados, os constrangimentos e/ou obstáculos ao sucesso da demolição seletiva, os incentivos e oportunidades, a importância do planeamento e os custos da demolição seletiva quando comparada com a demolição tradicional.

No capítulo 5, é abordado o tema do projeto para a desconstrução salientando que uma das principais barreiras para a desconstrução surge do facto dos edifícios não serem projetados para a facilitar. São ainda enumerados os desafios que este conceito enfrenta e os benefícios que apresenta tanto a nível ambiental como económico e social. Por fim, são identificadas inúmeras estratégias para a adaptabilidade e relocalização de componentes, para reprocessamento e para maximização da reutilização e reciclagem. Para além disso, é explanado o conceito de construtibilidade e os princípios de projeto comuns para a construtibilidade e a desconstrução.

No capítulo 6 caracteriza-se o projeto e a metodologia da desconstrução através da descrição pormenorizada de todas as etapas que um projeto de desconstrução contempla.

Por sua vez, no capítulo 7 é elaborado um guia para a desconstrução. Este guia contempla orientações e informações importantes a todos os participantes da atividade de desconstrução. Numa primeira fase é apresentado o conceito de desconstrução e são fornecidas indicações importantes para determinar se um edifício é ou não bom candidato à desconstrução. Posteriormente são fornecidas dicas para a seleção do empreiteiro, é descrito o processo de desconstrução e as medidas de segurança necessárias.

O capítulo 8 compreende a descrição pormenorizada da realização de um inquérito destinado a dois grupos de inquiridos, empreiteiros e projetistas. É dado a conhecer todo o processo que levou à sua implementação, entre os quais se podem destacar a metodologia adotada, análise e tratamento dos dados, a apresentação dos resultados e por fim, a discussão crítica aos mesmos.

No capítulo 9, são apresentadas as conclusões finais e enunciadas algumas indicações gerais com vista à promoção e impulso da atividade de desconstrução em Portugal.

2. A INDÚSTRIA DA DEMOLIÇÃO/DESCONSTRUÇÃO

2.1. Evolução da atividade de demolição

2.1.1. Enquadramento histórico

Ao longo dos séculos a indústria da construção foi-se modificando gradualmente, quer no que diz respeito aos materiais empregues, quer no que se refere aos processos construtivos utilizados. Ambos foram evoluindo face ao objetivo que se pretendia alcançar, às contingências económicas do momento e às disponibilidades tecnológicas existentes no mercado (Filipe, 2003).

Em meados do século passado ainda não existiam processos de demolição específicos visto que a necessidade de recorrer à sua utilização era praticamente nula. Contudo, nos casos em que era necessário realizar demolições recorria-se a métodos simples e tradicionais com processos e equipamentos muito rudimentares (Gomes, 2010).

No entanto, com o desenvolvimento progressivo das cidades a nível físico e cultural, tornou-se crucial substituir as construções antigas em estado de degradação extrema por outras mais modernas ou realizar intervenções de restauração/reabilitação. Surgiu a necessidade de adquirir novos espaços nos centros urbanos que se encontravam cada vez mais saturados e de encontrar uma solução para os edifícios que estavam fortemente danificados devido as agressões ambientais e acidentais. Este conjunto de motivos levou a um aumento gradual nas intervenções de demolição (Gomes, 2010).

Inicialmente as intervenções de demolição tinham como único propósito a destruição completa da estrutura, sendo que os resíduos resultantes eram incinerados ou enviados para aterro (Hurley *et al.*, 2001).

No entanto, o aparecimento da ideologia da sustentabilidade nas construções e da preocupação crescente do utilizador em relação às questões ambientais levou a que o sector da demolição sofre-se uma evolução profunda nos últimos anos.

Deste modo, pretende-se gradualmente abandonar a demolição tradicional que se caracteriza por uma destruição completa, sem reaproveitamento de nenhum material, e passar a implementar uma demolição seletiva (desconstrução). A desconstrução difere fundamentalmente da demolição tradicional por seguir um conjunto de ações que possibilita recuperar e/ou aproveitar uma grande quantidade de materiais, com vista a reutiliza-los em novas construções ou reencaminha-los para a reciclagem, o que promove a sustentabilidade na construção (Júnior *et al.*, 2010).

2.1.2. Estado da demolição em Portugal

A atividade da construção tem sofrido um forte decréscimo nos últimos anos, o que se deve em grande parte à crise económica que se abateu sobre a Europa.

Através da análise da Figura 2.1 é evidente a tendência da diminuição da construção.

Em 2011 foram concluídos em Portugal 27790 edifícios. No entanto, 6930 correspondem a obras de alteração, ampliação e reconstrução. Assim sendo, pode-se concluir que cerca de 25% das obras concluídas em Portugal dizem respeito à reabilitação do edificado (INE, 2011). Se nos focarmos no período compreendido entre 1995 e 2012 (Figura 2.1) deparámo-nos com duas fases distintas de crescimento. Até 2002 constatou-se um aumento no que concerne a novas construções e assistiu-se a uma relativa estabilidade em relação às reabilitações. A partir de 2003 ocorreu uma ligeira diminuição nas obras de reabilitação e registou-se uma diminuição acentuada de novas construções (INE, 2011).

Desta análise conclui-se que como resultado da diminuição das construções novas a atividade de reabilitação tem conquistado, ao longo dos tempos, uma importância crescente (INE, 2011).

Numa altura em que a construção estava no seu auge em Portugal, foram construídos inúmeros edifícios descorando as exigências mínimas de qualidade, o que se traduziu em edifícios sem qualquer valor patrimonial. Este fenómeno traduziu-se na diminuição do ciclo

de vida dos edifícios e conseqüentemente num agravamento do número de demolições (Figura 2.2).

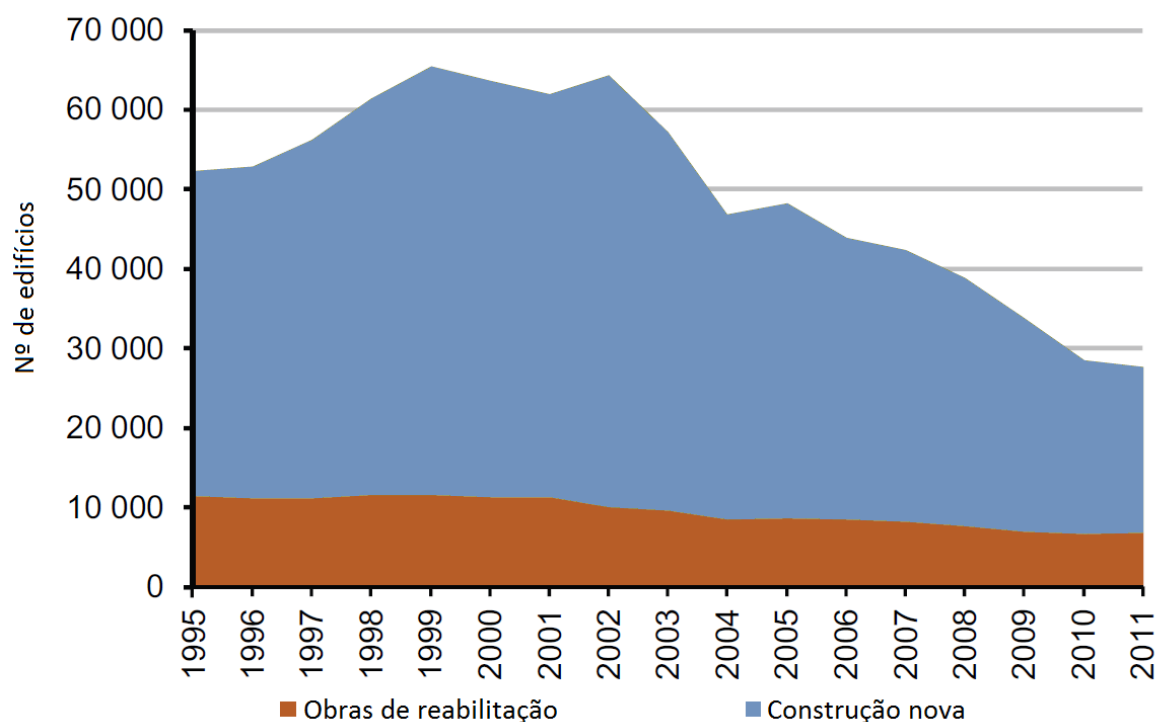


Figura 2.1 - Reabilitação do edificado e construções novas em Portugal entre 1995-2012 (Fonte: INE, 2011)

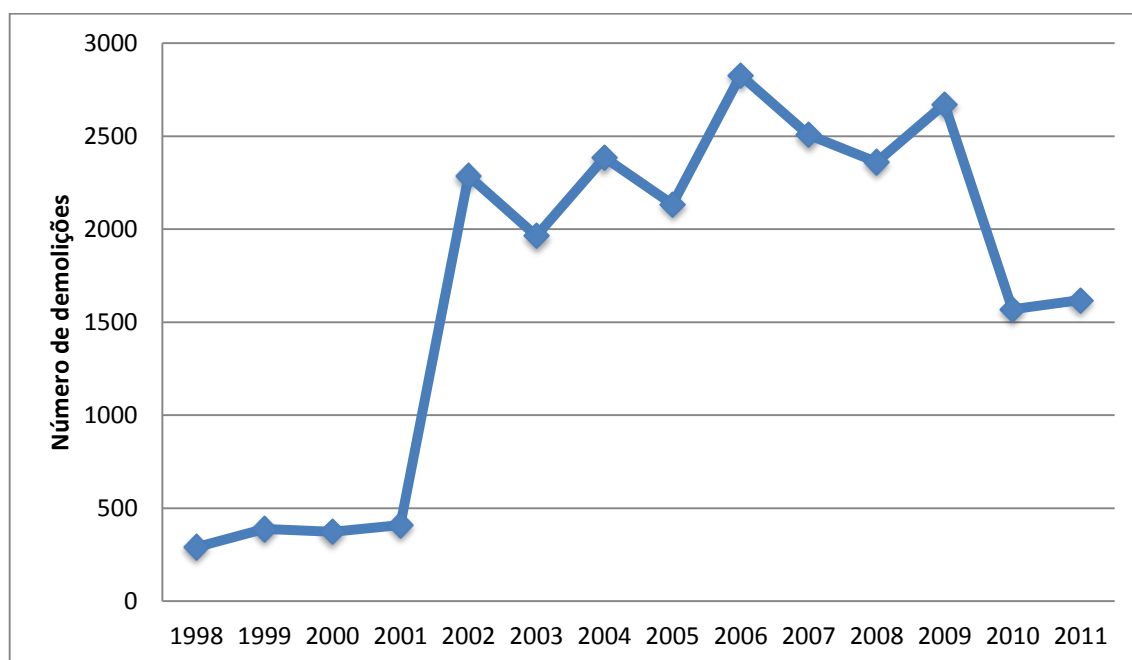


Figura 2.2 - Número de licenças concedidas para obras de demolição entre 1998 e 2011 (Fonte: INE, 2011)

Segundo Gomes *et al.* (2012) as principais causas de demolições em casas com alguns anos de utilização predem-se com os seguintes fatores:

- Fim de vida da estrutura;
- Adaptação a novos usos e funções;
- Reforço estrutural;
- Deformações a longo prazo;
- Imposições regulamentares;
- Anomalias existentes e durabilidade dos materiais;
- Catástrofes naturais ou humanas.

No entanto, também pode ser necessário demolir construções recém-construídas, neste caso, os principais motivos associados à demolição são: a necessidade de alterações a realizar no projeto, a existência de incompatibilidades entre projetos de diferentes especialidades, os erros detetados no projeto ou na construção e a ocorrência de acidentes (Gomes *et al.*, 2012).

Na Figura 2.3 é apresentada a percentagem de edifícios destinados a demolição por época de construção, identificados nos censos 2011.

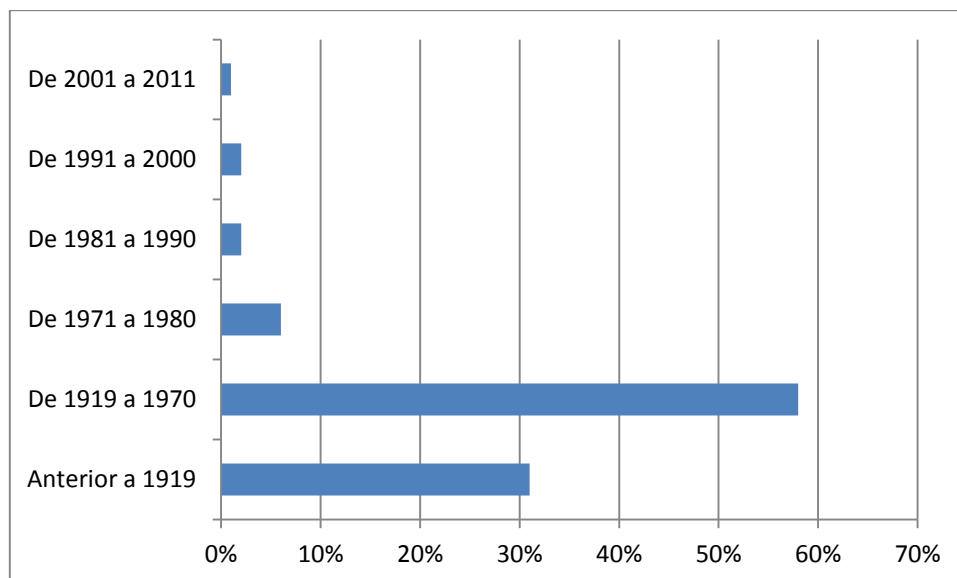


Figura 2.3 - Alojamentos familiares destinados a demolição por época de construção (Fonte: INE, 2011)

2.2. Métodos e ferramentas de demolição

As atividades de demolição que tradicionalmente se caracterizavam como um trabalho intensivo, de baixa qualificação, que recorria a baixa tecnologia e cuja atividade era mal regulada, lidando principalmente com a desmontagem e demolição de edifícios simples, têm sofrido uma transformação radical nos últimos 20 anos (Hurley *et al.*, 2005).

O aumento gradual das atividades de demolição despertou a necessidade de se criarem métodos de demolição mais rápidos e eficientes, e impulsionou os serviços da demolição, que com o tempo foram adquirindo uma notoriedade cada vez maior e hoje em dia se designam como um tipo de serviços altamente especializados, aos quais se dá o nome de indústria da demolição (Filipe, 2003). Segundo Filipe (2003) a criação desses métodos resultou de três necessidades básicas:

- “A substituição parcial das peças que compunham as estruturas dos edifícios, tais como lajes, vigas e pilares para um novo arranjo dos volumes;
- O desmantelamento puro e simples de um conjunto determinado de peças estruturais, para a criação de espaços livres, de maiores dimensões, ou diferente disposição;
- A necessidade da demolição completa dos edifícios, com a finalidade de criar um maior desafogo no tecido urbano ou ainda para permitir a realização de novas obras com características mais atualizadas, ou com outra função específica de carácter mais permanente”.

Hoje em dia existe uma variedade enorme de técnicas e meios disponíveis para os trabalhos de demolição, no entanto é necessário escolher o meio que mais se adequa ao trabalho a realizar. Cada sistema de demolição tem o seu campo de aplicação que varia em função de fatores tais como o tempo de execução da obra, os aspetos particulares que esta apresenta, a disponibilidade de equipamentos e as limitações existentes (Fueyo, 2003).

Estas técnicas e equipamentos podem ser facilmente agrupados tendo em consideração a sua finalidade e princípios de funcionamento (Brito, 1999). Na Tabela 2.1 encontram-se representadas as técnicas de demolição existentes, agrupadas com base na publicação “*Les techniques de démolition des ouvrages en béton*” (Centre Scientifique et Technique de la Construction, 1982).

Tabela 2.1 - Técnicas de demolição agrupadas segundo “*Les techniques de démolition des ouvrages en béton*”

Grupo Principal	Subgrupo	Variante
Com recurso a equipamento mecânico	Por derrube, empuxe, tração ou escavação	Com ferramentas manuais
		Com martelos pneumáticos, hidráulicos ou elétricos
		Por impacto (Bola de grande massa ou pilão)
		Com retro-escavadoras, giratórias ou pá de arrasto e acessórios (tesoura, ripper, nibbler, alicate, triturador, pinças, martelo, etc.)
		Por tração de cabos
	Por rebentamento interior	Derrube ou afundamento
		Com cavilhas mecânicas
		Quebrador de cunhas (Darda)
		Quebrador de pistões
		Com macacos planos
Por esmagamento exterior		
Processos Térmicos	Lança térmica	A oxigénio
	Maçarico	A pólvora
		A plasma
	Laser	
Uso controlado de explosivos	Explosões (no meio ambiente)	Mecanismo tipo telescópio
		Mecanismo tipo derrube
		Mecanismo tipo implosão
		Mecanismo tipo colapso sequencial
	Micro- explosão	
	Expansão	Lenta com gás
		Súbita com gás
Com cal viva		
Química		
Processos abrasivos	Corte diamantado	Serra com disco
		Serra com fio
		Carotagem
	Corte com carborundo	
	Jato de água (hidrodemolição)	
Jato de água e areia		
Processo elétricos	Aquecimento das armaduras	
	Eletrofratura	
	Aquecimento induzido de um material ferromagnético	
	Arco voltaico	
Microondas		
Processos Químicos	Ataque químico	
	Ataque electro – químico	

Segundo uma pesquisa realizada pela Universidade de Salford, conclui-se que hoje em dia as técnicas de demolição não só são numerosas, como variam na sua tecnologia, aplicação, custo e velocidade. Assim sendo, os métodos tradicionais como a bola de aço (Figura 2.4) tem sido rapidamente substituídos por métodos mais modernos como consequência da mudança das estruturas de alvenaria e tijolos para estruturas de betão e aço. (Hurley *et al.*, 2005)



Figura 2.4 - Demolição recorrendo a bola de aço (Fonte: Costa, 2009)

Também o tipo de demolição, demolição tradicional (sem separação de materiais) ou demolição seletiva (com aproveitamento de materiais), influencia o tipo de ferramentas a utilizar tal como se mostra na Figura 2.5.

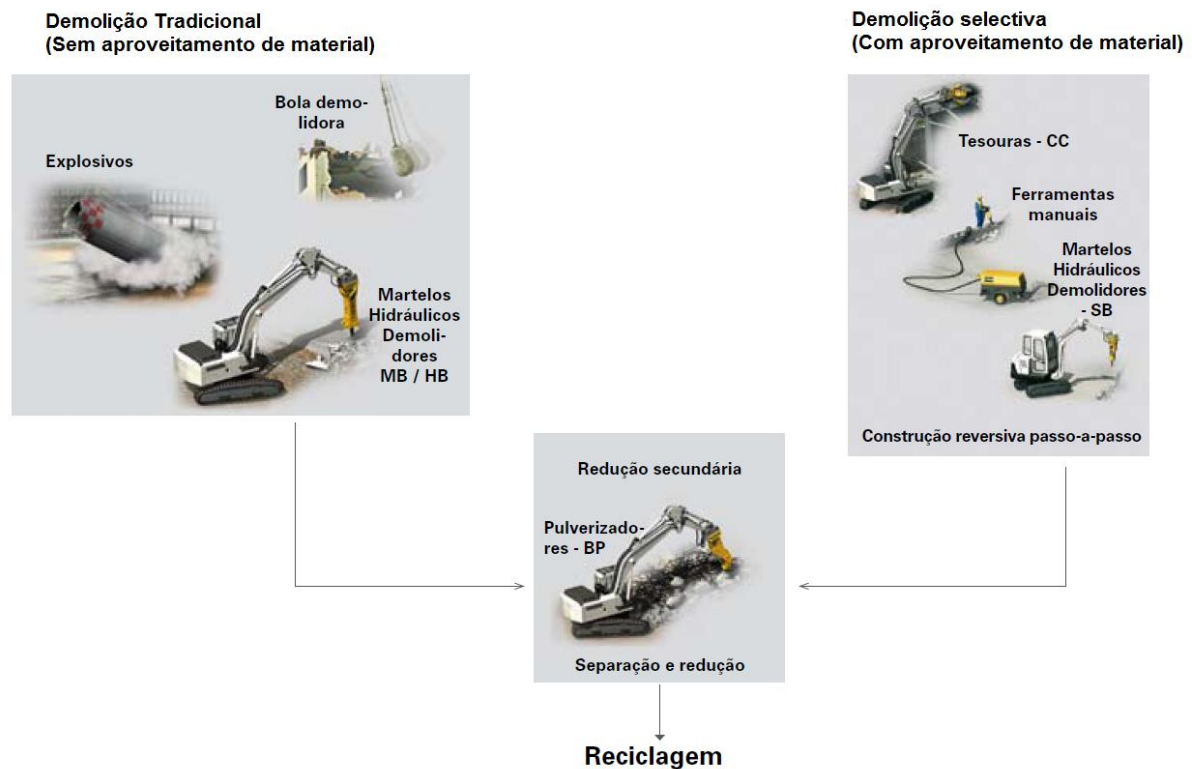


Figura 2.5 – Ferramentas usadas na demolição tradicional e na demolição seletiva
(Fonte: Atlas Copco, 2013)

No caso de uma demolição seletiva, podem ser utilizados vários métodos para realizar a separação dos materiais, no entanto quando se trata de materiais delicados recorre-se normalmente a ferramentas manuais. No que se refere à separação do aço do betão recorre-se na generalidade a tesouras e esmagadoras hidráulicas. Neste caso o betão é triturado e o aço mantém a sua dimensão (Brito *et al.*, 2001).

2.3. Dificuldades associadas à escolha do processo de demolição

Os engenheiros responsáveis por projetos de demolição deparam-se frequentemente com problemas de decisão relativamente à seleção dos métodos de demolição a utilizar. Na prática a tomada de decisão baseia-se sobretudo na experiência, na habilidade e no conhecimento adquirido com o tempo pelo engenheiro encarregue da demolição (Abdullah *et al.*, 2003).

Uma vez que nos dias de hoje as estruturas são cada vez mais diversificadas tanto no que diz respeito aos materiais utilizados como às técnicas construtivas, o método de demolição pode variar consideravelmente de caso para caso.

Antes de escolher o método de demolição a utilizar o responsável pela demolição deve considerar uma série de critérios e avaliar a sua relevância para que o processo de demolição se realize recorrendo ao método mais adequado (Abdullah *et al.*, 2003).

Segundo Abdullah *et al.* (2002) existem seis critérios que afetam a escolha das técnicas de demolição. Esses critérios são:

- As características estruturais do edifício;
- A localização do edifício;
- O custo da demolição;
- A experiência adquirida;
- O tempo;
- A reutilização e a reciclagem.

Por sua vez, Kasai *et al.* (1998), também efetuou uma pesquisa para determinar quais os critérios decisivos para a escolha do processo de demolição. Deste estudo surgiram oito critérios:

- As características estruturais do edifício. É de extrema importância conhecer quais as tecnologias e materiais utilizados na construção do edifício;
- Escala da construção. Um edifício de grandes proporções pode representar um método económico complexo enquanto que um edifício de pequenas dimensões pode ser demolido manualmente;
- A localização do edifício. Torna-se importante conhecer a localização precisa do edifício pois o acesso ao local pode afetar a escolha do equipamento a utilizar na demolição;
- Os níveis de incómodo permitido. As tolerâncias de ruído, poeira e vibrações variam de edifício para edifício;
- O âmbito da demolição. É necessário ter em atenção que alguns métodos não são adequados para demolição parcial;
- O uso do edifício. Uma estrutura contaminada deverá ser tratada de forma diferente de uma estrutura residencial ordinária;
- A segurança. É crucial assegurar a segurança de todos os trabalhadores e do ambiente;

- O período de demolição. Refere-se ao tempo que é necessário para a atividade de demolição. O ideal era que esse tempo fosse o necessário para recuperar o máximo de materiais, no entanto o cliente tenta sempre acelerar este processo para obter um rápido retorno sobre o seu investimento.

Ambos os investigadores, Kasai e Abdullah concordam que no processo de seleção do método de demolição a principal preocupação a que se deve atender é a segurança. Para além disso, afirmam que a escolha do método de demolição mais adequado resulta de uma combinação única destes critérios (Abdullah *et al.*, 2003).

Mais tarde estes oito critérios desenvolvidos por Kasai *et al.* (1998) voltaram a ser analisados com maior pormenor por McGrath *et al.* (2000) que verificou que o conteúdo abrangido pelos mesmos era pouco amplo. Isto porque os seis primeiros critérios se referiam apenas a aspetos físicos do edifício a demolir, ou seja, à sua tecnologia, aos materiais utilizados, à localização, ao uso, à escala e ao âmbito de demolição. Apenas os dois últimos critérios incorporavam o fator tempo e a segurança e forneciam uma indicação correta de que não são apenas as características físicas do edifício que determinam o método de demolição a utilizar (McGrath *et al.*, 2000).

Como o objetivo de tornar este conjunto de critérios mais abrangentes McGrath *et al.* (2000) decidiu adicionar a estes oito critérios mais três, os quais se apresentam, de seguida:

- O destino a dar aos materiais de construção resultantes da demolição deve afetar a escolha do processo de demolição a utilizar. Por exemplo, os métodos explosivos reduzem a estrutura a escombros, e não permitem a separação de materiais, logo estes métodos seriam pouco adequados para um projeto em que se quer obter alto coeficiente de reutilização de materiais;
- As escolhas que uma empresa de demolição faz para resolver determinado problema são condicionadas pela sua cultura/experiência. Uma empresa habituada a utilizar uma técnica vai usá-la sempre, e aperfeiçoá-la em vez de procurar outra. Só no caso de essa técnica não conseguir resolver o problema é que a empresa irá procurar outra solução;
- Custo monetário. Se um método de demolição acarreta um custo económico muito superior sem apresentar nenhuma vantagem considerável é pouco provável que seja escolhido pelo dono de obra. Da mesma forma um empreiteiro escolhe a firma de

demolição pelo melhor preço para a demolição, que pode não ser o mais baixo, visto que muitas vezes o preço mais baixo possui défices em termos de qualidade.

Apesar da existência deste conjunto de critérios que se tornam úteis na medida que fornecem uma boa orientação na escolha do processo de demolição mais adequado, também tem sido desenvolvidas ferramentas que fazem a comparação de um leque alargado de técnicas.

Assim sendo, Saaty (2008) desenvolveu um processo de análise hierárquica (PAH) que é uma abordagem baseada na tomada de decisão através de uma análise multicritérios. O PAH visa quantificar as prioridades relativas de um conjunto de alternativas, com base no julgamento do decisor. Este foi aplicado a vários tipos de problemas de decisão e concluiu-se que também pode ser usado para auxiliar na escolha do método de demolição mais adequado (Abdullah *et al.*, 2003).

Para identificar quais os critérios de decisão mais importantes na seleção das técnicas de demolição foram enviados inquéritos para uma amostra de cem engenheiros de demolição dos EUA. Às respostas obtidas realizou-se uma análise estatística para identificar qual a importância relativa de cada critério. Uma vez identificados os critérios mais importantes na tomada de decisão, foram realizadas entrevistas com seis peritos para reavaliar a relevância dos critérios identificados. Com as conclusões retiradas das duas análises foi construído um modelo de decisão PAH para auxiliar o processo de tomada de decisão para a seleção de técnicas de demolição (Abdullah *et al.*, 2003).

A escolha da técnica de demolição mais adequada é o objetivo a atingir, e este vai depender principalmente dos resultados gerados através do modelo PAH. No entanto para simplificar a implementação dos passos PAH e para automatizar os seus cálculos recorrer-se a um software profissional o *Expert Choice*. O *Expert Choice* fornece ferramentas para a realização de análises de sensibilidade que tem como principal objetivo observar graficamente a mudança das alternativas com a importância que se atribui a cada um dos critérios (Abdullah *et al.*, 2003).

Para comprovar a eficiência desta ferramenta no que concerne à seleção da técnica de demolição mais adequada, recorreu-se à sua aplicação prática a um projeto de demolição. As características do projeto de demolição selecionado encontram-se sintetizadas na Tabela 2.2,

convém referir que as técnicas de demolição consideradas são a demolição progressiva, o mecanismo de colapso deliberado e a desconstrução.

Segundo Saaty (2008) para que se possa tomar uma decisão de forma organizada o PAH deve ser dividido em quatro etapas fundamentais:

- Definir o problema e determinar aquilo que se procura;
- Estruturar a hierarquia de decisão;
- Realizar julgamentos comparativos;
- Gerar uma síntese de prioridades.

Para o caso em estudo, e tal como já foi referido, o problema está relacionado com a escolha do processo de demolição e este é precisamente o objetivo que se pretende atingir. Assim sendo, e tendo em consideração os princípios de PAH foi construída uma estrutura hierárquica para a seleção da técnica de demolição mais adequada (Figura 2.6).

Tabela 2.2 - Características do projeto (Fonte: adaptado de Abdullah *et al.*, 2003)

Características do projeto	Explicações			
Características da estrutura	1. Altura da estrutura: 12 pisos 2. Tipo de estrutura: Edifício constituído principalmente por painéis pré-moldados 3. Estabilidade da estrutura: Estável 4. Grau de demolição: Demolição completa 5. Uso anterior da estrutura: Habitação			
Condições do local	1. Saúde e segurança das pessoas:	DP	MDC	DC
	Risco de perigo para os trabalhadores envolvidos na demolição	Médio	Baixo	Alto
	Risco de perigo para os membros do público	Baixo	Médio	Baixo
	2. Ambiente: Nível aceitável de ruído			
	Nível aceitável de ruído	70-74 db(A)		
	Nível aceitável de poeira	Quantidade significativa de poeira		
	Nível aceitável de vibração	Efeito significativo no corpo humano		
	3. Proximidade da estrutura adjacente	50 Metros		
	4. Acessibilidade	Acessível		
Custo da demolição	Custo da demolição (Montante fixo)	DP	MDC	DC
	1. Mão-de-obra	38274,5 €	22964,7 €	38274,5 €
	2. Máquinas	49756,85 €	53584,3 €	57411,75 €
	Custo total	88031,35 €	76549,0 €	95686, 25 €
Experiência do passado		DP	MDC	DC
	1. Familiaridade com uma técnica específica	Familiar	Familiar	Não familiar
	2. Disponibilidade de instalações e equipamentos	Disponível	Disponível	Disponível
	3. Disponibilidade de conhecimentos	Disponível	Disponível	Disponível
Reutilização e reciclagem	Nível de preocupação com a reutilização e reciclagem	Nível moderado de preocupação		
Tempo	Data proposta para a conclusão do projeto é de três meses.			
Nota:	DP - Demolição progressiva MDC - Mecanismo de colapso deliberado, DC – Desconstrução			

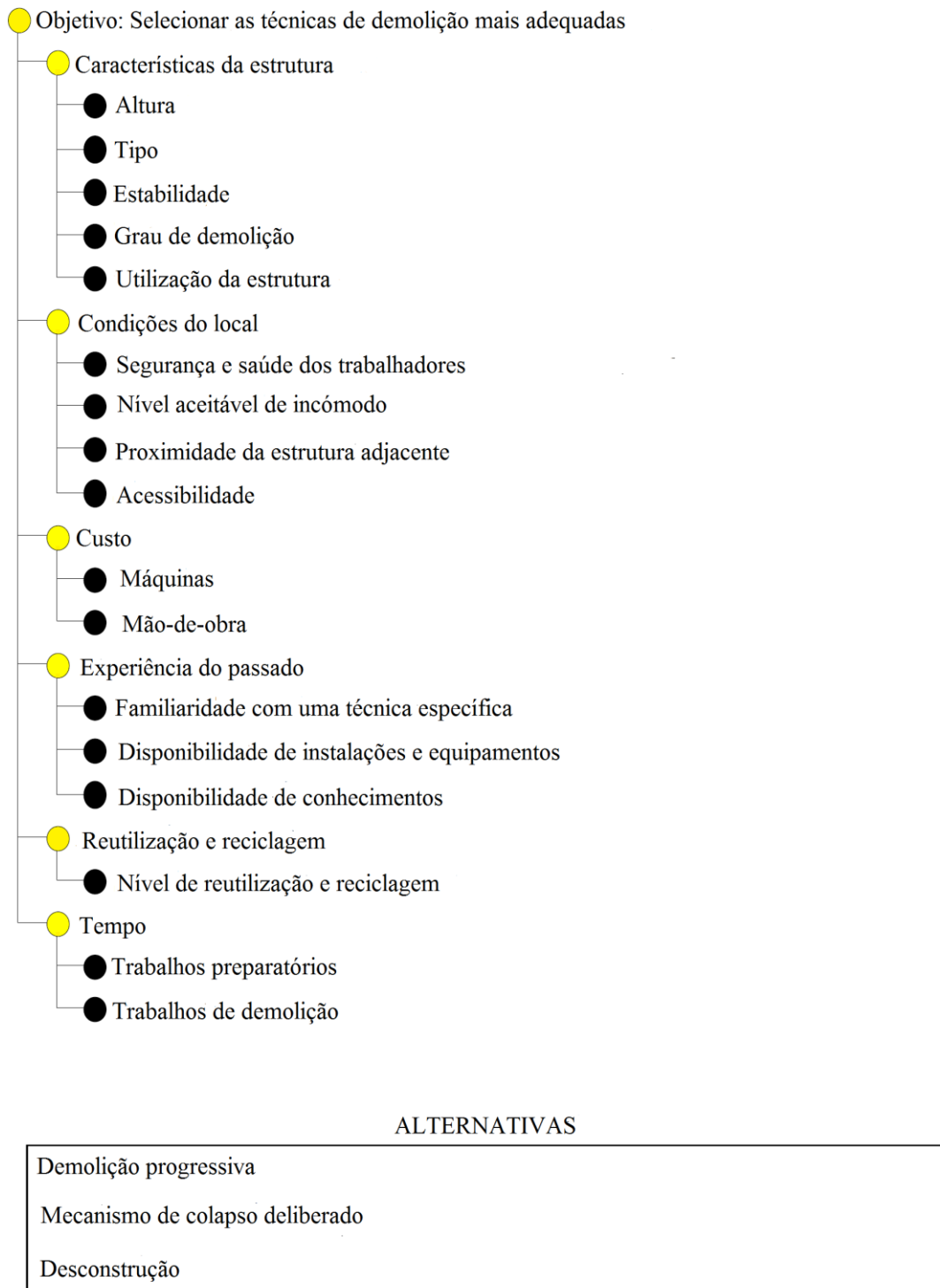


Figura 2.6 - Estrutura hierárquica para seleção do método de demolição (Fonte: adaptado de Abdullah *et al.*, 2003)

Uma estrutura hierárquica não é mais do que uma estrutura em “árvore” que é utilizada para decompor um problema de decisão. Esta apresenta um fluxo descendente, ou seja, passa das categorias gerais (critérios) para as mais específicas (subcritérios) e finalmente para as alternativas. A estrutura hierárquica pode ser dividida em níveis, o nível 0 corresponde ao objetivo que se pretende atingir (seleção da técnica de demolição mais adequada), o nível 1 aos critérios gerais (características da estrutura, condições do local, custo, experiência do passado, reutilização e reciclagem e tempo), o nível 2 refere-se aos subcritérios (altura, tipo, estabilidade,..., trabalhos de demolição) e o nível 3 às soluções alternativas de que o decisor dispõe.

O passo seguinte no PAH consiste na construção de matrizes de comparação que se obtêm comparando um nível com o nível imediatamente inferior, isto é, realiza-se a comparação do nível 0 com o nível 1, do nível 1 com o nível 2 e do nível 2 com o nível 3 (Saaty, 2008).

Para que se possam fazer comparações recorre-se a uma escala (Tabela 2.3) que permite determinar quantas vezes um elemento é mais importante que outro em relação ao critério ao qual são comparados (Saaty, 2008).

A título de exemplo apresenta-se a Tabela 2.4, com a comparação do nível 0 com o nível 1. Nesta foi atribuída uma classificação de 1 à comparação do custo com o tempo o que significa que ambos apresentam a mesma importância. Por outro lado à comparação do custo com a experiência do passado atribui-se a classificação de 3 logo conclui-se que o custo tem pouca importância quando comparado com a experiência do passado em relação ao objetivo que se pretende atingir.

Tabela 2.3 - Escala de importância relativa (Fonte: adaptado de Saaty, 2008)

Importância	Definição	Explicação
1	Importância igual	Duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
2	Fraca ou ligeira	
3	Importância moderada	Experiência e julgamento ligeiramente a favor de uma atividade do que a outra
4	Mais moderada	
5	Forte importância	Experiência e julgamento fortemente favor de uma atividade do que a outra
6	Mais forte	
7	Importância muito forte ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em detrimento de outra; seu domínio demonstrado na prática
8	Muito, muito forte	
9	Extrema importância	A evidência favorecendo uma atividade em detrimento da outra é muito elevada
Recíprocos dos de cima	Se uma atividade tem um número dos de cima atribuídos (diferentes de zero) quando comparada com a atividade j, em seguida j tem o valor recíproco quando comparado com i	
1,1- 1,9	Se as atividades são muito próximas	

Tabela 2.4 - Comparação entre o nível 0 e o nível 1 (Fonte: adaptado de Abdullah *et al.*, 2003)

Crítérios de seleção do método de demolição (1)	Características da estrutura (2)	Condições do local (3)	Custo (4)	Experiência do passado (5)	Reutilização e reciclagem (6)	Tempo (7)
Características da estrutura	1	1	3	5	4	6
Condições do local	1	1	5	5	7	7
Custo	1/3	1/5	1	3	2	1
Experiência do passado	1/5	1/5	1/3	1	5	2
Reutilização e reciclagem	1/4	1/7	1/2	1/5	1	1/3
Tempo	1/6	1/7	1	1/2	3	1
Σ	2.950	2.686	10.833	14.700	22.000	17.333

Por fim é necessário converter as prioridades locais, relativas à comparação entre níveis, para prioridades globais ou finais que não são mais do que as prioridades em relação ao objetivo final. Este cálculo é realizado automaticamente pelo software de PAH, *Expert choice* (Abdullah *et al.*, 2003).

O resultado final obtido encontra-se na Tabela 2.5 e aponta como técnica de demolição mais adequada para o caso em estudo o mecanismo de colapso deliberado.

Tabela 2.5 - Prioridade geral das três alternativas (Fonte: Abdullah *et al.*, 2003)

Alternativas	Prioridade relativa
Mecanismo de colapso deliberado	0.490
Demolição progressiva	0.318
Desconstrução	0.192

No anexo A1 são apresentados os gráficos relativos à análise de sensibilidade obtidos através do *Expert choice*.

A aplicação do PAH ao caso de estudo descrito permitiu comprovar a sua eficácia e reafirmar que este cumpre o objetivo de ajudar o engenheiro encarregue da demolição na escolha da técnica de demolição mais adequada (Abdullah *et al.*, 2003).

Em 2008 Roussat *et al.* efetuaram um estudo em que compararam diferentes estratégias de gestão de resíduos de demolição através de uma análise multicritério. O principal objetivo deste estudo era avaliar diferentes estratégias de gestão de resíduos tendo em consideração os aspetos ambientais, económicos e sociais (Roussat *et al.*, 2008).

Para realizar a análise multicritério recorreu-se ao método *ELECTRE III*, uma vez que este tem sido adaptado especificamente para problemas ambientais por vários autores, e em muitos casos tem sido utilizado para decisões em termos de estratégias de gestão de resíduos (Roussat *et al.*, 2008).

Para o caso de estudo, que trata da demolição de 25 edifícios de um antigo acampamento militar com uma área de 34ha os principais resíduos da demolição estão representados na Tabela 2.6 (Roussat *et al.*, 2008).

Tabela 2.6 - Quantidade de resíduos produzidos pela demolição (Fonte: Roussat *et al.*, 2008)

Resíduos	Toneladas
Aço	118
Alumínio	2,2
Telhas	229
Betão	18,575
Madeira	378
Tijolos	595
Materiais cerâmicos	255
Cobre	0,3
Pedras	318
Lã de vidro	233
Vidro Liso	21,9
Gesso	114
PVC	18
Clinker	1260
Zinco	2,3
Material betuminoso	210
Lâmpadas fluorescentes	0,3

As alternativas consideradas para as diferentes estratégias de gestão de resíduos são:

- Alternativa 1: As estruturas são demolidas sem classificação dos diferentes materiais. Os resíduos desta demolição são despejados ilegalmente;
- Alternativa 2: As estruturas são demolidas sem classificação dos diferentes constituintes, mas depois da demolição os resíduos vão para uma plataforma de triagem de resíduos de construção e demolição. Depois de se classificarem os diferentes resíduos os metais são reciclados e os restantes vão para um aterro sanitário;
- Alternativa 3: As estruturas são demolidas sem classificação e os resíduos vão para a plataforma de triagem. Depois de classificados os resíduos inertes são reutilizados em engenharia rodoviária e os resíduos sólidos não perigosos são queimados num incinerador;

- Alternativa 4: A estrutura é demolida com base numa demolição seletiva, ou seja, todos os materiais perigosos e não perigosos são removidos antes da demolição da estrutura. Neste caso, todos os resíduos perigosos são classificados;
- Alternativa 5: Como na alternativa 4 o primeiro passo é a desconstrução de cada edifício antes da sua demolição. Os inertes são recuperados para utilização em estradas. Metais, vidro e lã de vidro são recicladas, resíduos de madeira são usados como combustível para aquecimento e outros resíduos não perigosos são encaminhados para um aterro sanitário. Os resíduos perigosos são classificados e enviados para aterros sanitários destinados a materiais perigosos;
- Alternativa 6: A única diferença entre esta alternativa e a alternativa 5 é o facto de os resíduos inertes serem utilizados para produzir novos blocos de betão;
- Alternativa 7: Consiste na desconstrução de cada edifício antes da demolição das suas estruturas. Posteriormente os resíduos inertes são recuperados e reutilizados em estradas. Metais, vidro, lã de vidro e PVC são reciclados, os resíduos de madeira são usados para fabricar placas. Os resíduos perigosos são tratados e recuperados. Os materiais betuminosos são recuperados em energia para fábricas de cimento e o mercúrio das lâmpadas fluorescentes é recuperado e reutilizado;
- Alternativa 8: A única diferença desta alternativa em relação à alternativa 7 é que os resíduos inertes são utilizados para produzir novos blocos de betão;
- Alternativa 9: Esta alternativa é idêntica à alternativa 7, expeto que os resíduos de madeira são usados como combustível para aquecimento.

Por sua vez, os critérios utilizados neste estudo encontram-se resumidos na Figura 2.7 e tal como já foi referido, representam os três pilares do desenvolvimento sustentável, que incluem os aspetos sociais, ambientais e económicos.

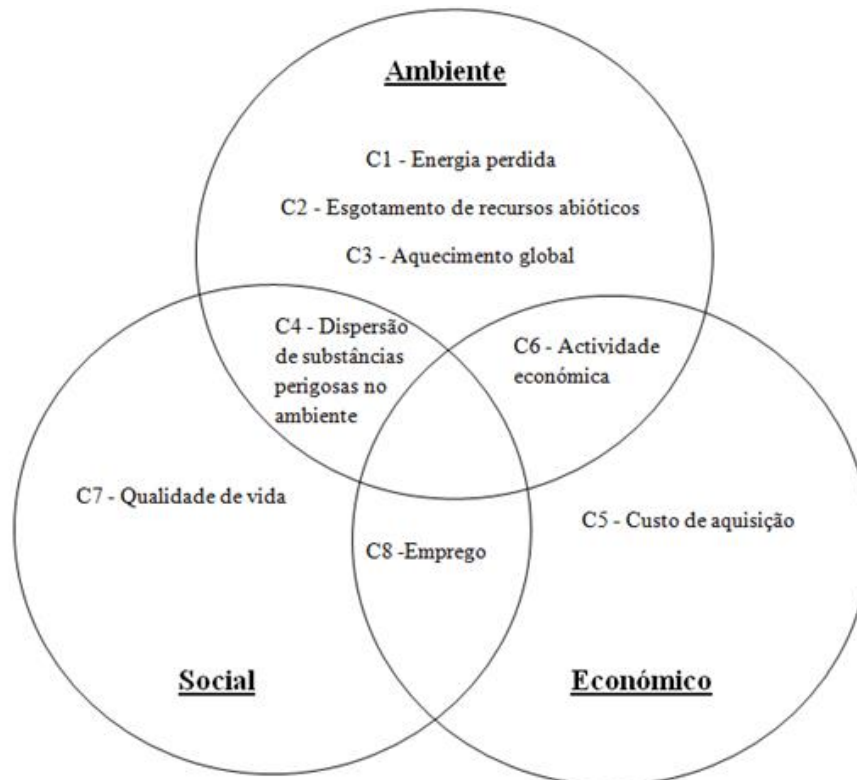


Figura 2.7 - Critérios considerados para uma gestão de resíduos sustentável
(Fonte: Roussat *et al.*, 2008)

O *ELECTRE III* permite realizar uma análise multicritério utilizando para tal um conjunto de alternativas e de critérios. Este método permite determinar qual a melhor alternativa em relação ao conjunto de critérios analisados e é particularmente adaptado para problemas de desenvolvimento sustentável uma vez que procura o melhor compromisso entre todos os critérios de decisão e não a solução em que apenas alguns critérios são otimizados (Roussat *et al.*, 2008).

Para o caso de estudo em análise, as alternativas de demolição selecionadas foram as alternativas nove, sete e cinco. Através destes resultados, pode-se concluir que a demolição seletiva (considerada nas alternativas nove, sete e cinco) é fundamental para uma prática de gestão de resíduos sustentáveis (Roussat *et al.*, 2008).

Embora este estudo tenha sido realizado para determinar uma estratégia sustentável de gestão de resíduos, pensa-se que pode servir também para determinar o método de demolição mais adequado, juntando assim o útil ao agradável.

Uma diferente abordagem foi desenvolvida por Canedo (2011) com o objetivo de determinar quais os fatores que mais influenciam a escolha do processo de demolição. Esta abordagem

foi realizada com base em inquéritos. Estes inquéritos que englobavam um conjunto considerável de possíveis fatores que poderiam estar relacionados com a escolha do processo de demolição foram enviados a 60 empreiteiros para que estes pudessem expressar a sua opinião. A informação resultante dos mesmos foi devidamente tratada e chegou-se à conclusão de quais os fatores que mais influenciam a escolha do processo de demolição na ótica dos empreiteiros Portugueses. Estes fatores apresentam-se na Tabela 2.7.

Tabela 2.7 - Fatores com mais relevância na escolha do processo de demolição
(Fonte: Canedo, 2011)

Classe de fatores	Fatores mais relevantes
Relacionados com aspetos físicos do edifício	Forma estrutural do edifício A tecnologia e matérias que integram a construção
Relacionados com legislação e ambiente	Segurança De trabalho, pessoas e ambiente
Contratuais	Tempo disponível
Outros aspetos	Custos monetários

3. A PROBLEMÁTICA ASSOCIADA AOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

3.1. Introdução

A indústria da construção civil é responsável pela produção de uma enorme quantidade de resíduos. Estes resíduos apresentam uma constituição heterogénea com frações de dimensões variadas e diferentes níveis de perigosidade que dificultam a sua gestão. A sua difícil quantificação e a deposição não controlada em aterro dão origem a situações ambientalmente indesejáveis e incompatíveis com os objetivos nacionais e comunitários em matéria de desempenho ambiental (Agência Portuguesa do Ambiente, 2013).

Esta realidade tem obrigado a sociedade atual a estudar e implementar medidas orientadoras e políticas de gestão integrada de resíduos cujos principais objetivos são os de incentivar o uso eficiente de materiais e otimizar a reutilização e reciclagem de resíduos, minimizando a sua geração e evitando o esgotamento de recursos naturais (Silva *et al.*, 2001).

3.2. Resíduos da construção

Os resíduos da construção provêm principalmente de alterações no projeto, de sobras de materiais de construção novos, das suas embalagens, de materiais danificados e de todos os outros resíduos típicos das atividades que se realizam num estaleiro (Spies, 2009 e Rajendran *et al.*, 2012).

Na Tabela 3.1 encontram-se resumidas as principais origens e causas dos resíduos da construção.

Tabela 3.1 - Origem e causas dos resíduos da construção (Fonte: Osmandi *et al.*, 2007, Rajendran *et al.*, 2012 e Canedo *et al.*, 2011)

Origem dos resíduos	Causas de resíduos na construção
Contratual	Ação dos clientes
	Erros no caderno de encargos
	Caderno de encargos incompleto no início da construção
	Falta de envolvimento das partes interessadas desde o início
	Erros de encomenda (Por exemplo encomendar a mais ou a menos)
	Falta de possibilidade e encomendar menores quantidades
	Adquirir produtos que não cumprem as especificações
Aquisição	Falta de comunicação entre as partes
	Documentação de aquisição insuficiente ou incompleta
	Erros do fornecedor
Projeto	Alterações de projeto
	Complexidade de detalhes e conceção
	Especificações pouco claras ou inadequadas
	Erros de projeto
	Má comunicação e coordenação (Últimas informações, requisitos de última hora do cliente,...)
Transporte	Danos durante o transporte
	Métodos de descarga pouco eficientes
	Dificuldade de acesso dos veículos aos estaleiros
Planeamento e gestão no local	Falta de planos de gestão de resíduos no local
	Atrasos na transmissão de informações sobre os tipos e tamanhos dos materiais e componentes a serem utilizados
	Acidentes devido a negligência
	Falta de supervisão
	Planeamento inadequado
	Aquisição de quantidades inexatas devido à falta de planeamento
Pedidos de material	Dificuldade para encomendar pequenas quantidades
	Transporte e erro dos fornecedores
Armazenamento do material	Armazenamento impróprio dando origem a danos ou deterioração
	Métodos de armazenamento inadequados
	Materiais armazenados longe do ponto de aplicação
	Fornecimento de materiais soltos
Manuseio dos materiais	Manuseio inadequado de materiais
	Método de transporte do local de armazenamento até ao ponto de aplicação
Local de operação	Mau funcionamento do equipamento
	Uso de materiais errados o que resulta na sua eliminação
	Uso incorreto do material que, por sua vez, exige substituição
	A pressão do tempo
	Acidentes devido a negligência
	Materiais e produtos não utilizados
Outros	Tempo
	Vandalismo
	Roubo

3.3. Resíduos da demolição

Quando as construções deixam de responder às necessidades para que foram criadas ou não conseguem adaptar-se aos requisitos atuais dos seus utilizadores, recorre-se na maior parte das vezes à demolição tradicional ou indiferenciada (Figura 3.1), donde resulta um amontoado de materiais cujo reaproveitamento se torna praticamente impossível. Deste modo, todos os resíduos resultantes da demolição são depositados em aterro (Couto *et al.*, 2006).



Figura 3.1 - Demolição tradicional (Fonte: Couto *et al.*, 2006)

Convém referir que a maior contribuição para o aterro surge quando o edifício chega ao fim da sua vida útil (Branz, 2010), isto porque a fase de demolição produz mais resíduos do que qualquer outra fase da vida de um edifício (Level, 2013).

A maneira mais eficaz para minimizar o desperdício é prolongar a vida do edifício através da sua renovação ou realocação. Quando tal não é possível deve recorre-se à demolição seletiva ou desconstrução. A desconstrução permite reutilizar e reciclar uma quantidade significativa de resíduos o que não acontece quando se recorre à demolição tradicional (Level, 2013). Para além disso promove a sustentabilidade na construção e o aparecimento de um novo mercado, o dos materiais usados (Couto *et al.*, 2006).

3.4. Hierarquia de gestão de resíduos

A hierarquia de gestão de resíduos para operações de demolição e construção (Figura 3.2) visa favorecer a gestão de resíduos com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos produzidos e de recuperar o máximo valor destes. Esta hierarquia não deve ser aplicada de uma forma rígida, deve funcionar como um guia que estimula a prevenção de resíduos (SEPA, 2003).

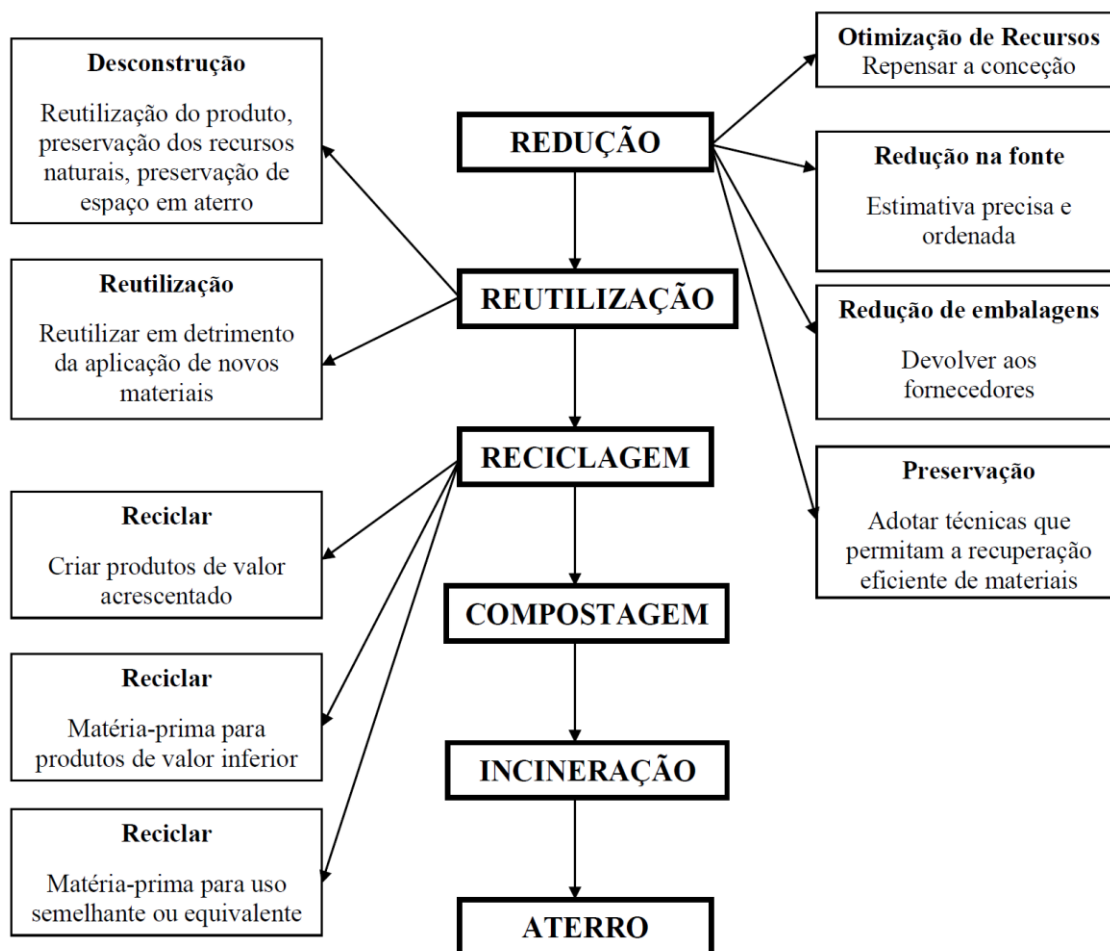


Figura 3.2 - Hierarquia de gestão de resíduos para operações de demolição e construção (Fonte: Kibert *et al.*, 2003)

A primeira prioridade da hierarquia de gestão de resíduos para operações de demolição e construção é a redução. É de extrema importância reduzir ao máximo, e desde o início os resíduos de construção e demolição. Esta redução pode ser conseguida com a aplicação de materiais mais duradouros e de um planeamento rigoroso da quantidade de materiais necessários. Para que se evite uma quantidade excessiva de materiais é imperativo que se verifiquem as medições para desta forma minimizar os desperdícios (Silva, 2010).

Para além disso, devem reenviar-se as embalagens para os fornecedores e recorrer à implementação de técnicas eficazes para recuperação de materiais (Silva, 2010).

Segundo “sustainable build” (2010) o melhor método para a gestão de resíduos produzidos em obra é a sua reutilização na mesma ou então em outra existente nas proximidades, evitando assim o recurso a novos materiais. Hurley *et al.* (2001) sugere que os materiais resultantes dos movimentos de terras podem ser utilizados para ajardinar e o entulho resultante da demolição pode ser transformado em agregados para utilização posterior em estradas. Para além disso, os resíduos de demolição que não possam ser usados na obra podem ser vendidos e ajudar a compensar os custos de projeto.

A reciclagem também representa uma das prioridades da hierarquia de gestão de resíduos de construção e demolição. Reciclar significa tratar, separar e limpar os materiais de modo a que estes possam ser utilizados como matéria-prima novamente (Projeto WAMBUCO – Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios, 2002). As vantagens dos materiais reciclados são óbvias e prendem-se com o facto de estes permitirem gerar outros produtos aquando do seu fim de vida (Torgal *et al.*, 2007). Para além disso, a reciclagem permite reduzir a quantidade de resíduos destinados a aterro, poupando desta forma energia, recursos naturais e aumentando o ciclo de vida dos materiais (Silva, 2010).

O quarto lugar do processo hierárquico de gestão de resíduos é ocupado pela compostagem. “A compostagem é um processo biológico aeróbico e controlado de transformação de resíduos orgânicos estabilizados, com prioridades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem” (Bidone *et al.*, 1999). Do processo de compostagem resulta um composto rico em nutrientes que pode ser utilizado como fertilizante ou corretivo de solos (Silva, 2010). As madeiras que resultam da demolição e não apresentam potencial para serem recicladas são um exemplo típico em que se aplica o processo de compostagem (Silva, 2010).

Como quinta prioridade do processo hierárquico de gestão de resíduos de construção e demolição surge a incineração. A incineração é um processo de destruição térmica de resíduos a altas temperaturas. Existem dois tipos distintos de incineração, com e sem aproveitamento elétrico. A incineração com aproveitamento elétrico permite através da queima de resíduos produzir energia elétrica e térmica, enquanto a incineração sem aproveitamento energético destina-se única e exclusivamente à eliminação de resíduos (Silva, 2010).

Por fim, na base da estrutura hierárquica de gestão de resíduos surge a deposição em aterro. Esta é a alternativa menos desejada, pois desta forma não há qualquer tipo de valorização de resíduos.

3.5. Minimização de resíduos

Define-se minimização de resíduos como qualquer técnica que evita, reduz ou elimina os resíduos na fonte (Keys *et al.*, 2000).

A minimização de resíduos proporciona inúmeros benefícios ambientais e económicos. Os benefícios ambientais incluem a menor dependência de recursos naturais, a redução dos níveis de poluição durante o processo de fabrico e transporte, a diminuição do consumo de energia e a redução das emissões de gases de efeito de estufa. A nível económico a minimização de resíduos permite reduzir os custos de eliminação e pode contribuir como uma poderosa ferramenta de marketing (Greenwood, 2003).

3.5.1. Na fase de projeto

Segundo Teo e Leomore, citado por Rajendran *et al.* (2012) o nível de desperdício na construção deve ser reduzido tanto por questões ambientais como económicas. No entanto a cultura da indústria da construção e a resistência à mudança são desafios significativos para uma minimização eficaz de resíduos (Osmandi *et al.*, 2007).

Os arquitetos desempenham um papel extremamente importante no que concerne à minimização de resíduos. Estima-se que 33% dos resíduos gerados em obra são resultado direto da falha dos arquitetos para implementar medidas eficazes para a redução de resíduos durante a fase de projeto e que as decisões de projeto iniciais são responsáveis por um terço de toda a produção de resíduos ao longo da vida de um projeto (Osmandi *et al.*, 2007 e Rajendran *et al.*, 2012).

Com o objetivo de fornecer informações sobre os princípios fundamentais que os arquitetos podem utilizar durante o projeto e como esses princípios podem ser aplicados em projetos para minimizar a produção de resíduos, *WRAP* criou um guia para a equipa de projeto

(WRAP, 2013). Este guia estabelece cinco princípios fundamentais que devem ser seguidos na fase de projeto para reduzir o desperdício:

- Projeto para reutilização e valorização;
- Projeto para otimização de materiais;
- Projeto para aquisição eficiente de resíduos;
- Projeto para construção fora do estaleiro;
- Projeto para a desconstrução e flexibilidade.

Na Tabela 3.2 apresenta-se um resumo das diferentes estratégias para a minimização de resíduos da construção na fase de projeto.

Tabela 3.2 - Estratégias de minimização de resíduos na fase de projeto

Local						Análise do local
Local virgem ou vazio	Edifício existente					
Reutilizar materiais	Demolição	Reutilizar a estrutura				
Reciclar materiais	Novo projeto de construção	Renovação	Extensão	Reabilitação		Atrasar resíduos de demolição, Otimização da vida do edifício
	Flexibilidade	Otimização da vida do projeto	Projeto para a reutilização e reciclagem			
	Coordenação dimensional e padronização	Design modular	Minimização de trabalhos temporários	Evitar tardias modificações no projeto	Projeto detalhado	Minimização de resíduos na fase de projeto
	Controle de material	Seleção de materiais	Utilização de materiais reaproveitados	Preferência de material		Seleção de materiais que minimizem o desperdício
	Utilizar no local tecnologias pouco poluentes		Utilizar materiais pré-moldados e pré-fabricados			Seleção do método de construção que minimize o desperdício

3.5.2. Na fase de construção

Para minimizar o desperdício durante a fase de construção é necessário (Level, 2010):

- Garantir que o projeto permite uma sequência lógica de construção;
- Garantir que as peças desenhadas são claras e precisas, para minimizar o retrabalho;
- Projetar para a utilização dos tamanhos modulares de materiais;
- Planear a canalização, drenagem e serviços elétricos para que estes tenham o menor comprimento possível;
- Evitar a utilização de uma grande variedade de materiais;
- Utilizar o material resultante das escavações para formar paisagem, sempre que possível;
- Garantir que o excesso de betão é utilizado no local para preenchimento.

3.5.3. Através de materiais que provocam menos desperdício

É possível minimizar a produção de resíduos através da utilização de materiais que provocam menos desperdício.

Level (2010) considera que os materiais que provocam menos desperdício são:

- Materiais recuperados, reciclados ou que apresentam um conteúdo reciclado significativo;
- Materiais pré-fabricados;
- Materiais que possam ser reutilizados ou reciclados após terminada a vida útil do edifício;
- Materiais duráveis e adequados aos requisitos de desempenho.

3.6. Barreiras e incentivos à minimização de resíduos

Com o objetivo de determinar quais as barreiras e os incentivos para a minimização de resíduos, Osmandi *et al.* (2007) recorreram a um inquérito por questionário que foi enviado para os 100 melhores escritórios de arquitetura do Reino Unido. Dos 100 inquéritos enviados

apenas 46 obtiveram resposta e desses 46 só 40 puderam ser utilizados, o que se traduz numa taxa de resposta de 40%.

Os resultados obtidos, após análise pormenorizada dos inquiridos, encontram-se resumidos na Tabela 3.3 e na Tabela 3.4.

Tabela 3.3 - Resposta dos inquiridos em relação às barreiras para a minimização de resíduos (Fonte: Osmandi *et al.*, 2007)

Barreiras	Respostas	
	Classificação	Ranking
Falta de interesse dos clientes	3.88	1
Desperdício aceite como inevitável	3.83	2
Responsabilidades individuais mal definidas	3.80	3
Falta de formação	3.70	4

Tabela 3.4 - Resposta dos inquiridos em relação aos incentivos para a minimização de resíduos (Fonte: Osmandi *et al.*, 2007)

Incentivos	Respostas	
	Classificação	Ranking
Legislação	4.55	1
Recompensas financeiras	4.55	1
Política de gestão de resíduos	3.93	2
Formação	3.90	3

Tal como se pode comprovar através da análise da Tabela 3.3 a classificação obtida para as barreiras à minimização de resíduos é bastante próxima, no entanto os arquitetos inquiridos consideram que a barreira mais significativa esta relacionada com a falta de interesse por parte dos clientes.

Por outro lado, no que concerne aos incentivos, os inquiridos estabeleceram uma hierarquia clara, como mostra a Tabela 3.4. Na sua opinião os principais incentivos que poderiam conduzir à redução de resíduos são a criação de legislação adequada e a atribuição de recompensas financeiras.

4. DEMOLIÇÃO SELETIVA: CONCEITOS E ESTADO DE ARTE

4.1. Definição e importância da demolição seletiva (desconstrução)

O conceito de desconstrução surgiu há quase 100 anos. Os métodos construtivos e a qualidade da construção das estruturas antigas permitiam a remoção de materiais com elevada taxa de reaproveitamento e reciclagem. No século XX muitos construtores aproveitavam-se deste facto e, antes de demolirem o edifício, seleccionavam os itens com maior valor, para venda ou para reutilização e descartavam os restantes para aterros. No entanto, este era um processo informal que foi mais comum em áreas rurais ou regiões com poucos recursos (Jacoby, 2001).

A palavra demolir sugere uma imagem de uma destruição total sem qualquer nível de aproveitamento de material. A desconstrução por seu lado sugere exatamente o contrário, isto é, caracteriza-se como sendo um conjunto de ações de desmantelamento cuidadoso de uma construção com o objetivo de permitir um alto nível de recuperação e de aproveitamento dos materiais, com a finalidade de reincorporá-los em novas construções, promovendo deste modo a sustentabilidade na construção (Júnior *et al.*, 2010).

Vários estudos apontam para o facto do conceito de desconstrução ter vindo a ganhar grande notoriedade nos últimos anos devido ao rápido crescimento das demolições e à evolução crescente das preocupações ambientais da sociedade (Couto *et al.*, 2007).

Considera-se que a desconstrução é uma solução extremamente interessante pois abre caminho para a valorização e reutilização dos materiais de construção e permite cumprir de uma forma eficaz a hierarquia de gestão de resíduos (Figura 3.2) aplicados à indústria da desconstrução (Couto *et al.*, 2006).

4.2. Benefícios associados à desconstrução/demolição seletiva

Ainda há pouco tempo os trabalhos de demolição eram caracterizados pela destruição e incineração de todos os materiais de construção ou pelo seu depósito em aterro. No entanto, hoje em dia já várias empresas de demolição recorrem à demolição seletiva, que assenta no pressuposto de maximizar a reutilização e reciclagem dos resíduos (Projeto WAMBUCO - Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios, 2002).

A notoriedade que a demolição seletiva tem vindo a ganhar nos últimos anos deve-se às vantagens que esta apresenta em relação à demolição tradicional.

Segundo Brito *et al.* (2001) as vantagens da demolição seletiva estão essencialmente relacionadas com o aumento da reciclagem que este processo permite:

- Possibilita um aumento da reciclagem dos resíduos e por conseguinte melhora a performance ambiental;
- Aumenta a qualidade dos resíduos, uma vez que após a reciclagem estes podem ser utilizados em atividades ou no fabrico de produtos de maior valor acrescentado;
- Diminui a quantidade de resíduos a depositar em aterro;
- Permite um aumento do número de postos de trabalho quer no processo de demolição quer no processo de reciclagem, o que se repercute na criação de uma nova indústria.

Tal como se pode perceber através da análise das vantagens referentes à demolição seletiva inumeradas por Brito *et al.* (2001) estas focam-se essencialmente em aspetos ambientais, existindo apenas um item que refere a criação de uma nova indústria.

No entanto, há autores que vão mais longe e referem que a demolição seletiva apresenta vantagens não só a nível ambiental, mas também a nível económico e social.

4.2.1. Benefícios ambientais da demolição seletiva

A maioria dos benefícios gerados pela desconstrução estão ligados à componente ambiental.

A desconstrução aumenta substancialmente a quantidade reciclada ou reutilizada de materiais provenientes da demolição. Com base na análise de diversos casos de estudo, conclui-se que

as taxas de recuperação de materiais para reutilização ou reciclagem varia entre os 50 e os 90% (Leroux *et al.*, 1999).

Como é óbvio, a reutilização e a reciclagem dos materiais produz benefícios ambientais. A indústria da construção é responsável pelo consumo de mais de um terço das matérias-primas do mundo. Para além disso, consome uma quantidade de energia inestimável e provoca altos níveis de poluição. A reutilização e a reciclagem de materiais de construção evitam esta poluição, visto que, provocam uma redução na extração de recursos naturais virgens (Leroux *et al.*, 1999).

Para além disso, a reutilização dos materiais de construção também conserva a energia incorporada nos materiais, deste modo não é desperdiçada mais energia para o fabrico e transporte de novos materiais. Reduzindo a extração de recursos naturais e mantendo a energia incorporada nos materiais, reduz-se a emissão de gases de efeito de estufa que é responsável pelo aquecimento global (Leroux *et al.*, 1999).

Outra das vantagens associada à reutilização e reciclagem está relacionada com a redução das necessidades de depósito em aterro e incineração.

Por fim, a desconstrução de um edifício incentiva uma melhor gestão de todos os materiais perigosos que o compõem, isto porque, quando um prédio é demolido, os materiais perigosos nele incorporados, tais como tintas de chumbo e amianto, são esmagados com os restantes materiais. Estes materiais tóxicos são desta forma irremediavelmente misturados com os outros materiais não tóxicos e ambos são enviados para aterro. Para além disso, estas toxinas podem expor os trabalhadores encarregues da demolição a riscos desnecessários. A desconstrução pela sua própria natureza, força a remoção adequada e o manuseamento de materiais perigosos antes de estes poderem contaminar os restantes (Leroux *et al.*, 1999).

Em suma, pode dizer-se que os benefícios ambientais se resumem essencialmente aos seguintes fatores:

- Redução do consumo de recursos naturais (Jacoby, 2001 e Hechler *et al.*, 2010);
- Conservação de energia, utilizando materiais recuperados em vez de materiais novos (Jacoby, 2001);
- Redução das emissões de gases de efeito de estufa (Jacoby, 2001);
- Promoção da reutilização e da reciclagem (Jacoby, 2001);

- Promoção da gestão de materiais perigosos (como amianto e tintas com chumbo) durante a remoção das estruturas (Jacoby, 2001);
- Redução da quantidade de resíduos depositados em aterro (Kibert *et al.*, 2000 e Hechler *et al.*, 2010).

A título de exemplo, apresenta-se de seguida um caso de estudo realizado por Kibert *et al.* (2000) que ilustra a preservação do espaço em aterro. O aterro de De Moines, Iowa, confrontado com a diminuição da sua capacidade, decidiu aproveitar um incentivo fornecido pelo estado e começar a dedicar-se à reciclagem e desta forma, prolongar o período de vida do aterro. No ano 2000, o aterro dedica cinco dos seus vinte e três hectares à reciclagem e no ano anterior a central reciclou 43% das 87,038 toneladas que recebeu.

4.2.2. Benefícios económicos da demolição seletiva

A nível económico as vantagens que a demolição seletiva pode oferecer são:

- Geração de receita através da venda de matérias recuperados (Jacoby, 2001 e Hechler *et al.*, 2010);
- Diminuição dos custos de investimento com equipamentos de demolição pesada uma vez que na demolição seletiva recorre-se sobretudo a equipamentos manuais (Jacoby, 2001);
- Diminuição dos custos associados à deposição em aterro (Jacoby, 2001).

Para ilustrar os benefícios económicos da desconstrução apresenta-se um estudo de caso realizado em Minneapolis, Minnesota, EUA. Este estudo refere-se a uma empresa, o “*Green institut of Minneapolis*”, que se lançou nos serviços de desconstrução em 1997 para melhorar a quantidade e qualidade do inventário do centro de reutilização. Hoje em dia esta empresa de desconstrução já é constituída por quatro equipas treinadas para recuperar materiais reutilizáveis provenientes de edifícios para demolição. Cerca de 60% dos materiais recuperados são vendidos no próprio local da desconstrução e os restantes no armazém que possuem. No futuro, esta empresa pretende atingir mais de \$800,000 em vendas de produtos recuperados (Kibert *et al.*, 2000). Este caso de estudo ilustra perfeitamente o potencial associado à venda de materiais recuperados.

4.2.3. Benefícios sociais da demolição seletiva

A nível social os principais benefícios da demolição seletiva são:

- Promover o crescimento de um novo mercado. Os materiais removidos através da desconstrução são recuperados com maior cuidado logo tem maior valor que os materiais provenientes da demolição (Couto *et al.*, 2007);
- Criação de postos de trabalho. A desconstrução é um processo trabalhoso e como tal envolve uma significativa quantidade de trabalhos, tais como, a remoção de materiais que podem ser reaproveitados, desmontar os edifícios e preparar, classificar e transportar os materiais salvos (Couto *et al.*, 2007);
- Fornecer emprego a trabalhadores menos classificados e a jovens de risco. Os conhecimentos básicos necessários à execução da desconstrução podem ser facilmente aprendidos através de programas de treino que forneçam conhecimento sobre técnicas básicas de carpintaria, recuperação, construção e materiais (Kibert *et al.*, 2000).

O caso de estudo apresentado refere-se às habitações sociais de Hartford. Desde de 1993, “*Department of Housing and Urban Development’s (HUD)*” dispôs 500 milhões de dólares no programa *HOPE VI*. Este programa destinava-se à demolição, construção ou reabilitação de habitações sociais, assim como ao seu planeamento e assistência técnica. Um dos objetivos do *HOPE VI* passa por promover a empregabilidade junto dos habitantes dos edifícios sociais e adicionalmente a criação de empresas e o desenvolvimento de negócios para os residentes das habitações sociais.

Ao reconhecer que a desconstrução proporciona às comunidades uma oportunidade única para aliar a remoção de estruturas à criação de emprego a *HHA (Hartford Housing Authority)* foi a primeira autoridade de habitação no país a implementar um programa de desconstrução como parte integrante do programa *HOPE VI*. Em 1998 a *HUD* concordou em permitir que os fundos do *HOPE VI* fossem utilizados em projetos de desconstrução. Constatou-se que se a desconstrução fosse implementada em conjunto com a demolição das habitações públicas e privadas as comunidades poderiam obter grandes benefícios económicos, sociais e ambientais para os residentes dos edifícios sociais. Assim sendo, concluiu-se que as cidades podem olhar para a desconstrução como uma maneira de solucionar os problemas associados aos edifícios abandonados e ao mesmo tempo criar empregos. Assente nesta ideia, a cidade de Hartford disponibilizou fundos de estado para a desconstrução de 350 edifícios abandonados como

parte de um programa de desenvolvimento de empresas de desconstrução que treinam os trabalhadores para um trabalho qualificado (Kibert *et al.*, 2000).

4.3. Constrangimentos/ obstáculos ao sucesso da demolição seletiva

Existe uma grande quantidade de fatores que atualmente dificultam que a desconstrução se torne uma ferramenta mais consistente para a redução de resíduos e conservação de recursos (Jacoby, 2001).

O simples facto de se tentar implementar um processo de demolição diferente do tradicional cria na população barreiras formidáveis de resistência à mudança. No caso da desconstrução os argumentos mais frequentemente usados para desencorajar a sua utilização são o aumento no tempo e nos custos. Embora estes argumentos sejam legítimos é sempre possível encontrar formas de os mitigar (Leroux *et al.*, 1999).

Segundo Jacoby (2001) os fatores que atualmente dificultam a desconstrução prendem-se especialmente com a falta de apoio por parte do governo que não promove a desconstrução como alternativa à demolição tradicional. Para além disso, refere as restrições de tempo e os baixos custos praticados para depósito em aterro. As restrições de tempo podem levar a que a opção de recorrer à desconstrução seja imediatamente descartada, isto porque muitas vezes quando o dono de obra contrata o responsável pelos trabalhos de demolição pretende que estes sejam executados em poucos dias. Logo esta escassez de tempo não permite que a desconstrução ocorra, uma vez que este processo requer muito mais tempo que a demolição tradicional (Kibert *et al.*, 2000).

Kibert *et al.* (2000) também aponta como barreira à implementação da desconstrução o facto de não se poder contar com um fornecimento constante e consistente de materiais uma vez que estes variam muito de construção para construção. Assim, a quantidade e qualidade de matéria-prima obtida da desconstrução dos edifícios é incerta, o que pode resultar num forte desincentivo para aqueles que estão dispostos a utilizar estes materiais.

De uma forma geral, as principais barreiras apontadas à desconstrução encontram-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Principais barreiras apontadas à implementação da desconstrução

Barreiras à desconstrução
Percepção e educação:
Atitude dos projetistas, dos construtores e da população em geral de que “novo é melhor” ou “novo é mais fácil” (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Falta de recursos para a educação em desconstrução (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Falta de investigação sobre a desconstrução (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Falta de informação e ferramentas para implementar a desconstrução (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Design para a desconstrução:
A maioria dos edifícios existentes não foram projetados para serem desconstruídos (Jacoby, 2001, Hurley <i>et al.</i> , 2005 e Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Juntas entre componentes são muitas vezes feitas para serem escondidas, e portanto inacessíveis e permanentes (Hurley <i>et al.</i> , 2005)
A falta de informação/educação para projetar para a desconstrução (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Falta de compreensão dos benefícios e oportunidades associadas à desconstrução (Hurley <i>et al.</i> , 2005)
A falta de compreensão e utilização de ferramentas e conceitos de análise do ciclo de vida (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Desenvolvimento do mercado:
Elevados custos de transporte e armazenamento de materiais reciclados (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Dificuldade na garantia de qualidade e quantidade de materiais reciclados (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Económicas:
Baixo custo de novas matérias-primas (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Taxas de deposição em aterro reduzidas (em muitos países) (Jacoby, 2001 e Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Necessidade de mão-de-obra mais especializada (Em comparação com a demolição tradicional) (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Pressão do mercado - o atual clima de “o mais rápido possível” (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Questões técnicas:
Falta de documentação dos edifícios existentes que não permite planejar a desconstrução (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Aumento do uso de tecnologia não-reversível, ligações químicas e vedantes de plástico, etc (Hurley <i>et al.</i> , 2005)
Existência de produtos compostos que podem provocar contaminação se não forem devidamente desconstruídos ou manipulados (Hurley <i>et al.</i> , 2005)
Subsídios atribuídos a novos materiais criam uma concorrência desleal para com os materiais reutilizados (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Áreas sísmicas podem dificultar o projeto para a desconstrução (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Novos sistemas de construção tornam a desconstrução mais difícil e menos compensadora financeiramente (Hechler <i>et al.</i> , 2010)
Obstáculos legais:
Considerar o risco e assumir responsabilidades quando se utilizam componentes em “segunda mão”. Considerar fatores de segurança e certificação (Hurley <i>et al.</i> , 2005)

Com o objetivo de determinar quais as barreiras que os empreiteiros portugueses apontam à desconstrução, Canedo (2011), recorreu a inquéritos que foram enviados a 60 empreiteiros e cujo tratamento revelou quais as barreiras que estes consideram mais relevantes. As conclusões retiradas da análise pormenorizada dos inquéritos encontram-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 - Barreiras apontadas à implementação da desconstrução. Fonte: (Canedo, 2011)

Tipo de barreiras	Barreiras mais relevantes
Perceção e educação	Desconhecimento das possibilidades de utilização
Económicas e de mercado	A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada do que a demolição tradicional
	Pressões de mercado - o clima corrente de “o mais rápido possível”
	Falta de incentivos para a utilização de materiais usados
Técnicas	Falta de informação específica
Legais e governamentais	Falta de incentivos para a utilização de materiais usados
Conceber pensando na desconstrução	Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução

De uma forma geral, as desvantagens da desconstrução estão relacionadas com o facto de este método de demolição ser mais moroso que o tradicional. Assim sendo Brito *et al.* (2001) resume as desvantagens da demolição seletiva em:

- “Maior morosidade na execução da fase de demolição;
- Utilização de métodos com incorporação de mão-de-obra intensa;
- Necessidade de usar instalações de reciclagem, fixas ou móveis;
- Necessidade de equipamento especializado, pouco utilizado em obra;
- Necessidade de operários especializados;
- Requer mais espaço disponível;
- Só permite a utilização de métodos de grande capacidade após a separação dos materiais.”

4.4. Incentivos/oportunidades para a desconstrução

Tal como já foi referido anteriormente existe uma relutância em adotar a desconstrução como processo de demolição, o que não é de todo compreensível, uma vez que esta pode trazer benefícios económicos, sociais e ambientais em relação aos métodos de demolição tradicional.

No entanto, para que a desconstrução possa vir a torna-se uma prática comum é necessário que os governos incentivem a sua prática. Estes incentivos podem surgir sob a forma de nova legislação, contratos para projetos de desconstrução ou até mesmo através de apoio financeiro, concedendo subsídios para projetos piloto (Jacoby, 2001).

Em 1999, Snyder, sugeriu as seguintes medidas políticas para promover a desconstrução (Jacoby, 2001):

- Fornecer apoio aos centros de recuperação de materiais para permitir que a desconstrução se torne uma alternativa à demolição e à deposição de resíduos em aterros;
- Acelerar as autorizações para os projetos de desconstrução;
- Subsidiar os espaços de armazém destinados à recolha dos materiais salvos/recuperados;
- Promover sessões de divulgação da importância da desconstrução e dos programas de gestão de resíduos sólidos com os empreiteiros;
- Publicar guias para remoção e reaproveitamento de materiais e distribuir pelos construtores;
- Criar incentivos para a desconstrução, reciclagem, e para o uso de materiais recuperados ou reciclados em novas construções;
- Desenvolver programas para treinar cidadãos, focados especialmente na desconstrução e no planeamento das suas atividades. Subsidiar os custos dos programas de treino aos participantes.

Também Leroux *et al.* (1999) propuseram um conjunto de políticas e práticas cujo objetivo era o de promover a desconstrução. Os objetivos e/ou práticas propostas foram as seguintes:

- Aprovar decretos que exijam que a desconstrução seja considerada em conjunto ou como substituição da demolição;
- Realizar inventários e avaliar quais os prédios abandonados que apresentam maiores potencialidades para a remoção e deste modo identificar bons candidatos para projetos de desconstrução. Com esta informação realizar uma base de dados que esteja disponível ao público;
- Exigir projetos de reabilitação para analisar os componentes da estrutura e avaliar o seu potencial de reutilização;
- Exigir a remoção completa de materiais perigosos e a sua separação em projetos de demolição e desconstrução;
- A aprovação de cotas para a demolição deve ter em conta a maximização do material recolhido, ou seja, quanto maior a quantidade de material recolhido menor o preço a pagar pela autorização de demolição;
- Ao analisar os pedidos de licenças de demolição não permitir que “declarações negativas” substituam os pareceres dos estudos de impacto ambiental provocado pela demolição e como estes poderiam ser mitigados com a desconstrução;
- Se possível separar as permissões, contratos e financiamentos da obra na fase de design para aumentar/libertar tempo para a desconstrução;
- Reconhecer publicamente os benefícios ligados aos trabalhos de desconstrução e estar disposto a pagar por eles;
- Apoiar a utilização e a venda de materiais recolhidos/recuperados através da desconstrução;
- Ajudar os prestadores de serviços de desconstrução com a resolução de questões relacionadas com o uso de tintas de chumbo e utilização de amianto;
- Desenvolver uma rede de prestadores de serviços de desconstrução e de apoiantes desta prática, para que possam trabalhar juntos e superar as barreiras locais da desconstrução;
- Usar planos e estratégias governamentais que incluam a recolha de materiais, o seu reaproveitamento e reutilização ou então premiar as empresas que fazem a recolha de materiais em grandes quantidades;
- Exigir um teor mínimo de materiais recuperados em construções locais públicas e em projetos de renovação;

- Treinar e licenciar empresas de desconstrução para realizar operações com materiais perigosos ou desenvolver empresas especializadas nesta função.

Para além das medidas enunciadas é imperativo que se criem programas educacionais para mudar a mentalidade das pessoas e para assegurar que o desenvolvimento futuro da atividade de demolição será realizado de uma forma mais responsável conservando recursos naturais valiosos e impedindo o seu esgotamento (Jacoby, 2001).

O público-alvo destes programas inclui todos os que de alguma forma estejam ligados à atividade de demolição, desde empreiteiros a responsáveis pelo gerenciamento de resíduos sólidos. O objetivo dos mesmos é fornecer recursos que ajudem as pessoas a fazer escolhas mais inteligentes, ou escolhas que exijam menos do ambiente e protejam a longo prazo os recursos naturais (Jacoby, 2001).

Outra medida a adotar é o aumento das taxas de depósito em aterro. Estas taxas devem sofrer um forte aumento de forma a fornecer um incentivo aos empreiteiros de demolição para afastar os resíduos dos aterros. Com taxas de deposição em aterro baixas é mais fácil para os empreiteiros depositar os materiais em aterro em vez de os reutilizar ou reciclar (Jacoby, 2001).

4.5. A importância do planeamento na desconstrução

É essencial realizar um estudo e planeamento prévio para garantir a eficiência da demolição seletiva, e este deve ser realizado da forma mais detalhada possível (Brito *et al.*, 2001). Com este planeamento pretende-se reduzir ao máximo a duração dos trabalhos, diminuir os custos, melhorar as condições de trabalho e assegurar a necessária qualidade dos materiais recuperados (Schultmann, 2000). Para além disso, aspira-se aumentar a quantidade de materiais recuperados, reduzindo desta forma o desperdício (Branz, 2010). O plano de desconstrução deve ser preparado em conjunto pelo dono de obra, o projetista, a fiscalização e o empreiteiro (Brito *et al.*, 2001).

Segundo Branz (2010) e Brito *et al.* (2001) o planeamento para a desconstrução inclui:

- Efetuar uma avaliação do edifício para determinar se este será um bom candidato para a desconstrução. Esta avaliação inclui uma análise custo-benefício;

- Realizar um inventário de materiais e identificar os que são recicláveis ou reutilizáveis. Se possível consultar vendas anteriores de material reciclável recuperado e determinar quais os lucros associados a essas vendas;
- Definir prioridades em função dos volumes previsíveis dos materiais a reciclar;
- Escolher a sequência de desmantelamento;
- Elaborar um cronograma para a desconstrução;
- Estimar qual o tempo necessário para se realizar a desconstrução. A quantidade e o estado dos materiais recuperados depende do tempo disponível para fazer o trabalho e da metodologia de sequenciamento adotada. De modo a maximizar as taxas de recuperação e evitar a contaminação de materiais que posteriormente os impeça de serem reutilizados é importante utilizar plantas e desenhos de trabalho para determinar como o edifício se deve desconstruir, prever o tempo necessário para cada tarefa de desconstrução e explicar aos clientes que devido ao planeamento cuidadoso que a desconstrução exige é necessário mais tempo;
- Identificar os locais ou espaços onde vão ser separados, desmantelados e reciclados os materiais e respetivos resíduos gerados;
- Escolher os materiais que vão ser separados;
- Apostar na formação dos trabalhadores antes de se iniciarem os trabalhos para maximizar o volume e a quantidade de materiais;
- Manter informados, esclarecidos e motivados todos os empregados no que concerne às necessidades do processo de reciclagem;
- Detalhes de manuseio de materiais e procedimentos de remoção, particularmente quando existem restrições de espaço.

Antes de se proceder à realização do plano de desconstrução convém verificar se este já não foi preparado pelo arquiteto ou engenheiro contendo a lista dos materiais constituintes do edifício bem como as melhores opções para reabilitação, reutilização e reciclagem e instruções sobre as técnicas a utilizar na desconstrução (Branz, 2010).

Outro dos aspetos determinantes para a eficiência da desconstrução prende-se com a formação dos trabalhadores. Este fator é determinante para a obtenção de uma quantidade elevada de componentes da construção uma vez que os trabalhadores compreendem o processo de transformação de materiais de demolição em produtos de valor. Assim sendo tomam mais

cuidado na sua remoção o que permite recuperar o máximo material possível e evitar a contaminação por parte de materiais perigosos existentes (Branz, 2010).

Em jeito de conclusão apresenta-se na Tabela 4.3 as questões mais importantes no processo de planeamento da demolição e da desconstrução.

Tabela 4.3 - Questões de planeamento para a demolição e a desconstrução
(Fonte: Storey *et al.*, 2005)

	Demolição	Desconstrução
Local	Armazenamento de materiais reciclados	Necessário aumentar a capacidade do local de armazenamento
	Acesso (incômodo/ segurança/ maquinaria)	Eventual aumento de volume e poeira durante longos períodos pode irritar os vizinhos
	Proximidade entre o local da construção e os centros de reciclagem	Grandes distâncias afetam a viabilidade económica da desconstrução
Tempo	Duração do trabalho	Necessário mais tempo para a desconstrução
	Restrições de projeto	Desconstrução é improvável a não ser que exista legislação que a exija
Dinheiro	Competências especializadas	Desmontagem cuidadosa das construções em geral, exige níveis mais elevados do que a demolição
	Equipamento especializado	Requer menos ferramentas pesadas, no entanto pode ser necessário utilizar algumas ferramentas especializadas
Ambiente	Eliminação de resíduos	Redução da quantidade de eliminados
	Impacto do ciclo de vida	Reutilização de materiais através da desconstrução permite estender o ciclo de vida dos componentes da construção
	Triagem no local	Aumento dos materiais recuperados exige um processo de triagem mais eficiente. Este é economicamente mais viável se for realizado no local
	Sequência de operação	Importante para assegurar a máxima recuperação de recursos
Informação	Disponibilidade de desenhos precisos	É vital dispor de informação precisa para maximizar a recuperação de materiais e garantir a segurança operacional. Pode ser necessário mais trabalho de pesquisa.
	Substâncias perigosas	A identificação precisa e o planeamento de substâncias perigosas é extremamente importante
	Estatuto de património	A desconstrução pode ser a única forma aceitável de lidar com os edifícios identificados como património. Por exemplo através da deslocalização.
	Identificação dos materiais	Identificação de materiais permite perceber claramente quais as oportunidades de reciclagem

Marketing	Identificação de oportunidades de mercado para bens reutilizáveis	Apenas um problema com a desconstrução
	Transporte	Em muitos casos, os tipos de materiais e as distâncias de transporte para os mercados influenciam a viabilidade da desconstrução
Construção	Avaliação estrutural	Projeto para terramoto muitas vezes requer estruturas monolíticas que são mais difíceis de desconstruir
	Método de construção utilizado	Métodos que recorrem a ligações químicas são difíceis de desconstruir
	Idade do edifício	Edifícios mais antigos, muitas vezes contêm materiais duráveis e valiosos e são mais fáceis de desconstruir
	Camadas da construção separadas	Camadas de construção separadas tornam a desconstrução e as modificações ao longo da vida do edifício mais fáceis.
Segurança e precauções gerais	Segurança pública (tráfego intenso/ detritos/ queda/ barulho)	Devido ao aumento do tempo, a exposição a estes perigos é prolongada com a desconstrução
	Segurança dos trabalhadores	Necessidade de mais trabalhadores e mais trabalho manual pode resultar num aumento de risco. Treino e planeamento cuidadoso são necessários para mitigar riscos
	Impacto ambiental	Impacto ambiental é menor com a desconstrução
	Remoção segura e manuseio de materiais perigosos	Igualmente importante
Gestão	Complexidade	Processo de gestão e planeamento do projeto é muito mais complexo e, geralmente, exige maiores níveis de gestão durante longos períodos de tempo

Com o objetivo de otimizar a desconstrução “*The French-German Institute for Environmental Research*” desenvolveu uma metodologia para ajudar na gestão e planeamento da desconstrução e na reciclagem dos materiais. A fim de facilitar a tarefa descrita é utilizado um sistema de computador sofisticado para auxiliar o planeamento da desmontagem e a reciclagem dos materiais. A estrutura deste sistema é ilustrada na Figura 4.1 (Schultmann, 2000).

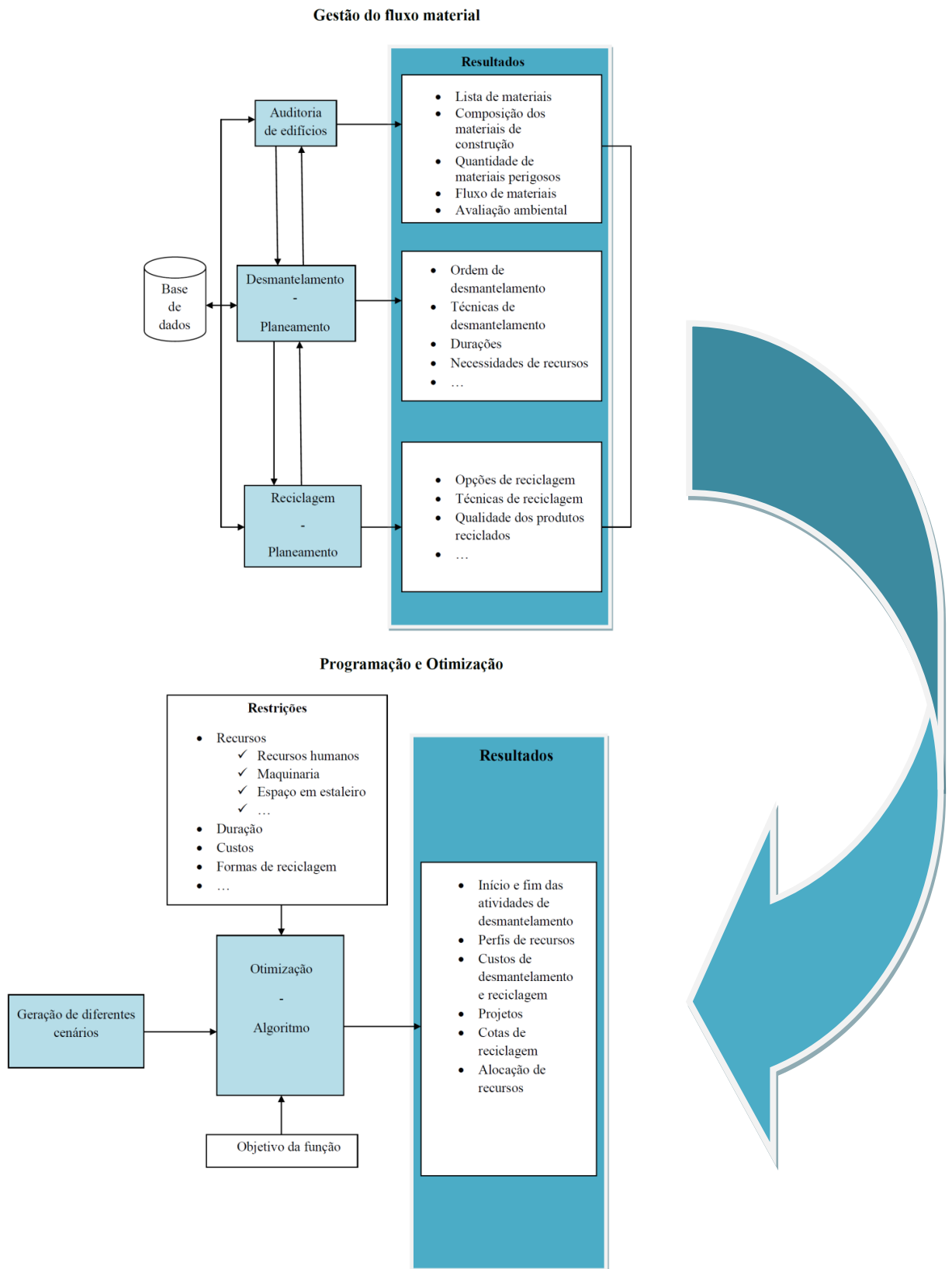


Figura 4.1 - Estrutura do sistema de planeamento da desconstrução (Fonte: Schultmann, 2000)

4.6. Custos da demolição tradicional VS demolição seletiva

A indústria de construção é composta principalmente por pequenas e médias empresas de construção que operam sob uma margem de lucro apertada, geralmente em torno dos 5%. As empresas de construção e demolição não estão dispostas a comprometer esta pequena margem de lucro através da implementação de práticas de desconstrução e de programas de reutilização, pois sentem que o risco financeiro a que se submetem não é compensado pelos benefícios ambientais obtidos com a implementação da desconstrução (Kibert, 2000).

O processo de desconstrução necessita de um maior número de trabalhadores e implica ações de desmantelamento mais complexas que as exigidas num processo de demolição tradicional (Júnior *et al.*, 2010). Para além disso, os trabalhos de desconstrução demoram mais tempo e consequentemente tornam-se mais onerosos que os da demolição tradicional (Lourenço, 2007). No entanto convém referir que os custos efetivos da demolição não dependem apenas da técnica de demolição escolhida mas também de outros fatores como os encargos com o transporte, a deposição dos resíduos de demolição e os benefícios obtidos com a sua valorização (Lassandro, 2003 citado por Lourenço, 2007).

Segundo Baldasso (2005) “atualmente a decisão de desconstruir edifícios está diretamente ligada ao retorno esperado do investimento aliado à preservação do meio ambiente e principalmente à segurança do trabalhador envolvido na desconstrução”.

Para a desconstrução ser um sucesso económico e ambiental, é necessário desenvolver mercados finais para garantir que os materiais de construção são reutilizados ou reciclados (Jacoby, 2001). É necessário criar um mercado disposto a comprar os materiais recuperados para que desta forma se compensem os custos adicionais de mão-de-obra que a demolição seletiva implica.

Para avaliar como as diferentes técnicas de demolição (demolição seletiva e demolição tradicional) influenciam o tempo de execução e os custos “*The French-German Institute for Environmental Research*” lançou vários projetos piloto na Alemanha e em França.

O primeiro projeto de desconstrução realizado na Alemanha que foi devidamente documentado foi um hotel localizado em Dobel (Figura 4.2). O edifício foi completamente “desmontado” e foram reciclados mais de 94% dos materiais recuperados.



Figura 4.2 - Desconstrução do hotel em Dobel (Fonte: Schultmann, 2000)

Para além deste projeto também se procedeu à desconstrução de uns edifícios de habitação (moradias) localizados em Mulhouse. Estes edifícios foram divididos em duas partes. Uma delas foi demolida pelo processo tradicional e outra foi cuidadosamente desconstruída (Figura 4.3).

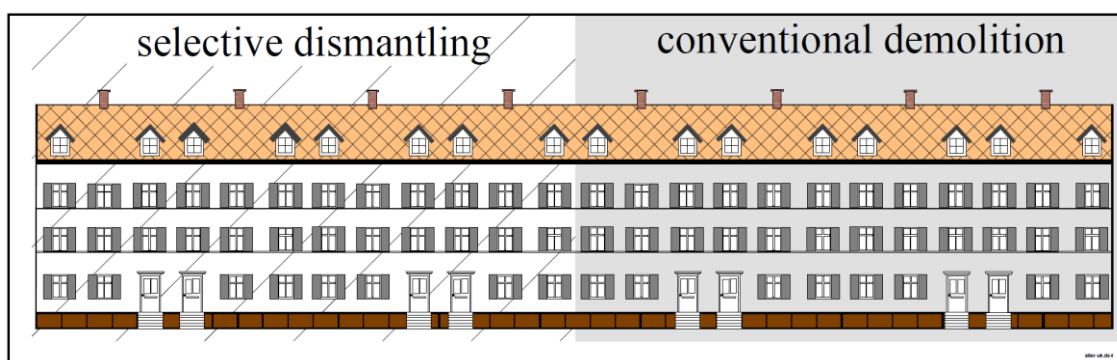


Figura 4.3 - Edifícios demolidos e desconstruídos em Mulhouse (Fonte: Schultmann, 2000)

Durante a execução destes projetos foram detalhadamente documentadas as informações referentes à composição dos edifícios desconstruídos, à duração das atividades de desconstrução e de demolição, aos custos associados à desconstrução e às opções de reciclagem que foram recolhidas e analisadas (Schultmann, 2000).

Na Figura 4.4 são apresentados os resultados obtidos para os custos da demolição seletiva e da demolição tradicional dos dois projetos anteriormente referidos e também de mais dois projetos, um que corresponde a um edifício escolar e outro a um edifício industrial.

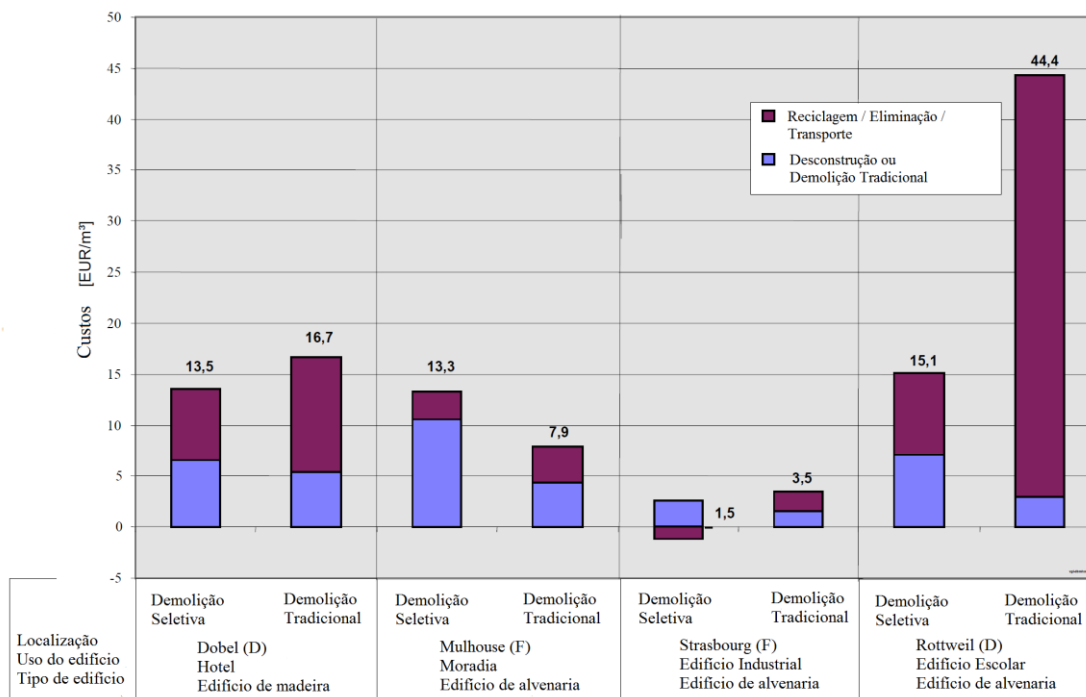


Figura 4.4 - Comparação dos custos da demolição seletiva e da demolição tradicional (Fonte: adaptado de Schultmann, 2000)

Como se pode concluir da análise da Figura 4.4 a demolição seletiva pode representar uma solução viável a nível económico, dependendo no entanto esta viabilidade do tipo de edifício, das opções de reciclagem disponíveis e dos preços cobrados pelos materiais recuperados. Os custos obtidos para a demolição seletiva foram em vários casos mais baixos do que os obtidos para a demolição tradicional, o que se deve aos diferentes tipos de construções, diferentes taxas de remoção e diferentes distâncias de transporte, e aos custos de desconstrução e reciclagem que podem sofrer grandes variações.

Brito *et al.* (2001) considera que nos casos mais complicados em que é necessário recorrer à utilização de mão-de-obra intensiva os custos da demolição seletiva podem superar em 50% os custos da demolição tradicional, no entanto caso se realize um planeamento eficaz consegue-se recuperar uma grande quantidade de materiais de boa qualidade para reciclagem, cujo valor de venda consegue em muitos casos pagar as despesas com todos os sobrecustos provenientes da fase de demolição.

Mais tarde um outro estudo foi realizado por Lourenço (2007), este baseia-se numa análise comparativa dos custos e dos benefícios da demolição seletiva em relação à demolição tradicional.

Inicialmente, neste estudo, determinou-se o custo médio da demolição seletiva com base numa amostra de dez orçamentos de demolição de edifícios de habitação e serviços fornecidos pela empresa Ambisider. Os valores obtidos para o custo unitário médio da demolição e respetivos custos parciais estão presentes na Tabela 4.4 e na Figura 4.5 apresenta-se a distribuição média dos pesos de cada custo parcial no custo total da demolição (Lourenço, 2007).

Tabela 4.4 - Custo unitário médio da demolição seletiva e respetivos custos parciais (Fonte: Lourenço, 2007)

Custos unitários médios (€/m ³ betão)				
Demolição	Estaleiro	Mão-de-obra direta	Mão-de-obra indireta	Equipamento
38	2	11	9	16

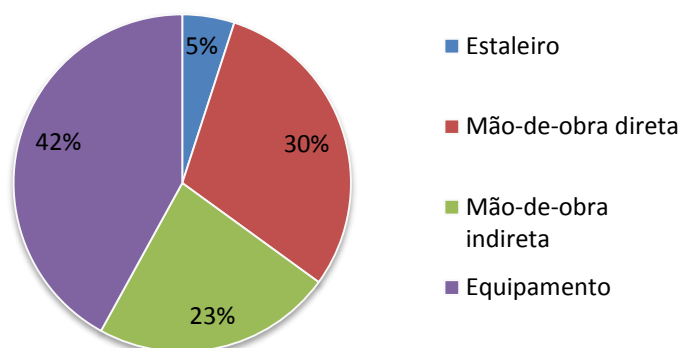


Figura 4.5 - Composição do custo unitário médio da demolição (Fonte: Lourenço, 2007)

Tal como se depreende da análise da Figura 4.5 os encargos com a mão-de-obra direta assumem uma grande parte dos custos totais da demolição (30%) o que já era de esperar uma vez que a DS implica um trabalho minucioso de desmontagem e como tal envolve grandes quantidades de mão-de-obra.

De seguida determinou-se o custo de encaminhamento de resíduos, procedendo da mesma forma do que para o cálculo dos custos de demolição, ou seja, realizou-se o tratamento dos dados obtidos através dos orçamentos disponibilizados pela Ambisider. Os custos de

encaminhamento de resíduos são constituídos pelo custo de transporte e pelo custo de deposição de resíduos (Lourenço, 2007). Os valores obtidos para os custos médios de encaminhamento de resíduos e respetivos custos parciais estão representados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Custos unitários médios de encaminhamento de resíduos
(Fonte: Lourenço, 2007)

Custos unitários médios (€/m³ betão)		
Encaminhamento de resíduos	Transporte	Deposição
34	19	15

Somando os custos unitários médios de demolição e de encaminhamento de resíduos, obtém-se o custo industrial unitário médio da demolição seletiva, custo este que não inclui os custos administrativos nem a margem de lucro (Lourenço, 2007). Assim sendo, os valores obtidos encontram-se na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Custo industrial unitário médio (Fonte: Lourenço, 2007)

Custos unitários médios (€/m³ betão)		
Industrial	Demolição	Encaminhamento
72	38	34

No entanto, para que não sejam apenas tidos em conta os valores praticados pela Ambisider foram contactadas mais algumas empresas para se obter um custo médio de mercado mais ajustado à realidade. Estes valores e respetiva média são apresentados na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Custo de demolição e custo industrial de demolição unitários médios
(Fonte: Lourenço, 2007)

Empresa	Custos unitários (€/m³ betão)	
	Demolição	Industrial
Ambisider	38	72
Demolidora Penafidense		111
Fozterra	35	
Lusocorte	73	95
Média	48	93

Uma vez calculado um novo custo industrial de demolição unitário é necessário calcular um novo custo unitário médio de demolição e de encaminhamento de resíduos, estes valores são apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8 - Custo unitário médio de demolição, transporte e deposição
(Fonte: Lourenço, 2007)

		Custos unitários médios (€/m³ betão)	
Demolição		48	
Encaminhamento de resíduos	Transporte	24	44
	Deposição	20	

No caso da demolição tradicional não foi possível obter o mesmo tipo de dados, embora fossem contactadas varias empresas apenas a Lusocorte forneceu informação concreta sobre o custo da demolição na DT, que segundo esta empresa é de cerca de 50€/m³ betão. No entanto é necessário mais do que um valor para se determinar um custo médio de demolição e um custo industrial médio, sobretudo porque o valor fornecido para o custo de demolição foi superior à média desse custo para a DS. Assim sendo, foi necessário recorrer a dois casos de estudo já realizados, o primeiro caso de estudo foi realizado em Bari, Itália onde se demoliram três edifícios de betão armado em fase de construção e o outro caso de estudo já anteriormente referido é o realizado em Mulhouse, França (Figura 4.3). Através destes estudos é possível determinar valores para DT através da sua relação com a DS (Lourenço, 2007).

Os resultados finais obtidos para os custos médios unitários para a DT e respetiva relação com os valores equivalentes da DS encontram-se na Tabela 4.9.

Tabela 4.9 - Custos unitários médios para a DT e respetiva relação com os valores equivalentes da DS (Fonte: Lourenço, 2007)

	Custos unitários médios (€/m³betão)	DT/DS
Custo industrial da demolição	60	0,651
Custo de demolição	25	0,518
Custo de encaminhamento de resíduos	35	0,793

Perante a análise da Tabela 4.9 percebe-se que não existe competitividade entre a DS e a DT, no entanto a viabilidade económica da DS em relação à DT poderá ser conseguida mais rapidamente através da variação dos custos de encaminhamento do que através da variação dos custos de demolição (Lourenço, 2007).

Após realizada uma análise de sensibilidade aos resultados anteriormente obtidos e considerando também a hipótese de os escombros serem depositados em lugares não regulamentares, para a qual se assumiu uma taxa de deposição de RCD não separados de 5€ por tonelada (valor apontado como taxa típica praticada para locais não licenciados a receber este tipo de resíduos, quando a sua receção não é gratuita), obteve-se o gráfico representado na Figura 4.6.

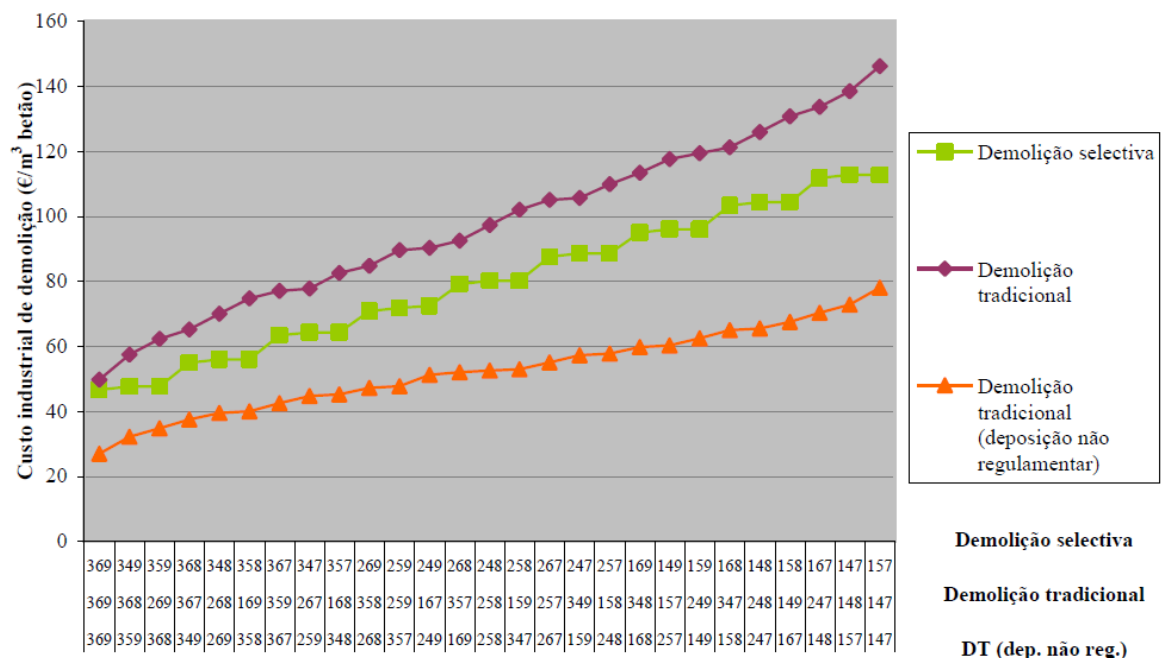


Figura 4.6 - Valores obtidos através da análise de sensibilidade para o custo industrial de demolição para a DS e para a DT (Fonte: Lourenço, 2007)

Através da análise do gráfico da Figura 4.6 conclui-se que a demolição selectiva apenas se torna uma solução viável em termos económicos quando os escombros são depositados em lugares regulamentares, nesse caso os valores obtidos para a demolição selectiva são inferiores aos obtidos para a demolição tradicional, uma vez que os locais de deposição regulamentares cobram taxas bastante elevadas. Caso contrário, caso os escombros sejam depositados em lugares não regulamentares, cujas taxas de deposição apresentam um valor reduzido, os custos da demolição tradicional apresentam valores bastante inferiores aos da demolição selectiva.

Esta é de facto a principal dificuldade de concorrência com os empreiteiros que praticam a demolição tradicional, e que na maior parte das vezes depositam os escombros que produzem em locais não licenciados para receberem RCD, tais como aterros não licenciados onde os escombros são utilizados como material de enchimento e a taxa de deposição é gratuita ao apresenta um valor simbólico (Lourenço, 2007).

Em 2010, Coelho *et al.*, realizaram também um estudo comparativo entre os custos da demolição seletiva e da demolição tradicional. Este caso de estudo diz respeito a um projeto de regeneração urbana realizado nos arredores de Lisboa chamado Cacém Polis (Fase 2).

Este projeto consiste na demolição de várias casas citadinas construídas entre 1900 e 1945, cuja qualidade varia entre média/baixa, e a sua demolição corresponderá a uma área bruta total de 13.430m² (cerca de 100m² por casa). A desconstrução/demolição será realizada por uma empresa especializada já muito familiarizada com estas operações. Tendo em vista a otimização dos custos, o método de demolição escolhido foi uma mistura da DS com a DT, ou seja, numa fase inicial realizam-se decapagens suaves para a recuperação de elementos amovíveis, tais como, revestimento de pavimentos, gesso proveniente dos tetos, superfícies de madeira, janelas, portas, móveis, acessórios de casa de banho e escadas de madeira e posteriormente recorre-se à demolição tradicional através da qual ainda são recuperados alguns materiais valiosos como tijolos, telhas, e alguns elementos embutidos como canalizações de cerâmica e chumbo e fios elétricos de plástico e cobre. Os restantes materiais compostos por pedra, cerâmica e por pequenos blocos de betão são encaminhados para aterros específicos onde são triturados. Todos os materiais recuperados foram separados e enviados para operadores de reciclagem (Coelho *et al.*, 2010).

No que concerne à duração das atividades de desconstrução, e tal com já tem vindo a ser referido, a duração é bastante superior à estimada para a DT. Neste caso estima-se que os trabalhos de desconstrução de uma casa de 100m² demorem cerca de 6,5 dias, enquanto que, a DT da mesma área construída demoraria apenas 1 dia (Coelho *et al.*, 2010).

Para estimar os custos associados tanto à DT como à DS consideraram-se vários operadores de resíduos, que se distinguem uns dos outros apenas no que se refere à distância ao local da demolição e as taxas de deposição de resíduos cobradas, tal como se mostra na Tabela 4.10.

Tabela 4.10 - Distancias e taxas cobradas pelos diferentes operadores de resíduos
(Fonte: Coelho *et al.*, 2010).

Operador de resíduos	Distância ao local (Cacém Polis) (Km)	Taxas cobradas pelos diferentes materiais (€/ton)	
		Agregados “limpos”	Agregados misturados
1	2	6	20
2	61	15	59
3	64	5,5	20,5
4	21,5	12,5	30
5	30	0	75
6	219		
7	30		
8	253		
9	8		

Os custos totais com o equipamento para as operações de DS e DT encontram-se representados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 - Custos totais com o equipamento para a demolição seletiva e para a demolição tradicional (Fonte: Coelho *et al.*, 2010)

Equipamento	Desconstrução		Demolição Tradicional	
	Horas de trabalho	Custos (€)	Horas de trabalho	Custos (€)
Escavadora	9	585	5	325
Carregador	15	450		
Britador móvel	3,3	64,8	3,3	64,8
Total	27,3	1100	8,3	390

Através da análise da Tabela 4.11 percebe-se claramente que os custos de equipamento para a realização da DS são muito superiores aos da DT isto porque para além das atividades da DS serem mais demoradas (27,3 horas de trabalho) também requerem um carregador o que não acontece na DT.

Para além de se determinarem os custos com os equipamentos também foram calculados os custos totais referentes à DS e à DT tendo em consideração os diferentes operadores de resíduos, cujos resultados estão representados na Figura 4.7.

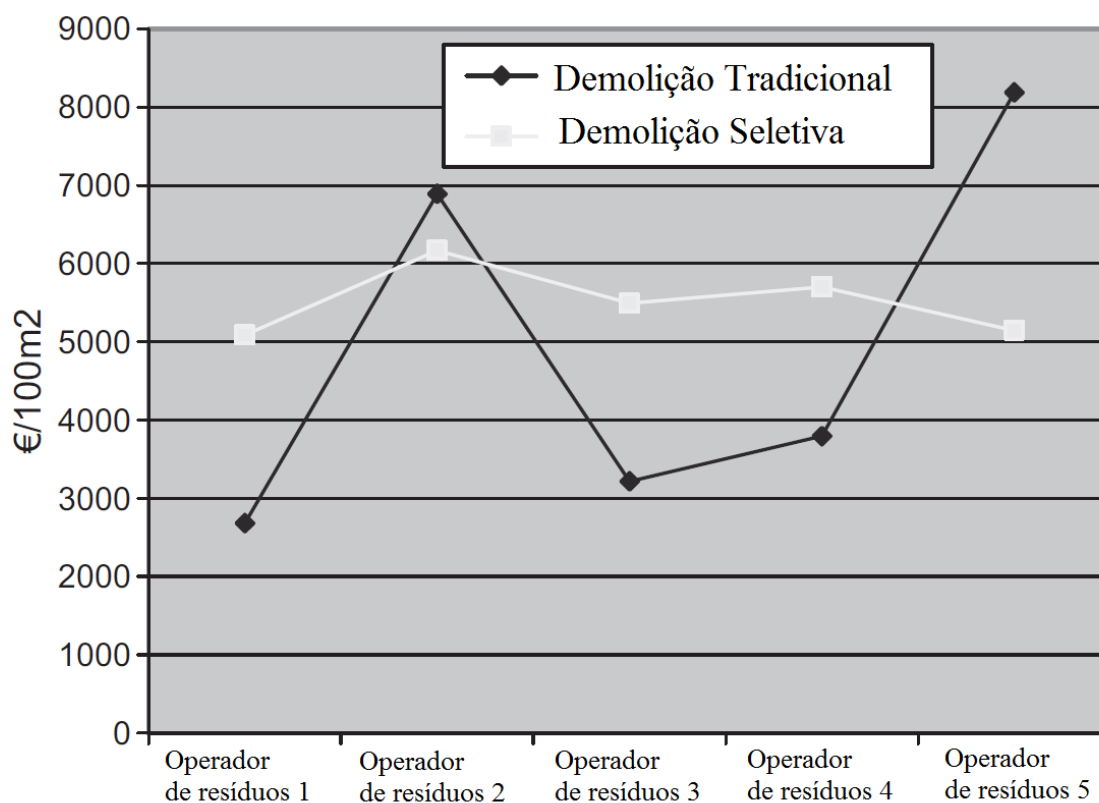


Figura 4.7 - Custo global para diferentes cenários/operadores de resíduos
(Fonte: adaptado de Coelho *et al.*, 2010)

Através dos custos globais apresentados na Figura 4.7 é possível determinar os custos médios para a demolição tradicional e a demolição seletiva que são de 4955€ e 5519€, respetivamente. Embora o custo médio global favoreça a demolição tradicional é evidente que em alguns casos a demolição seletiva apresenta um menor custo e não é por acaso que esses casos coincidem com os operadores de resíduos que cobram maiores taxas para os materiais mistos (Operador de resíduos 2 e 5). Para além disso é perceptível que a demolição tradicional é mais sensível ao local de deposição final (operador de resíduos) do que a demolição seletiva, isto deve-se principalmente ao facto de o impacto global da eliminação ter um peso muito maior na demolição tradicional (76%) do que na demolição seletiva (28%).

Por outro lado, os custos com o trabalho da DS são quase 6 vezes superiores aos da DT, o que é uma consequência direta do tempo extra necessário para realizar os trabalhos e o menor uso de equipamentos mecânicos em comparação com a DT (Coelho *et al.*, 2010).

Para ser mais perceptível o peso do custo de cada categoria (instalação de estaleiro, trabalho, equipamento, transporte e eliminação) no custo total da demolição tradicional apresenta-se a Figura 4.8 e na da demolição seletiva apresenta-se a Figura 4.9.

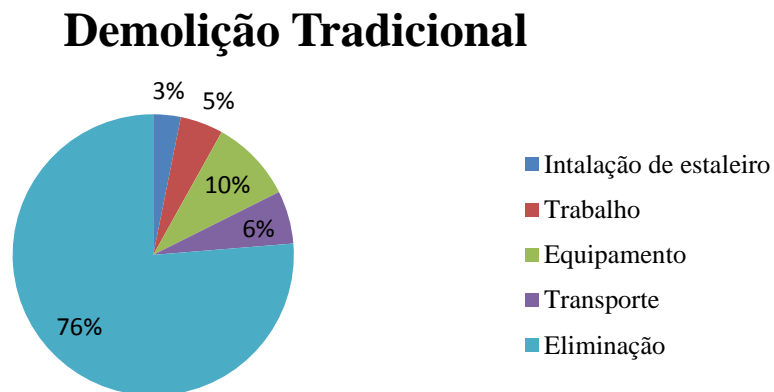


Figura 4.8 - Impacto médio do custo de cada categoria no custo total da demolição tradicional (Fonte: Coelho *et al.*, 2010)

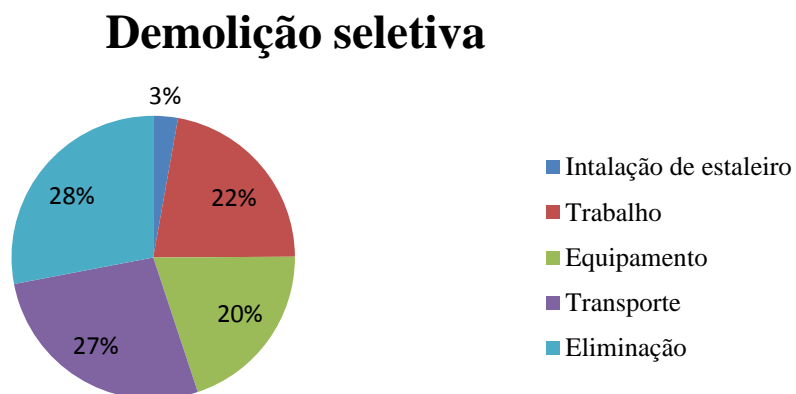


Figura 4.9 - Impacto médio do custo de cada categoria no custo total da demolição tradicional (Fonte: Coelho *et al.*, 2010)

Para além da análise de sensibilidade realizada para os custos também foi realizada uma análise de sensibilidade para as taxas de deposição em aterro, com o objetivo de encontrar a taxa de deposição mínima que torna a demolição seletiva menos onerosa que a demolição tradicional (Coelho *et al.*, 2010).

O cálculo foi realizado considerando o transporte a cinco operadores de resíduos (já anteriormente referidos) introduzindo agora o transporte para aterro (sem capacidade de

reciclagem) cuja distância considerada foi a mesma para todos os operadores de resíduos. Todos os outros custos de transporte e atividade foram mantidos (Coelho *et al.*, 2010).

Os valores das taxas de deposição em aterro para os quais a DS é mais económica que a DT, para os diferentes operadores considerados, encontram-se na Tabela 4.12.

Tabela 4.12 - Taxas de deposição em aterro para os quais a DS é mais económica que a DT (Fonte: Coelho *et al.*, 2010)

Operador de resíduos para reciclagem	Valor da taxa de deposição em aterro a partir do qual a DS se torna mais económica que a DT (€)
1	38
2	48
3	41
4	50
5	42

No entanto os cálculos que conduziram a estes valores apenas foram apresentados para o operador de resíduos 1. Através dos mesmos construiu-se o gráfico da Figura 4.10.

Neste gráfico a interceção das linhas representa o valor a partir do qual a DS se torna mais económica que a DT. Neste caso o valor é de 38€/ton, tal como se pode confirmar através da Tabela 4.12.

Ao analisar a Tabela 4.12 percebe-se que os valores mínimos das taxas de deposição em aterro para que a DS se torne económica variam entre os 38€/ton e os 50€/ton, o que supera em cerca de 90% e 150% o valor pago pelos empreiteiros para realizar o depósito em aterro na zona de Lisboa (20€/ton). Contudo este custo extra é considerado viável, visto que cada vez existe menos espaço em aterro e a legislação se tem tornado mais exigente (Coelho *et al.*, 2010).

Através deste estudo conclui-se que embora em termos médios a DT se apresente como uma solução economicamente mais viável que DS esta situação pode ser facilmente invertida através do aumento dos custos de deposição em aterro para materiais misturados. Denota-se que os custos associados à DT são muito dependentes das taxas de deposição em aterro cobradas enquanto que na DS os custos distribuem-se de uma forma mais uniforme entre trabalho, equipamentos, custos de transporte e eliminação final.

Tendo em consideração a análise de sensibilidade para as taxas de deposição em aterro conclui-se que estas devem aumentar de 90% até 150% para que a DS se torne economicamente viável (Coelho *et al.*, 2010).

Para além disso, é notório que os custos totais com a desconstrução são bastante mais elevados do que na DT (neste caso cerca de 6 vezes mais) e que o tempo necessário para completar os trabalhos é muito superior, no entanto, estes dois parâmetros podem baixar substancialmente recorrendo a um planeamento otimizado e à mecanização das atividades de desconstrução (Coelho *et al.*, 2010).

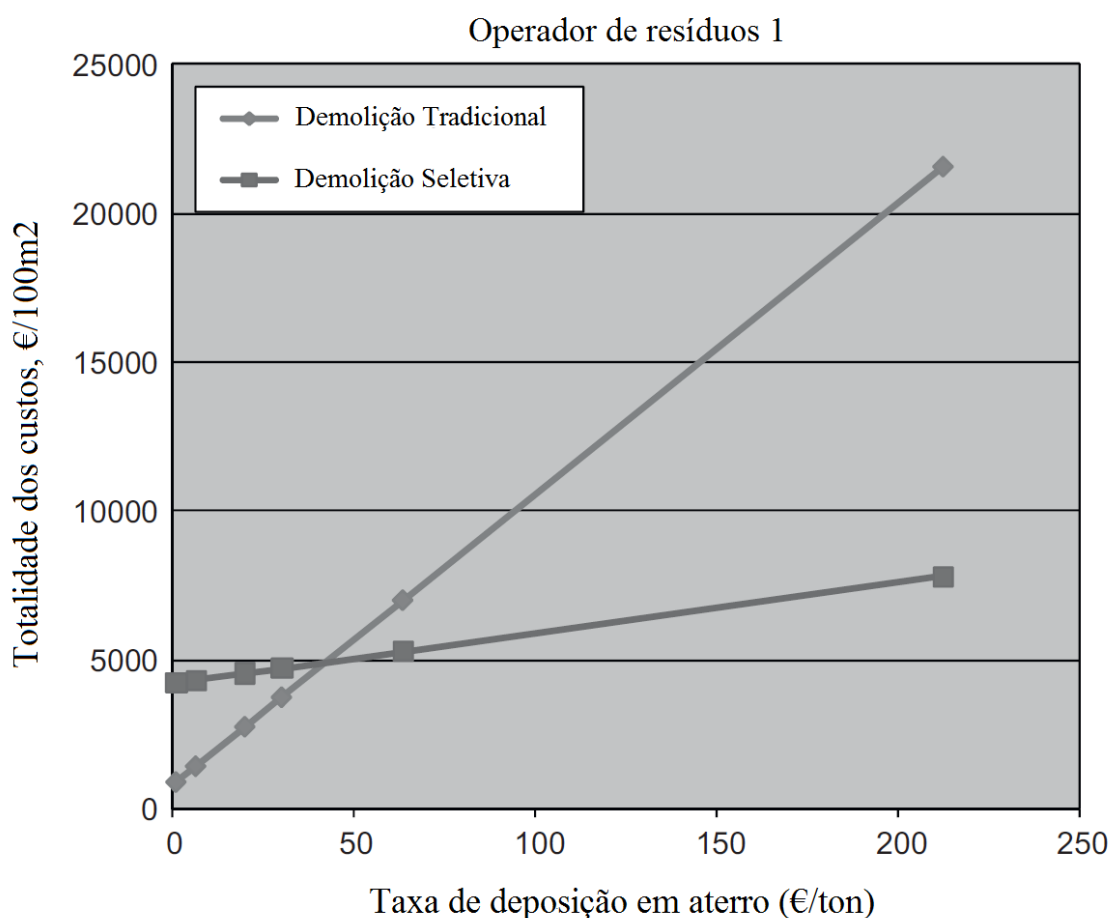


Figura 4.10 - Variação dos custos globais com a variação das taxas de deposição em aterro (Fonte: adaptado de Coelho *et al.*, 2010)

5. PROJETAR PARA A DESCONSTRUÇÃO

5.1. Conceito e importância

A indústria da construção e demolição é responsável por grandes impactos ambientais. A utilização de matérias-primas virgens para construção consome enormes quantidades de material e energia e o descarte contínuo de resíduos esgota os aterros e enterra potenciais recursos em vez de extrair o seu valor para usos produtivos. Estas práticas geram quantidades insustentáveis de desperdício e aumentam as emissões de gases de efeito de estufa, que resultam essencialmente da perda de florestas como sumidouros de carbono, da queima de combustíveis fósseis na extração de produto virgem e da produção e libertação de metano (gás com efeito de estufa 21 vezes mais poderoso que o dióxido de carbono) (Guy *et al.*, 2003).

A desconstrução surge como uma opção inovadora que permite dismantelar estruturas de forma segura e responsável, maximizando a reutilização e reciclagem de materiais de construção (Guy *et al.*, 2003). Uma das principais barreiras para a desconstrução surge do facto dos edifícios não serem projetados para a facilitar (Crowther, 2000).

A forma de atualmente projetar e construir edifícios é perdulária e irresponsável. A maioria dos edifícios é projetada com uma expectativa de vida de apenas algumas décadas e sem ter em consideração o que vai acontecer depois da sua vida útil (Crowther, 2002).

Projetar um edifício para a desconstrução não é mais do que considerar a durabilidade ou reciclabilidade dos seus componentes e a capacidade que estes apresentam para serem separados durante a desconstrução e posteriormente reciclados ou reutilizados (Branz, 2010). Este é um conceito emergente cujo principal objetivo é reduzir o uso de energia, recursos e a produção de resíduos na construção civil (Thormark, 2007). Para além disso, o projeto para a desconstrução torna a desmontagem mais rápida e eficiente, permite recuperar componentes da construção com menos danos e torna o processo de desmontagem mais seguro para os trabalhadores (Chini *et al.*, 2005). A implementação deste conceito na indústria da construção

permitirá melhorar a recuperação de componentes e conseqüentemente aumentar as taxas de reutilização e reciclagem (Crowther, 2000). Assim sendo, pode afirmar-se que projetar para a desconstrução é uma medida importante para alcançar a sustentabilidade na construção (Thormark, 2007).

5.2. Benefícios

O conceito de projetar para a desconstrução apresenta inúmeros benefícios, tanto a nível ambiental como económico e social.

Beneficia o ambiente simplificando as operações de modificação e desmontagem. Permite remover e segregar facilmente os materiais quando o edifício atinge o seu tempo de vida útil, tornando-os mais suscetíveis para reutilização e reciclagem (Webster *et al.*, 2005). Para além disso, aumenta o potencial de redução de resíduos e reduz as emissões de dióxido de carbono associadas à produção de novos materiais (Eco MOD3, 2010). Uma vez que aumenta a reciclagem e reutilização, reduz a procura por recursos naturais e minimiza a poluição (Eco MOD3, 2010). Todos estes aspetos contribuem para “fechar o ciclo” (Figura 5.1), relativo aos resíduos de construção transformando resíduos em recursos (Eco MOD3, 2010).

Ciclo típico da construção:

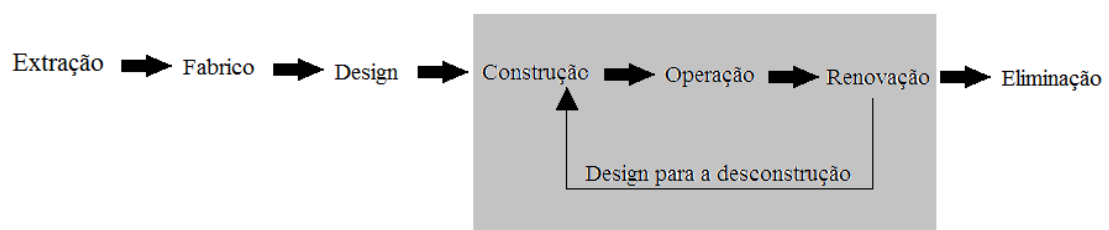


Figura 5.1 - Ciclo típico da construção (Fonte: Eco MOD3, 2010)

A nível económico destaca-se a redução com os custos associados à deposição em aterro, uma vez que a maior parte dos materiais são reutilizados ou reciclados. O projeto para a desconstrução permite ainda aumentar a adaptação do edifício facilitando o acesso a todos os elementos que possam necessitar de substituição ao longo da sua vida útil evitando assim renovações onerosas (Eco MOD3, 2010).

Por fim, a nível social, denota-se uma tendência clara em todo o mundo de demolir os edifícios antes de estes atingirem o seu tempo de vida útil, o que apoia a visão de que é necessário realizar mais esforços para desenvolver edifícios flexíveis e desmontáveis (Thormark, 2007).

5.3. Desafios

Para além dos benefícios já referidos, o projeto para a desconstrução também apresenta alguns inconvenientes.

Em primeiro lugar destaca-se o tempo adicional necessário para realizar a desconstrução e a incerteza quanto ao seu custo. Outros desafios que o projeto para a desconstrução enfrenta estão relacionados com a natureza física dos materiais e as suas conexões. Se as conexões não forem cuidadosamente projetadas para facilitar a desmontagem podem causar danos que tornam os materiais inúteis (Eco MOD3, 2010).

Questões relacionadas com o transporte, armazenamento e a localização desempenham também um papel importante no projeto de desconstrução. Embora a reutilização seja o objetivo primordial do projeto para a desconstrução, o transporte de materiais e o seu armazenamento pode aumentar os custos e também adicionar energia incorporada ao projeto, em vez de reduzi-la. Com o objetivo de evitar estes problemas os materiais recuperados devem ser utilizados, preferencialmente, no local ou num local próximo.

5.4. Hierarquia

Embora alguns materiais não possam ser facilmente reutilizáveis, podem muitas vezes ser reciclados de forma rentável. Considerando esta perspetiva é possível abordar o design para a desconstrução como “design hierárquico” (Guy *et al.*, 2002), incluído, tal como se ilustra na Figura 5.2:

1. Projeto para a recolocação de todo o edifício (Guy *et al.*, 2002);
2. Projeto para reutilização de componentes (Guy *et al.*, 2002);
3. Projeto para reprocessamento de todos os materiais (Guy *et al.*, 2002);

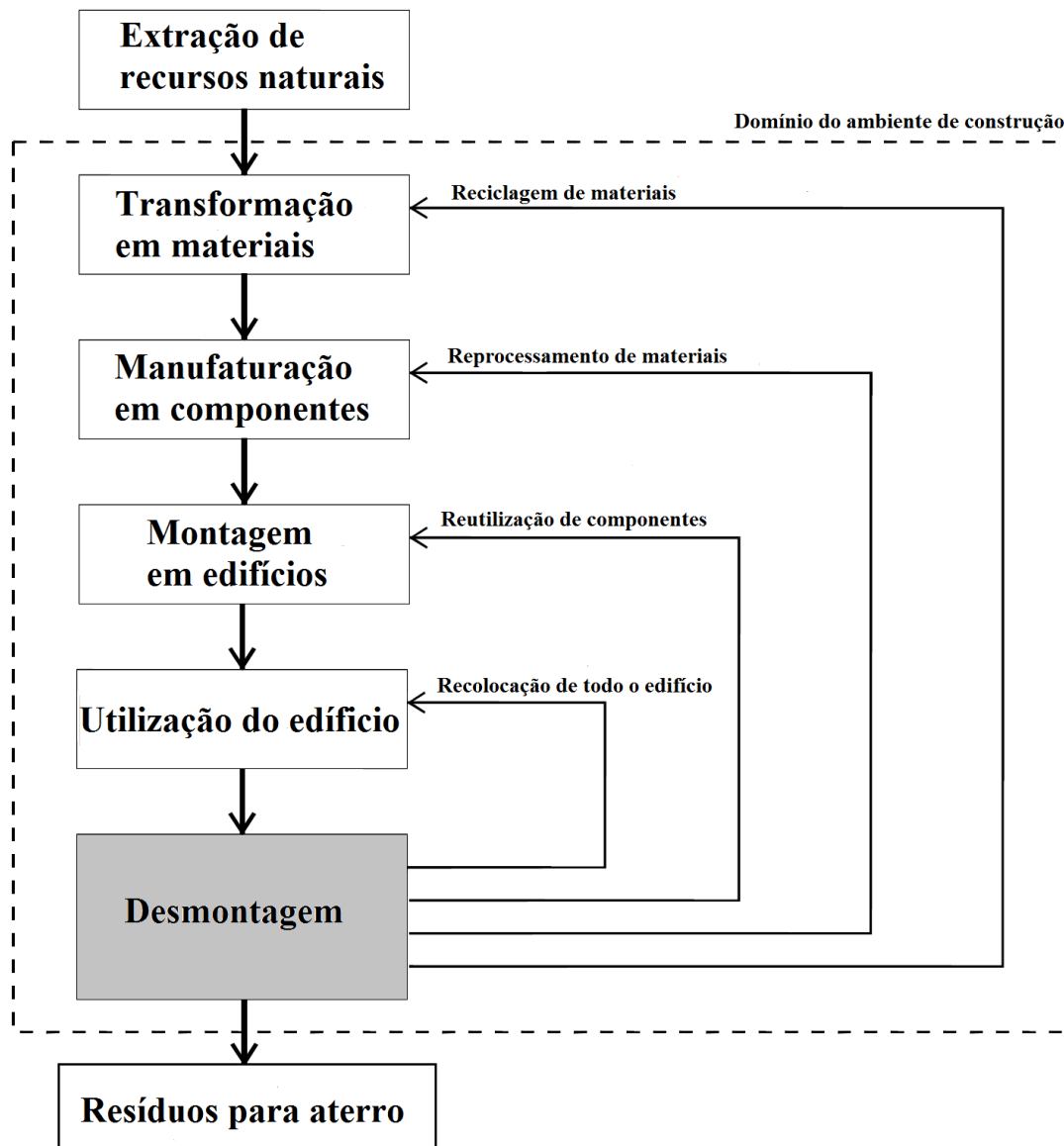
4. Projeto para a reciclagem de materiais (Guy *et al.*, 2002).

Figura 5.2 - Design hierárquico (Fonte: Crowther, 2000)

5.4.1. Estratégias para adaptabilidade ou realocização

Para facilitar a adaptabilidade e a realocização devem seguir-se as seguintes estratégias:

- Utilizar um número mínimo de diferentes componentes. Esta medida minimiza o número de diferentes operações de desmontagem que precisam de ser conhecidas,

aprendidas ou lembradas e também se traduz numa maior padronização no que concerne ao processo de remontagem (Crowther, 2005);

- Preferir materiais e componentes leves. Deste modo, o manuseio de componentes será mais fácil, rápido e menos dispendioso (Crowther, 2005);
- Identificar os pontos de desmontagem. Estes devem ser claramente identificados e não podem ser confundidos com outras características do projeto (Crowther, 2005);
- Sustentar todas as informações sobre o processo de fabrico e montagem. Devem ser tomadas medidas para garantir a preservação de informações acerca do processo construtivo, o processo de desmontagem, materiais e vida útil dos componentes e expectativas de manutenção (Crowther, 2005);
- Dividir o edifício por camadas. Cada camada desempenha uma função diferente e têm diferentes expectativas de vida útil. Assim sendo, os elementos que se espera que tenham de ser substituídos mais rapidamente encontram-se mais perto da superfície, o que os torna mais acessíveis e capazes de serem removidos sem grandes perturbações ou danos indevidos (Morgan *et al.*, 2005);
- Fornecer peças de reposição e providenciar um local para as armazenar. Estas peças são úteis para substituir componentes danificados e facilitar pequenas operações no edifício (Crowther, 2001).

5.4.2. Estratégias para maximizar a reutilização

Um dos maiores obstáculos para a reutilização dos materiais de construção está relacionado com o facto de os edifícios não serem projetados para facilitar o resgate dos seus componentes, o que torna o processo de desmontagem demorado e exige trabalho intensivo (Guy, 2000).

Para que este obstáculo deixe de existir é necessário adotar as seguintes estratégias:

- Utilizar um sistema de construção aberto “*open space*”. Assim será possível realizar alterações na compartimentação do edifício através da recolocação de componentes sem necessidade de executar trabalho de construção significativo (Couto *et al.*, 2006 e Crowther 2005);

- Usar tecnologias de montagem compatíveis com práticas de edifícios *standard*, isto porque tecnologias especializadas tornam a desmontagem difícil de executar e podem necessitar de trabalho e equipamento especializado, o que torna a reutilização menos atrativa (Couto *et al.*, 2006 e Crowther, 2005);
- Permitir o acesso a todas as partes do edifício e a todos os componentes. O acesso fácil favorecerá a desmontagem. Se possível permitir que a recuperação de componentes no interior do edifício seja feita sem recurso a equipamento especializado (Couto *et al.*, 2006 e Crowther, 2005);
- Separar a estrutura do revestimento, das paredes exteriores e dos serviços para permitir a desmontagem paralela. Assim algumas partes do edifício podem ser removidas sem afetar outras (Couto *et al.*, 2006 e Crowther, 2005);
- Usar componentes que facilitam as operações de manuseamento. Permitir o manuseamento em todas as fases do processo de desmontagem, transporte, reprocessamento e remontagem (Couto *et al.*, 2006 e Crowther, 2005);
- Providenciar um meio de manipular componentes durante o processo de desmontagem. O manuseio de componentes durante a desmontagem pode necessitar de pontos de conexão para equipamentos de levantamento ou dispositivos de suporte temporário (Couto *et al.*, 2006 e Crowther, 2005);
- Fornecer tolerâncias realistas para permitir realizar todos os movimentos necessários durante a desmontagem. Há que ter em consideração que o processo de desmontagem pode necessitar de maiores tolerâncias que o processo de fabrico ou montagem (Crowther, 2005);
- Utilizar um número mínimo de diferentes tipos de conetores. Esta medida para além de necessitar de menos tipos de ferramentas e equipamentos permitirá uma desmontagem rápida (Crowther, 2000);
- Definir uma hierarquia de desmontagem relacionada com tempo de vida espectável para os diferentes componentes. Facilitar o acesso e a desmontagem de componentes com esperança de vida mais curta. Os componentes mais duráveis podem estar menos acessíveis e menos fáceis de desmontar (Crowther, 2000);
- Fornecer uma identificação permanente do tipo de componentes. Podem utilizar-se informações eletronicamente legíveis, como códigos de barras, para facilitar a difusão

de bancos de depósito e comercialização de componentes existentes em vários locais (Couto *et al.*, 2006 e Crowther, 2005).

5.4.3. Estratégias para reprocessamento

Relativamente ao reprocessamento as estratégias a seguir são:

- Minimizar o número de diferentes tipos de componentes. Esta medida simplificará o processo de triagem e tornará o reprocessamento mais atrativo, devido à maior quantidade de materiais iguais ou semelhantes (Crowther, 2001);
- Usar conexões mecânicas em vez de conexões químicas. As conexões mecânicas permitem a separação fácil de materiais e componentes e reduzem a contaminação de materiais e os danos nos componentes (Crowther, 2001);
- Utilizar conexões químicas mais fracas que as partes que se pretende conectar, por exemplo, a argamassa deve ser significativamente mais fraca que os tijolos (Crowther, 2001);
- Utilizar um número mínimo de peças de desgaste. Esta medida irá reduzir o número de peças que têm de ser removidas durante o processo de acondicionamento e deste modo, tornar mais eficiente o reprocessamento (Crowther, 2001).

5.4.4. Estratégias para maximizar a reciclagem

Para maximizar e facilitar a reciclagem dos componentes de um edifício aquando do seu fim de vida é necessário:

- Usar materiais reciclados. O aumento do uso de materiais reciclados irá estimular a indústria e o governo a investigar novas tecnologias de reciclagem e irá ajudar a criar uma maior rede de apoio para futura reciclagem e reutilização (Crowther, 2005, Branz, 2010 e Level, 2013);
- Minimizar o número de diferentes tipos de materiais. Esta medida irá facilitar o processo de triagem no local e reduzir o transporte (Crowther, 2005);

- Evitar materiais tóxicos e perigosos. Deste modo reduz-se o potencial de contaminação de materiais destinados a reciclagem e o risco para a saúde humana durante a desmontagem (Crowther, 2005);
- Minimizar o uso de materiais compostos, tais como, materiais de revestimento e laminados, que são em geral mais difíceis de reciclar (Branz, 2010 e Level, 2013);
- Conceber subconjuntos inseparáveis do mesmo material. Permitirá realizar a desmontagem em separado de materiais com diferentes potencialidades de aproveitamento. Para além disso impede que grandes quantidades de materiais possam ser contaminadas por pequenas quantidades de um material que não pode ser separado (Crowther, 2005, Couto *et al.*, 2006 e Hetcher *et al.*, 2010);
- Usar métodos de juntas reversíveis. Por exemplo, ligações aparafusadas em vez de juntas soldadas a aço (Branz, 2010 e Level, 2013);
- Fornecer identificação permanente de tipos de materiais. Muitos materiais, tais como o plástico, não são identificados com facilidade por isso devem ter alguma marca de identificação de “não removível” e “não contaminante” para permitir uma futura triagem de materiais (Crowther, 2005);
- Minimizar o número de diferentes tipos de componentes para simplificar a classificação, reduzir os diferentes procedimentos de desmontagem e tornar a reutilização e reciclagem mais atraentes devido à existência de um maior número de componentes do mesmo tipo (Crowther, 2002).

5.5. Construtibilidade

Define-se construtibilidade como “a melhor utilização do conhecimento e da experiência em construção no planeamento, projeto, compras e operações de campo para atingir os objetivos gerais do projeto” (Pocock *et al.*, 2006). Este conceito está também relacionado com a utilização eficiente de recursos e o aumento da facilidade e segurança da construção, não descorando em momento algum as necessidades exigidas pelo cliente (Lam *et al.*, 2005).

Russel *et al.* (1992) demonstraram que um programa de construtibilidade implementado desde o início do projeto poderia gerar uma economia de 10,2% no tempo de projeto e de 7,2% na poupança de custos (Pulaski *et al.*, 2003).

5.6. Princípios de design comuns para a construtibilidade e a desconstrução

Crowther (2001) refere que se o processo de desconstrução é considerado como o oposto do processo de construção, então, em princípio, se um edifício é mais fácil de construir também será mais fácil de desconstruir.

O conceito de projetar edifícios para a facilidade de construção tem sido alvo de grande pesquisa e resultou num conjunto de diretrizes que também podem ajudar no processo de desconstrução (Crowther, 2001), tais como:

- Utilizar materiais pré-fabricados e construção modular. Unidades pré-fabricadas como paredes de betão e painéis de piso são benéficas durante a desconstrução se poderem ser desmontadas em grandes secções e transportadas para o exterior para reduzir o cronograma da desconstrução. Por outro lado unidades facilmente empilháveis podem reduzir os custos de transporte (Pulaski *et al.*, 2003);
- Simplificar e padronizar os detalhes da ligação para facilitar o processo de desmontagem e permitir uma maior recuperação de materiais (Pulaski *et al.*, 2003);
- Simplificar e separar sistemas de construção (Pulaski *et al.*, 2003);
- Considerar a segurança do trabalhador durante a construção e a desconstrução. Projetar com o intuito de reduzir ou eliminar os riscos de segurança e o uso de materiais potencialmente perigosos. Eliminar ou alterar elementos de projeto que requerem atividades perigosas tanto durante o processo de construção como de desconstrução (Pulaski *et al.*, 2003);
- Minimizar materiais e componentes da construção (Pulaski *et al.*, 2003);
- Escolher acessórios, parafusos e adesivos que permitam a rápida desmontagem e facilitem a remoção de materiais para posterior reutilização. A reutilização de materiais e componentes da construção é altamente dependente das ligações existentes. As ligações químicas requerem uma atenção especial durante a desconstrução, aumentando o tempo e o custo necessários. Por outro lado as ligações mecânicas permitem uma recuperação rápida e limpa, uma melhoria da capacidade de reutilização, uma redução da toxicidade e em alguns casos reduz os custos iniciais da construção (Pulaski *et al.*, 2003);
- Projetar para acomodar a logística da desconstrução (Pulaski *et al.*, 2003);

- Reduzir a complexidade da construção (Pulaski *et al.*, 2003);
- Projetar a pensar na reutilização. Escolher materiais duráveis e próprios para adaptação a um uso futuro. Evitar materiais compósitos pois dificultam a desconstrução. (Pulaski *et al.*, 2003);
- Projetar para a flexibilidade e a adaptabilidade (Pulaski *et al.*, 2003).

6. PROJETO E METODOLOGIA DA DESCONSTRUÇÃO

6.1. Projeto de execução da desconstrução

O projeto de execução da desconstrução é um documento técnico completo, que contém toda a informação necessária para facilitar a realização de todas as atividades de desconstrução (Canedo, 2011). Este documento visa essencialmente facilitar a ação coordenada dos participantes no processo, assegurar um alto grau de eficácia na recuperação de materiais e componentes e garantir a segurança pessoal e coletiva necessária. (Manual de desconstrucció, 1995).

O projeto de execução da desconstrução divide-se em quatro etapas distintas (Manual de desconstrucció, 1995):

- A organização do processo, os métodos e as técnicas que devem ser empregues;
- A coordenação dos participantes e a atribuição de tarefas a cada um deles;
- A determinação dos trabalhos e das operações que precedem a reciclagem e posterior reutilização;
- O destino final dos resíduos resultantes da demolição.

O documento deve fornecer informações detalhadas sobre o edifício a desconstruir e as soluções construtivas adotadas para a desconstrução. Para além disso, deve descrever a ordem de execução dos trabalhos e definir os limites do âmbito de atuação de cada participante e as suas responsabilidades. Também deve descrever as ações preventivas tomadas em consideração para assegurar a segurança ao longo de todo o processo e avaliar os volumes e as características dos resíduos que se originam com o objetivo de simplificar os posteriores trabalhos de reciclagem e reutilização (Manual de desconstrucció, 1995).

6.1.1. Reconhecimento prévio

O reconhecimento do edifício deve ser realizado previamente à elaboração do projeto de execução da desconstrução. Trata-se de uma vistoria minuciosa que visa determinar as principais características do edifício, tais como, a idade, os materiais que o constituem, as técnicas de construção que foram utilizadas, as características construtivas da estrutura original, as alterações que foram realizadas na estrutura, o estado atual dos elementos estruturais e dos elementos de construção que podem influenciar a estabilidade e a resistência do edifício, o estado atual das instalações e o estado atual dos edifícios vizinhos (Manual de desconstrucción, 1995).

O reconhecimento prévio deve ser precedido, sempre que possível, do estudo dos projetos de arquitetura, estabilidade e instalações especiais e das telas finais. Também se deve verificar se foram realizadas alterações no edifício, para tal, pode ser necessário consultar arquivos camarários. Se não for possível consultar estes arquivos o reconhecimento deve ser realizado por intermédio de sondagens, medições e por comparação com as construções vizinhas (no caso de estas serem da mesma época e natureza) (Lourenço, 2007).

Outro passo importante na avaliação da viabilidade da desconstrução de uma estrutura é a realização de um inventário detalhado onde figure a informação de como o edifício foi construído, quais os materiais e componentes que o constituem e o modo como estes estão fixados à estrutura (Patterson *et al.*, 2001).

O inventário pode ser preparado por um construtor, carpinteiro ou arquiteto com experiência nos métodos e nos materiais de construção, alguém com experiência na reparação e restauração de equipamentos e aparelhos, um engenheiro de estruturas capaz de avaliar a integridade estrutural do edifício (Best Management Practices Resource Guide, 2002) ou alguém com bom entendimento quanto aos valores aproximados de revenda de materiais bem como do tempo estimado para a remoção, limpeza e transporte para os pontos de venda ou de armazenamento (Jacoby, 2001).

Um inventário detalhado de construção inclui inspeção invasiva da estrutura, fornecendo a oportunidade de identificar materiais perigosos não evidentes numa inspeção não invasiva (Patterson *et al.*, 2001). Caso existam suspeitas de existência de materiais perigosos a

inspeção deve ser completa por um profissional certificado (Best Management Practices Resource Guide, 2002).

Também é importante não descurar a inspeção aos edifícios vizinhos, devem tirar-se fotografias e/ou vídeos, colocar-se alvos para controlo topográfico e testemunhos para controlo da fendilhação. Se estes edifícios forem muito antigos é necessário tomar cuidados redobrados, inspecionando o estado das paredes resistentes, das divisões, das lajes e acima de tudo das fachadas, procedendo-se ao escoramento destes elementos sempre que necessário. Os resultados obtidos devem ser compilados num relatório para que se possa fazer a comparação entre o estado atual dessas construções com o seu estado após a conclusão das atividades de desconstrução. Deste modo, assegura-se que o empreiteiro só pode ser responsabilizado pelos danos decorrentes das atividades de desconstrução (Lourenço, 2007).

Em suma, pode afirmar-se, que o principal objetivo do reconhecimento prévio do edifício é determinar quais os meios e as técnicas mais adequadas para a realização dos trabalhos de desconstrução.

Contudo, é importante salientar, que o reconhecimento não deve apenas ser realizado na fase que antecede a obra, mas deve prolongar-se, de forma contínua, ao longo da realização dos trabalhos, para que se possa perceber se é possível prosseguir com a execução da demolição garantindo a máxima eficiência e segurança, ou se, por outro lado, é necessário repensar todo o processo (Canedo, 2011).

6.1.2. Documentação de projeto

As características do processo de desconstrução e das relações entre os intervenientes na sua execução assemelham-se mais às de uma nova construção do que propriamente às da demolição tradicional (Manual de desconstrucció, 1995).

Quanto à documentação que constitui o projeto de desconstrução, também esta, apresenta uma estrutura muito semelhante à de um projeto de uma construção nova ou de uma renovação. É constituída por uma memória descritiva, peças desenhadas, caderno de condições económicas e administrativas, caderno de encargos e o caderno de medições e orçamento (Manual de desconstrucció, 1995).

A memória descritiva inclui os objetivos e os meios utilizados na desconstrução, para além disso, contém todas as explicações detalhadas e apresenta justificações e soluções para a execução das tarefas de desconstrução. Na sua constituição, a memória descritiva, incorpora duas partes distintas, uma justificativa e uma descritiva.

Na parte justificativa, devem constar as informações mais relevantes obtidas no reconhecimento prévio. Estas informações permitirão justificar o método e o processo escolhidos e também as medidas de segurança adotadas. Para além disso, a parte justificativa da memória descritiva deve incluir a justificação do conjunto de operações de recuperação de materiais e elementos construtivos de acordo com as alternativas de encaminhamento de resíduos existentes, a disponibilidade de instalações de reciclagem na obra e as possibilidades económicas do processo (Lourenço, 2007).

A parte descritiva deve, tal como o nome indica, descrever as técnicas e a ordem das tarefas a executar no processo de desconstrução, os volumes e as características dos resíduos originados, as instalações de reciclagem e as formas de reutilização dos resíduos que não vão ser utilizados na mesma obra, os trabalhos prévios à reciclagem e à reutilização, o material que está previsto utilizar e as medidas de segurança adotadas (Manual de desconstrucció, 1995).

Nas peças desenhadas, por sua vez, consta toda a informação gráfica necessária para definir o projeto. São apresentadas plantas, cortes e alçados que permitem identificar as principais características construtivas do edifício e o estado em que este se encontra na atualidade. Para além disso, as zonas a escorar estão devidamente identificadas e também estão representadas, em desenhos, as soluções construtivas da estrutura de suporte e as suas ligações à estrutura.

A ordem do processo de reciclagem e a descrição das soluções construtivas a aplicar em cada fase, bem como, o local previsto para as instalações de reciclagem móveis e as operações de triagem e recolha seletiva são informações que também figuram nas peças desenhadas (Lourenço, 2007).

O caderno de encargos é um documento contratual onde se estabelecem as condições técnicas (gerais e particulares), de cada atividade de desconstrução, de modo a assegurar a compatibilidade entre as exigências de aproveitamento de materiais e as condições de segurança individual e coletiva (Manual de desconstrucció, 1995).

Nele constam as condições técnicas gerais que proporcionam o desenvolvimento da atividade de desconstrução e a ordem de execução das diferentes fases do processo. As condições técnicas particulares dos métodos, as técnicas e a ordem de execução dos trabalhos de desmontagem de materiais tóxicos, elementos construtivos e elementos estruturais são também descritas no caderno de encargos. Para além disso, são apresentadas as condições técnicas do processo de demolição e as condições técnicas para as operações de triagem e recolha seletiva, reciclagem “*in situ*” de resíduos e, no caso de a reciclagem ser realizada em instalações externas à obra, as condições técnicas relativas à primeira transformação “*in situ*” de resíduos. Por fim, não podem ser esquecidas as condições técnicas de segurança e as medidas de proteção de trabalhadores (Manual de desconstrucció, 1995).

No caderno de condições económicas e administrativas estão definidas as obrigações do empreiteiro, dono de obra e gestor de resíduos, bem como, as propriedades dos materiais que vão ser reciclados e dos elementos que vão ser reciclados.

Por fim, o caderno de medições e orçamentos é composto pelas medições, e descrição específica de cada atividade de desconstrução, os preços unitários e o orçamento detalhado das atividades de desmontagem e desmantelamento (Manual de desconstrucció, 1995).

6.2. Metodologia da desconstrução

6.2.1. Trabalhos prévios

Anteriormente à execução dos trabalhos de desconstrução é necessário preparar o local e estabelecer medidas de segurança genéricas.

Os trabalhos prévios à desconstrução incluem:

- Comunicar a intenção de realizar os trabalhos de desconstrução aos organismos públicos e privados afetados (Manual de desconstrucció, 1995);
- Proceder à extração dos materiais tóxicos e perigosos que constituem o edifício (Manual de desconstrucció, 1995);

- Efetuar um reconhecimento do local de obra e da estrutura a demolir para identificar os serviços que necessitam de ser desativados (água, eletricidade, gás, telefone, etc.), os procedimentos de isolamento do local da obra e o isolamento e proteção das estruturas vizinhas (Costa, 2009);
- Assegurar os serviços necessários para a execução da demolição, tais como, a água para minimização de poeiras durante a demolição e a eletricidade para alimentação de equipamentos (Manual de desconstrucció, 1995);
- Prever a instalação de medidas de proteção do público, tais como, a colocação de barreiras de segurança, a execução de zonas de segurança no estaleiro de obra durante a execução de trabalhos e a contenção dos materiais provenientes da demolição (Costa, 2009);
- Realizar escoramentos antes de iniciar a demolição, visto que, o estado de tensão a que estão submetidos os elementos construtivos varia significativamente devido essencialmente à acumulação de cargas em determinadas zonas do telhado, cargas em elementos não estruturais e à desmontagem de elementos aparentemente não estruturais, mas que, na verdade transmitiam cargas (Manual de desconstrucció, 1995);
- Fornecimento de andaimes (Manual de desconstrucció, 1995);
- Programar as operações de desconstrução de modo a garantir a mínima interferência com estradas, ruas, passeios, calçada e outras instalações adjacentes (Guy *et al.*, 2008);
- Proporcionar proteção contra intempéries e roubos para todos os materiais recuperados, antes, durante e após a desconstrução (Guy *et al.*, 2008);
- Estabelecer medidas de proteção para todos os trabalhadores, peões e edifícios vizinhos (Manual de desconstrucció, 1995).

6.2.2. Etapas da desconstrução

Tal como já foi referido, a desconstrução é uma atividade em que o processo de construção é invertido, ou seja, os edifícios são cuidadosamente desmontados ou desconstruídos com o objetivo de recuperar a maior quantidade possível de elementos construtivos para futura reutilização ou reciclagem (Abdullah *et al.*, 2003).

Este processo contempla as seguintes fases de execução (Brito, 1999):

1. Retirar do interior do edifício os equipamentos industriais ou eletromecânicos (elevadores, bombas de água, sistemas de aquecimento central, aparelhos de ar condicionado, antenas de tv, etc.);
2. Retirar todos os elementos que não fazem parte da estrutura do edifício (vidros, portas, janelas, louças sanitárias, caleiras, algerozes, tubos de queda de águas pluviais, etc.);
3. Demolir os elementos salientes presentes na cobertura (chaminés, claraboias, etc.);
4. Demolir o material de revestimento na cobertura;
5. Demolir a estrutura da cobertura (madres, ripas e vigas de apoio);
6. Demolir os tabiques de alvenaria de apoio da cobertura;
7. Demolir o material de enchimento para formação de pendente em coberturas;
8. Demolir cabos, tirantes e escoras em coberturas;
9. Demolir a laje de esteira;
10. Demolir o primeiro piso habitado;
11. Realizar o escoramento de todos os elementos que possam ameaçar colapsar ou que apresentam um elevado grau de degradação (abóbadas, arcos, consolas, etc.);
12. Demolir os revestimentos de paredes, pisos, tetos e escadas. Retirar todos os elementos pertencentes a carpintaria e serralharia, assim como tetos falsos;
13. Demolir tabiques e/ou paredes divisórias;
14. Demolir a laje de piso e as abóbadas no caso de existirem;
15. Demolir as vigas (quando existam);
16. Repetir todos os passos anteriores para os restantes pisos;
17. Demolir os elementos de suporte vertical (paredes resistentes em estruturas tradicionais, pilares e núcleos em estruturas de betão armado);
18. Demolir o último troço de escada;
19. Realizar o escoramento de consolas, arcos, abóbadas e de todos os elementos que ameacem colapsar. Repetir o procedimento até ao último lance de escadas;
20. O escoramento das construções vizinhas é feito ao nível das lajes dos pisos que garantam o escoramento eficaz e deve ser feito quando já só restar o soalho do piso imediatamente abaixo;
21. Fundações do edifício são retiradas em simultâneo com a execução da escavação para a construção do novo edifício;

22. Demolir os muros de suporte de terras;
23. Demolir as fundações.

6.2.3. Critérios de execução da desconstrução

O processo de desconstrução divide-se em cinco etapas básicas (Patterson *et al*, 2001):

1. Remover as caixilharias de portas e janelas;
2. Retirar os utensílios de cozinha, instalações sanitárias, armários, janelas e portas;
3. Remover os revestimentos de piso, revestimentos de parede, isolamentos, fios e canalizações que o edifício possui;
4. Desmontar o telhado;
5. Desmontar as paredes e os pisos, um a um, no sentido descendente.

Na Figura 6.1 ilustram-se as diferentes etapas do processo de desconstrução.

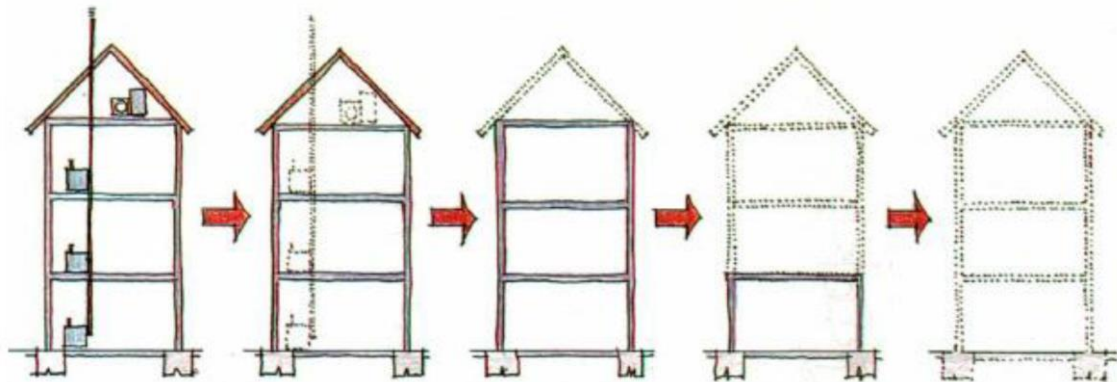


Figura 6.1 - Ordem de desconstrução de um edifício (Fonte: Manual de desconstrucció, 1995)

Antes da realização de cada etapa é crucial estabelecer metas para cada equipa ou trabalhador para maximizar o processo de desconstrução.

Embora não existam procedimentos formais ou padrões para a desmontagem estrutural de edifícios é essencial que a sequência adotada ocorra de forma a impedir o colapso da estrutura (Patterson *et al.*, 2001), pelo que, não se deve deixar para trás nenhum elemento construtivo em desequilíbrio (Manual de desconstrucció, 1995) como se mostra na Figura 6.2.

Assim sendo, cada trabalhador deve ser capaz de avaliar e compreender o impacto que a remoção de um componente específico irá ter sobre a estabilidade estrutural. Para além disso, devem avaliar continuamente as suas ações para evitar situações perigosas.

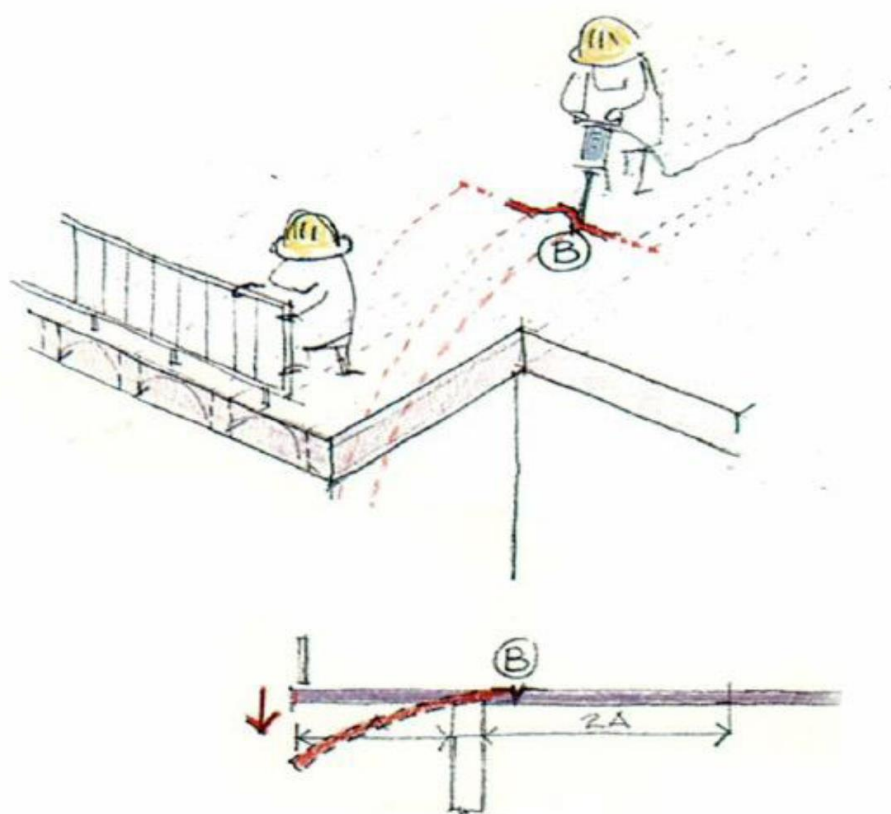


Figura 6.2 - Exemplo de um elemento construtivo em desequilíbrio
(Fonte: Manual de desconstrucció, 1995)

Também é necessário reduzir tanto quanto possível os carregamentos suportados pelos elementos construtivos antes de se iniciar a demolição, pelo que, o processo de demolição deve seguir uma ordem que proporcione um alívio das lajes de forma simétrica (Manual de desconstrucció, 1995), tal como se ilustra na Figura 6.3.

A desmontagem de elementos construtivos compostos por diversos materiais deve começar pelos materiais de revestimento e terminar nos de suporte (Figura 6.4). Por sua vez, os elementos construtivos sujeitos a esforços de flexão ou compressão necessitam de ser escorados antes do seu desmantelamento, para que se possa manter a estabilidade e resistência do conjunto após a sua ausência (Figura 6.5) (Manual de desconstrucció, 1995).

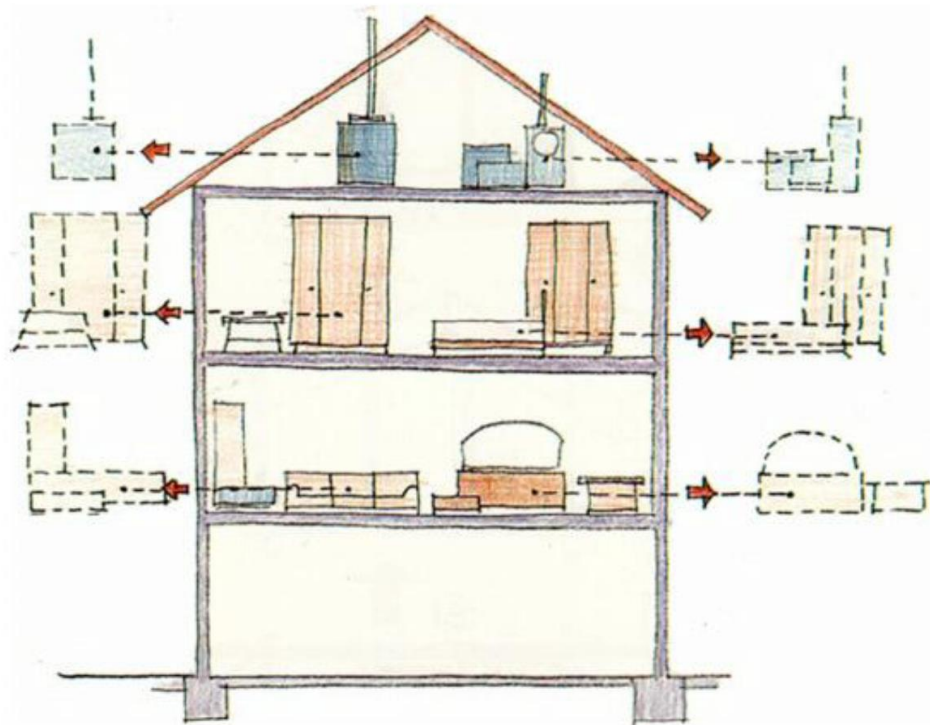


Figura 6.3 - Alívio das lajes de forma simétrica (Fonte: Manual de desconstrucción, 1995)

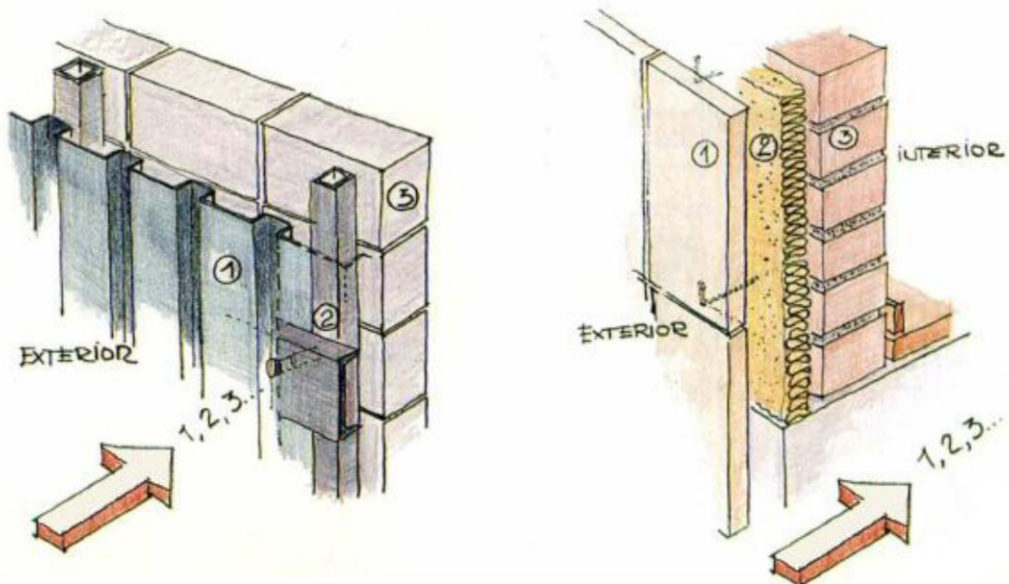


Figura 6.4 - Ordem de desmantelamento de elementos construtivos constituídos por vários materiais (Fonte: Manual de desconstrucción, 1995)

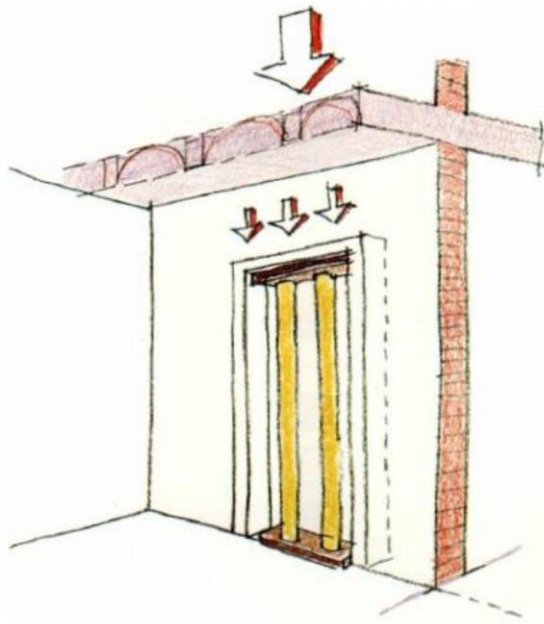


Figura 6.5 - Escoramento de elementos construtivos materiais
(Fonte: Manual de desconstruic o, 1995)

No caso de a estrutura a demolir ser isostática   obrigatório manter a estabilidade do conjunto recorrendo, se necessário, a travamentos para garanti-la (Figura 6.6). Por outro lado, se a estrutura for hiperestática   importante gerir o processo de modo a que os deslocamentos, rota es ou deforma es produzidas sejam mínimos (Manual de desconstruic o, 1995).

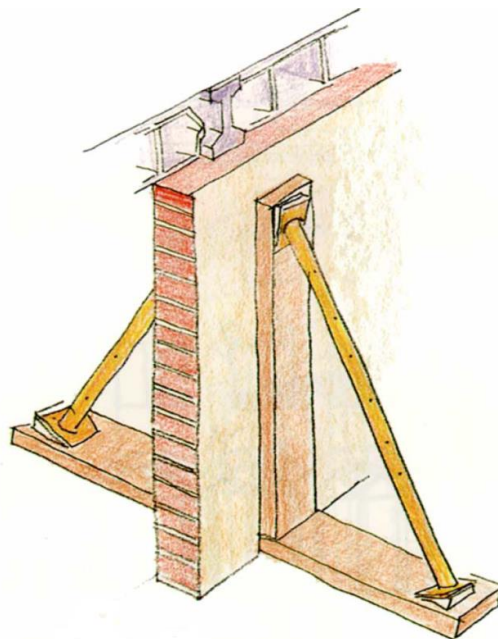


Figura 6.6 - Execu o de travamentos em estruturas isostáticas
(Fonte: Manual de desconstruic o, 1995)

6.2.4. Trabalhos posteriores

Uma vez terminado o processo de desconstrução do edifício é necessário realizar uma nova vistoria aos edifícios vizinhos. Esta irá permitir a comparação do seu estado atual com aquele que foi reportado no relatório de inspeção, executado antes da desconstrução. No caso de se identificarem estragos provocados pelas operações de demolição a responsabilidade de reparação cabe, única e exclusivamente, à empresa de demolições (Brito, 1999).

7. GUIA PARA A DESCONSTRUÇÃO

7.1. Introdução

A demolição tradicional recorre a equipamentos pesados para demolir a totalidade do edifício o que dá origem a um amontoado de resíduos cuja separação é praticamente impossível. Com o aumento das preocupações ambientais esta tem vindo a ser progressivamente substituída pela demolição seletiva.

A demolição seletiva ou desconstrução permite maximizar a recuperação de materiais para reutilização ou reciclagem o que se traduz numa menor quantidade de resíduos enviados para aterro e contribui para a sustentabilidade na indústria da construção. Por essa razão o interesse nesta indústria tem crescido e tem sido investido tempo, dinheiro e esforços para melhorar as técnicas e as ferramentas para o desmantelamento das estruturas existentes.

Neste guia são fornecidas informações gerais imprescindíveis para o sucesso da atividade de desconstrução.

7.2. Objetivos

O objetivo deste guia é fornecer orientações e informações importantes a todos os participantes da atividade de desconstrução (dono de obra, empreiteiro, trabalhadores, etc...). Numa primeira fase é apresentado o conceito de desconstrução e são fornecidas indicações importantes para determinar se um edifício é ou não bom candidato à desconstrução. Posteriormente são fornecidas dicas para a seleção do empreiteiro, é descrito o processo de desconstrução e as medidas de segurança necessárias.

7.3. O que é a desconstrução?

A desconstrução é um processo de desmantelamento sistemático de um edifício de forma responsável, tanto a nível ambiental como social e económico. O principal objetivo desta atividade é maximizar a recuperação de materiais para reutilização e reciclagem.

Ao contrário da demolição tradicional em que os edifícios são derrubados e os materiais são depositados em aterro ou reciclados a desconstrução envolve um trabalho de desmantelamento cuidadoso que permite remover componentes com o objetivo principal da reutilização em mente.

7.4. Edifícios bons candidatos à desconstrução

Nem todos os edifícios são bons candidatos à desconstrução. Alguns são constituídos por componentes de difícil desmontagem que dificultam o salvamento e consequentemente inviabilizam a desconstrução.

A decisão de realizar ou não a desconstrução pode ser facilitada por um inventário detalhado dos componentes do edifício. O inventário serve para avaliar a viabilidade económica da desconstrução e pode ser realizado por qualquer pessoa com conhecimento das técnicas de construção.

Edifícios com grande potencial para a desconstrução apresentam normalmente as seguintes características (Webster *et al.*, 2005):

- **Transparência.** Sistemas construtivos que são visíveis e fáceis de identificar;
- **Regularidade.** Sistemas construtivos e materiais que são semelhantes em todo o edifício e dispostos em padrões repetitivos e regulares;
- **Simplicidade.** Sistemas de construção e interconexões que são simples de entender, com um número limitado de diferentes tipos de materiais e tamanhos de componentes;
- **Número limitado de componentes.** É mais fácil desmontar estruturas que são compostas por um número reduzido de grandes componentes do que um maior número de componentes mais pequenos;

- Materiais facilmente separáveis. Os materiais devem ser facilmente separáveis em componentes reutilizáveis. As ligações mecânicas são preferíveis as ligações químicas. Em edifícios de tijolo deve usar-se tijolo de alta qualidade e argamassa de baixa qualidade para que as ligações sejam facilmente quebradas e limpas.

7.5. Características dos edifícios difíceis de desconstruir

Alguns materiais e tipos de construção são difíceis ou impossíveis de desmontar, ou então não tem qualquer valor para reutilização se desconstruídos (Webster *et al.*, 2005):

- Edifícios complexos. Prédios onde sistemas estruturais e outros são difíceis de desconstruir;
- Componentes não-padrão. Componentes personalizados podem não ter qualquer uso noutra edificação;
- Materiais compósitos. Pode ser difícil ou até mesmo impossível desmontar os materiais compósitos;
- Edifícios constituídos por materiais perigosos, como amianto e chumbo que requerem tratamento especial e proteção dos trabalhadores;
- Construção de sistemas mistos. Edifícios construídos utilizando múltiplos sistemas estruturais;
- Materiais misturados. Materiais que parecem semelhantes mas tem propriedades diferentes têm menos valor.

7.6. Seleção do empreiteiro

O passo mais importante para o dono de obra no processo de planeamento da desconstrução é a escolha do empreiteiro. O dono de obra deve selecionar um empreiteiro de desconstrução que possua um conhecimento aprofundado do processo de construção, desconstrução, e do fluxo eficaz de materiais.

De seguida são apresentadas algumas dicas que podem ajudar na seleção do empreiteiro (A Guide to Deconstruction, 2000):

- Combinar as capacidades e a abordagem do empreiteiro com as características do edifício. Edifícios de grande porte (mais de três andares) e pequenos edifícios de alvenaria provavelmente necessitam de máquinas pesadas, enquanto que edifícios pequenos podem ser desmontados recorrendo ao trabalho manual;
- Exigir a apresentação de um plano de gestão que descreve o modo como as metas de recuperação de materiais especificados serão atingidas;
- Definir objetivos distintos para reutilização e reciclagem. Atribuir à reutilização um maior peso relativo;
- Fornecer o máximo de ajuda possível para alcançar os objetivos de recuperação de materiais. Facultar, por exemplo, uma lista de estratégias de reutilização e reciclagem e de estabelecimentos comerciais próximos do local da obra;
- Dividir a remoção do edifício em contratos separados, por exemplo, redução de materiais perigosos, desmontagem, processamento de materiais e por último restauração. Alguns empreiteiros podem se especializar em alguma destas áreas.

7.7. O processo de desconstrução

7.7.1. Planeamento

O planeamento da desconstrução é tão importante como a desconstrução propriamente dita. Um bom planeamento irá ajudar a aumentar a quantidade de materiais recuperados e a reduzir o desperdício.

O planeamento para a desconstrução inclui (Branz, 2013):

- Realização de uma avaliação para determinar se um edifício será um bom candidato para a desconstrução o que inclui uma análise do custo-benefício da desconstrução;
- Desenvolvimento de um inventário de materiais para identificar os materiais reutilizáveis e recicláveis e se possível organizar previamente a venda dos materiais recicláveis recuperados;
- Determinação do tempo necessário à realização da desconstrução;
- Desenvolvimento de um plano de desconstrução;

- Formação de pessoal e subcontratados antes do início dos trabalhos para maximizar a quantidade de materiais recuperados.

7.7.2. Inventário de materiais

A realização de um inventário detalhado de como a construção é feita e dos materiais que a constituem é imprescindível para avaliar a viabilidade da desconstrução. Cada componente, o seu estado de conservação, e o modo como é fixado à estrutura pode ter um impacto sobre o custo efetivo de salvamento.

O inventário deve ser realizado por um (A guide to deconstruction, 2000):

- Construtor, carpinteiro, arquiteto ou qualquer outra pessoa com experiência nos métodos e nos materiais de construção;
- Comerciante com experiência em reparo ou restauração de equipamentos, aparelhos, materiais;
- Engenheiro civil capaz de fornecer informações sobre a integridade estrutural do edifício e/ou a existência de materiais perigosos que necessitam de um tratamento especial;
- Alguém como uma sólida compreensão do valor de resgate de materiais de construção no mercado local.

A avaliação completa do edifício pode demorar de 2 a 8 horas dependendo do tamanho da construção e da natureza dos materiais a serem recuperados.

O inventário deve começar com uma cuidadosa inspeção visual do edifício que permitirá determinar se existem danos causados pela água, fogo ou insetos, sinais de instabilidade estrutural e materiais perigosos como amianto e outros materiais à base de chumbo. Para além disso, é importante procurar por materiais de salvamento específicos com grande potencial de venda (Guy *et al.*, 2003).

Para recordar características importantes do edifício e do local pode utilizar-se uma máquina fotográfica.

Um inventário detalhado de materiais de construção inclui inspeção invasiva da estrutura, fornecendo a oportunidade de identificar materiais perigosos não evidentes durante uma inspeção não-invasiva. É importante identificar esses materiais perigosos devido ao impacto que podem ter na viabilidade da desconstrução (Patterson *et al.*, 2001).

Para guardar todas as informações obtidas no inventário é necessário recorrer a um formulário de inspeção (Anexo B1). Este formulário é utilizado para anotar os tipos e quantidades de materiais de construção destinados a reutilização, reciclagem e deposição em aterro identificados aquando da inspeção. Serve ainda para estimar o valor total de resgate do edifício.

Por sua vez, o anexo B2 fornece uma lista de verificação rápida da desconstrução que serve de auxílio aos trabalhadores envolvidos na desconstrução. Esta lista permite anotar as tarefas que já foram realizadas e não deixa que tarefas importantes sejam esquecidas.

7.7.3. Estratégias para maximizar as taxas de recuperação e evitar danos ou a contaminação de materiais

O tempo disponível, a metodologia e a sequência definida para os trabalhos de desconstrução afetam a quantidade, o tipo e o estado dos materiais recuperados.

Para maximizar as taxas de recuperação e evitar danos ou a contaminação de materiais é importante (Branz, 2013):

- Recorrer a plantas do edifício para ajudar a desconstruir. A desconstrução deve ser sempre realizada na ordem inversa da construção;
- Garantir o tempo necessário para a realização dos trabalhos de desconstrução;
- Explicar aos clientes que a desconstrução envolve um planeamento cuidadoso e um trabalho intensivo pelo que é necessário mais tempo do que na demolição tradicional.

7.7.4. Plano de desconstrução

É importante elaborar um plano de desconstrução para fornecer informações importantes sobre o projeto aos trabalhadores e para ajudar na recuperação de recursos.

O plano deve incluir (Branz, 2013):

- Quantidades de materiais a serem entregues para reutilização, reciclagem e deposição em aterro;
- Destino dos materiais destinados a reciclagem e reutilização;
- Metodologia e sequência da desconstrução;
- Cronograma para a desconstrução;
- Áreas de armazenamento no caso de os materiais serem armazenados no local. Estas devem estar devidamente identificadas e protegidas;
- Detalhes de manuseamento de materiais e procedimentos de remoção, particularmente em locais do projeto com restrições de espaço.

7.7.5. Formação de pessoal e subcontratados

A formação dos trabalhadores é um fator chave para a recuperação de uma elevada quantidade de componentes da construção. Por compreender o processo de transformação de materiais de demolição em produtos de valor, os trabalhadores tem cuidados redobrados na extração dos materiais o que origina uma taxa de contaminação mínima.

É extremamente importante que todos os trabalhadores estejam cientes das seguintes regras (Guy *et al.*, 2003):

- Nenhum trabalhador deve realizar um trabalho para o qual não se sinta seguro;
- Nenhum trabalhador deve realizar um trabalho sem que esteja autorizado a fazê-lo e sem ter recebido as instruções de segurança adequadas;
- Nenhum trabalhador deve usar produtos químicos sem compreender plenamente as suas propriedades tóxicas e sem o conhecimento necessário para trabalhar com produtos químicos de forma segura;
- O equipamento de proteção individual deve ser usado onde e quando é necessário;
- Os trabalhadores devem relatar quaisquer condições de insegurança no local de trabalho ao diretor de segurança responsável.

7.7.6. Sequência dos trabalhos

Na generalidade dos casos o processo de desconstrução evolui no sentido contrário ao da construção de um novo edifício, seguindo os seguintes passos básicos (Patterson *et al.*, 2001):

1. Remover as caixilharias de portas e janelas;
2. Retirar os utensílios de cozinha, instalações sanitárias, armários, janelas e portas;
3. Remover os revestimentos de piso, revestimentos de parede, isolamentos, fios e canalizações que o edifício possui;
4. Desmontar o telhado;
5. Desmontar as paredes e os pisos, um a um, no sentido descendente.

No entanto, há que ter em consideração que cada projeto possui diferentes características que podem afetar o processo de desconstrução.

No início de cada dia de trabalho devem ser estabelecidas as metas a atingir por cada equipa/trabalhador com o objetivo de maximizar o processo de desconstrução. Após concluída cada uma das etapas do processo é necessário pegar nos materiais resgatados, remover os pregos (caso existam), ordenar os materiais, limpa-los e empilha-los para futura reutilização e transporte (Guy *et al.*, 2003).

7.7.7. Desmontagem de equipamentos de instalações

Os equipamentos industriais de instalações mais comuns nos edifícios sujeitos à demolição são os elevadores, as instalações de aquecimento e refrigeração, os esquentadores, etc. A sua desmontagem bem como a de toda a maquinaria só pode ser iniciada após a desativação dos serviços gerais do edifício (água, gás, eletricidade). Este processo deve seguir uma ordem de execução inversa à da instalação para que a estabilidade dos elementos de suporte não seja afetada.

Caso esteja prevista a reutilização destes equipamentos, o desmantelamento deverá ser feito ou acompanhado por alguém especializado (Manual de Desconstrucció, 1995).

7.7.8. Desmantelamento de materiais de revestimento, acabamento e decoração

Em geral, em primeiro lugar, devem remover-se os elementos arquitetónicos destinados a reutilização e que não tem uma função resistente no edifício. A remoção destes elementos antes do início dos trabalhos de desmantelamento previne a degradação do seu aspeto e impede que a sua durabilidade seja afetada.

No entanto, antes de se iniciarem as operações de desmantelamento é imprescindível comprovar que estes elementos não estão sujeitos a esforços e que não fazem parte de nenhum elemento resistente. No caso de tal não se verificar, os trabalhos de recuperação de materiais para reutilização deverão ser realizados piso a piso e quando o piso imediatamente superior já tenha sido demolido. Se assim não for, os pisos inferiores não conseguirão suportar a sobrecarga devida aos pisos superiores.

Em todo o caso, deve verificar-se previamente se a remoção do revestimento provoca uma perda de secção resistente no elemento e, se assim for, deve proceder-se ao escoramento do elemento que recebe o carregamento (Manual de desconstrucció, 1995).

7.7.9. Desmontagem de instalações

Depois de removidos todos os elementos arquitetónicos reutilizáveis, pode iniciar-se o desmantelamento das condutas de drenagem e de abastecimento de água, assim como de outras instalações que estejam visíveis e que possam ser desmontadas facilmente sem que a resistência ou estabilidade do elemento construtivo a que estão ligadas seja afetada.

Se as instalações estiverem embutidas e o processo de desmontagem “in situ” for complexo ou se não for possível de realizar nas condições de segurança desejadas, a sua remoção será executada depois de demolido o elemento construtivo de que fazem parte. Assim, evita-se a perda de secção da laje ou da parede por onde passa a canalização, que poderá ser considerável consoante a profundidade a que está instalada. Se no decorrer do processo se identificar alguma situação potencialmente perigosa deve proceder-se imediatamente ao escoramento da zona afetada (Manual de desconstrucció, 1995).

7.7.10. Desconstrução do telhado

7.7.10.1. Principais características

A desconstrução do telhado deve sempre começar pelos elementos salientes da cobertura, tais como, as chaminés e as condutas de ventilação.

7.7.10.2. Telhado inclinado

O desmantelamento de telhados inclinados deve iniciar-se pela cumeeira e seguir no sentido descendente até ao beiral. Este processo tem de seguir uma ordem simétrica para que não se gerem desequilíbrios devidos às diferenças de cargas.

A desconstrução é realizada do exterior para o interior, ou seja, em primeiro lugar remove-se o material de revestimento, de seguida a placa de suporte e por fim a estrutura da cobertura.

Em coberturas cuja estrutura é à base de asnas, se os barrotes e as madres atuarem como elementos de travamento é necessário escorar as asnas antes de as desmontar. Caso se pretenda reutilizar as asnas, estas devem ser desmontadas inteiras de modo a que o seu estado tensional não seja muito alterado para que não surjam imperfeições que impossibilitem a sua reutilização (Manual de desconstrucción, 1995).

7.7.10.3. Telhado plano

Em coberturas planas a desmontagem da camada de formação da pendente não implica a demolição da laje ou das vigas e vigotas. No entanto, se a camada de formação de pendentes for solidária à laje a demolição é feita em conjunto (Manual de desconstrucción, 1995).

7.7.11. Desconstrução de paredes interiores

Em primeiro lugar, é essencial verificar se as paredes interiores do edifício estão submetidas a cargas verticais transmitidas pela laje devido a deformações excessivas. Se tal se verificar a laje deverá ser escorada antes de se demolir a parede.

Em edifícios de betão armado, se as paredes interiores não estiverem submetidas a cargas verticais, os paramentos podem ser cortados, de cima a baixo, de modo a que caiam facilmente por derrube. Por outro lado, se as paredes interiores forem de alvenaria ou pré-

fabricadas devem ser desconstruídas na ordem inversa à da sua construção/montagem (Manual de desconstrucción, 1995).

7.7.12. Desconstrução de paredes de fachada

Se a parede de fachada fizer parte da estrutura do edifício é necessário desmontar previamente todos os elementos construtivos situados acima da parede, tais como, lajes, treliças, etc. No caso de a parede ter apenas função de preenchimento, a sua desmontagem deverá ocorrer após o derrube do telhado ou da cobertura e antes do desmantelamento das lajes ou das vigas sobre as quais se apoia.

As paredes de fachada não estruturais devem ser demolidas piso por piso para que não existam paredes com mais de um piso de altura sem apoio superior da laje.

Se a parede de fachada for pré-fabricada é preciso verificar se está submetida a cargas não previstas ou se o seu desmantelamento enfraquece o elemento estrutural de suporte. Em ambos os casos é conveniente recorrer a um escoramento antes do início da desmontagem.

Convém ainda referir que devem colocar-se andaimes na parte exterior das paredes, independentemente do tipo de parede de fachada e do sistema de desmantelamento usado (Manual de desconstrucción, 1995).

7.7.13. Desconstrução de elementos estruturais

Finda a desmontagem dos elementos arquitetónicos reutilizáveis e a recuperação dos materiais recicláveis devem iniciar-se os trabalhos de demolição dos elementos estruturais.

Os elementos estruturais deverão ser demolidos na ordem inversa à da sua construção, ou seja:

1. Piso por piso, no sentido descendente;
2. Aliviando das lajes de forma simétrica;
3. Retirando as cargas que solicitam cada elemento resistente antes de o demolir;
4. Contraventando e/ou anulando as componentes horizontais em arcos e abóbadas;

5. Escorando, caso seja necessário, os elementos em consola;
6. Demolindo as estruturas hiperestáticas na sequência que implique menores flechas, rotações e deslocamentos;
7. Demolindo as estruturas isostática mantendo a estabilidade do conjunto recorrendo, se necessário, a travamentos para garanti-la.

7.7.14. Lajes e vigas

As lajes só devem ser demolidas depois de desmantelados todos os elementos construtivos que nelas se apoiam, tais como pilares, paredes, mobiliário fixo, etc. Para além disso, devem ser escoradas todas as secções em desequilíbrio e lajes que se tenham deformado em demasia ou entrado em cedência.

Os carregamentos suportados pelo escoramento deverão ser transmitidos aos elementos estruturais inferiores que estão em bom estado, sem que seja, no entanto, ultrapassada a carga máxima admissível. Os escoramentos devem ser executados no sentido ascendente, ou seja, de baixo para cima, no sentido contrário ao do processo de demolição.

Para desmontar lajes de betão armado devem seguir-se os seguintes critérios:

- Lajes armadas numa direção: cortar em secções paralelas à armadura principal;
- Lajes armadas em duas direções: a direção de corte deve formar quadrados.

Quando as lajes são constituídas por elementos lineares pré-fabricados de betão armado ou pré-esforçado, ferro, aço ou madeira deve verificar-se, em primeiro lugar, o estado das extremidades sobre os suportes. É importante averiguar se as extremidades das vigas não estão degradadas pela humidade e/ou pelo calor que pode ser transmitido pela parede de fachada ou pela proximidade de zonas húmidas ou chaminés.

Em todo o caso, o desmantelamento das vigas deve começar com o seu escoramento ou suspensão e posteriormente devem cortar-se os extremos a partir do suporte (Manual de desconstrucció, 1995).

7.7.15. Pilares

Após a demolição da laje, das vigas e de todos os outros elementos que descarregam para o pilar, procede-se à sua demolição cortando-o pela base. Se o pilar é de betão, devem cortar-se as armaduras de uma das faces e, por tração controlada, fazê-lo cair. De seguida cortam-se as armaduras da outra face (Manual de desconstrução, 1995).

7.8. Segurança na desconstrução

Antes de se iniciar um programa de desconstrução é necessário criar um plano de segurança. Este plano varia de projeto para projeto e possui orientações que permitem manter a segurança no local de trabalho.

Um plano de segurança deverá incluir orientações para os trabalhadores, identificação de perigos e diretrizes para o uso adequado de ferramentas. Para além disso, deve conter os procedimentos para lidar com situações de emergência, extração de materiais perigosos e correção de comportamentos inseguros.

O plano de segurança é um plano de proteção de acidentes. A segurança é uma atividade diária, e deve ser incorporada diariamente por meio de palestras no início de cada dia de trabalho.

No local de trabalho deve estar sempre presente uma pessoa com capacidade para avaliar os riscos existentes e previsíveis para a segurança dos trabalhadores e com autoridade para tomar medidas corretivas imediatas para eliminá-los.

Para além disso, devem estar disponíveis os números dos postos de emergência médica mais próximos e a sua localização.

No início do processo de construção todo o local deve ser inspecionado para se identificarem situações passíveis de causar acidentes e inibir o movimento dos equipamentos, tais como buracos, raízes, terreno irregular, animais que mordem e ninhos de insetos, galhos de árvores que podem estar no caminho, cercas, etc.

No anexo B3 são identificadas as regras básicas de segurança que devem ser seguidas por todos os trabalhadores.

7.8.1. Edifício

Depois de extraídos todos os materiais perigosos do edifício e de tratados quaisquer riscos biológicos possíveis é imprescindível verificar a condição física do edifício. Os elementos construtivos têm de estar em condições de suportar o peso dos trabalhadores e não podem apresentar risco de colapso. Todos os escoramentos necessários devem ser realizados antes do início da desconstrução.

Para além disso, nenhum trabalhador deve contribuir para a instabilidade do edifício, ou seja, não devem remover elementos estruturais antes do tempo. Por exemplo, as paredes estruturais não devem ser removidas quando ainda estão a servir de apoio a lajes (Guy *et al.*, 2003).

7.8.2. Materiais perigosos

Os trabalhadores da construção civil correm o risco de estarem expostos a materiais perigosos, tais como, o amianto. Embora a utilização de amianto esteja praticamente proibida em toda a União Europeia a sua presença ainda é muito comum em edifícios antigos o que leva a que a exposição ao amianto seja ainda possível. Uma vez inalado, este mineral tem efeitos nocivos graves para a saúde, pode provocar doenças como o asbetose, o cancro do pulmão, cancro gastrointestinal ou o mesotelioma.

É comum encontrar amianto em (Guia técnico – O amianto na construção civil, 2013):

- Paredes (Placas isoladoras internas);
- Mosaicos;
- Pavimentos de linóleo;
- Caldeiras com isolamento termal;
- Paredes condutas de ventilação;
- Placas de tetos;
- Instalações elétricas;

- Sistemas de aquecimento;
- Tetos (especialmente componentes de fibrocimento);
- Fachadas dos edifícios (caleiras, soffits e revestimentos);
- Tubagens de água e de saneamento;
- Válvulas, rebordos e anilhas (podem ser forradas ou seladas com amianto);
- Autoclismos, molduras das janelas, papel de parede, etc.

Antes de se iniciarem os trabalhos de demolição o empregador deve identificar os materiais que presumivelmente contêm amianto (nomeadamente pelo recurso a informação prestada pelo proprietário do imóvel ou, no caso de equipamentos informação disponibilizada pelo fabricante). Nas situações em se preveja a ultrapassagem do valor limite de exposição, o empregador, além das medidas técnicas preventivas destinadas a limitar as poeiras de amianto, deve adotar medidas que reforcem a proteção dos trabalhadores durante essas atividades, nomeadamente:

- Fornecimento de equipamentos de proteção individual das vias respiratórias e outros equipamentos de proteção individual, cuja utilização é obrigatória;
- Colocação de painéis de sinalização com a advertência de que é previsível a ultrapassagem do valor limite de exposição;
- Não dispersão de poeiras de amianto ou de materiais que contenham amianto para fora das instalações ou do local da ação.

Para obter mais informações é importante consultar o *Decreto-Lei n.º 266/2007 de 24 de Julho* relativo à proteção sanitária dos trabalhadores contra os riscos de exposição ao amianto durante o trabalho.

7.8.3. Meio ambiente

Quando o tempo está húmido ou chuvoso é necessário tomar cuidados redobrados para que não ocorram deslizamentos e choques elétricos.

Por outro lado, se o tempo estiver demasiado quente pode provocar exaustão nos trabalhadores. Assim sendo, é importante garantir o consumo de água e preferir os trabalhos à

sombra nas horas de maior calor. Para além disso, não se deve sobrecarregar os trabalhadores uma vez que o cansaço os pode levar a cometer erros graves (Guy *et al.*, 2003).

7.8.4. Ferramentas

As ferramentas utilizadas devem ser adequadas as tarefas, apresentar boas condições de funcionamento e serem utilizadas corretamente.

As ferramentas adequadas também incluem material para proteção contra quedas, fitas de advertência, caixa de primeiros socorros, extintores de incêndio, etc (A guide to deconstruction, 2003).

No anexo B4 são identificadas as ferramentas básicas necessárias para a atividade de desconstrução.

7.8.5. Supervisão e formação

As pessoas responsáveis pela supervisão dos trabalhos devem saber como identificar os perigos, a ordem e as técnicas para a desconstrução adequada e como comunicar as tarefas aos trabalhadores. Cada trabalhador novo deve receber formação bem como qualquer tarefa ou equipamento novo.

É determinante transmitir aos trabalhadores como fazer as tarefas de uma forma segura pois a segurança é o resultado da comunicação.

De seguida são apresentadas algumas regras importantes para a segurança no local de trabalho (Guy *et al.*, 2003):

- Cada trabalhador deve ter consciência da sua posição em relação aos outros, paredes, bordas de telhado, escadas, saliências, qualquer elemento da construção no chão, outros trabalhadores e suas atividades;
- Os trabalhadores devem estar atentos ao trabalho que estão a realizar;
- Depois de cada fase de desconstrução é preciso limpar todos os detritos das superfícies de trabalho;

- Não é permitido acumular pilhas de escombros nas áreas de trabalho, visto que podem gerar perigo e criar obstáculos aos trabalhadores;
- Nomear um diretor de segurança no trabalho que será responsável pela segurança em geral;
- Compreender o processo e as metas da desconstrução;
- Estabilizar seções enfraquecidas dos edifícios e trabalhar de forma a manter as estruturas estáveis;
- Ter cuidado na manipulação de janelas (vidro), itens longos e pesados;
- Compreender o modo como os componentes estão conectados e qual o melhor método e ferramenta para removê-los minimizando a força que pode originar movimentos bruscos e conseqüentemente quedas.

Relativamente aos materiais perigosos, os trabalhadores devem receber um treino formal. Esta formação é uma medida de segurança essencial devido ao elevado potencial de exposição a que os trabalhadores podem estar sujeitos em projetos de desconstrução. A sensibilização dos trabalhadores e o conhecimento de técnicas adequadas para extração dos materiais diminui o potencial de exposição e os problemas associados.

7.8.6. Limpeza do local

A manutenção de um nível razoável de segurança no local de trabalho não deve ser apenas encarada como uma questão económica e legal, deve também ser considerada uma obrigação moral. Manter o local de trabalho limpo e organizado aumenta muito a segurança dos trabalhadores. A principal causa de lesões na indústria da construção são os tropeços e quedas muitas vezes provocadas pela acumulação de detritos e pela deposição de materiais diversos (pregos, pedaços de madeira, etc) nas áreas de trabalho.

7.8.7. Equipamento de proteção individual

Todos os trabalhadores envolvidos na atividade de desconstrução devem utilizar equipamento de proteção individual (EPI). No caso de acidentes este equipamento pode reduzir ou até mesmo eliminar os riscos para a saúde o que preserva a integridade física dos trabalhadores.

Cada trabalhador deve dispor do seguinte EPI:

- Capacete de segurança: Reduz os efeitos provocados pela queda de objetos na cabeça e diminui a possibilidade de ferimentos (Figura 7.1);
- Luvas: As luvas fornecem alguma resistência ao impacto. Para além disso, ajudam a prevenir bolhas, esfolamento, irritação da pele e cortes provocados por objetos pontiagudos (Figura 7.2);
- Óculos de segurança: Protegem os olhos das poeiras, de detritos, de pequenos objetos voadores, de faíscas, de lascas resultantes do corte de materiais e de gases irritantes para os olhos (Figura 7.3);
- Botas de biqueira de aço: Protegem o pé de possíveis lesões provocadas pela queda de objetos. De preferência devem também possuir palmilha de aço para proteger os pés dos pregos que muitas vezes se encontram no chão (Figura 7.4);
- Tampões de ouvido: São usados quando se utilizam ferramentas elétricas e geradores que excedem os valores aceitáveis de ruído (Figura 7.5);
- Máscara para proteção respiratória: Deve ser usada nos trabalhos em que existe risco de aspiração/inalação de poeiras, fibras e tintas à base de chumbo. Uma máscara de respiração descartável é útil em caso de proteção contra poeiras mas não é suficiente para a proteção contra tintas à base de chumbo. Neste caso, é necessário uma máscara respiratória provida de um filtro adequado (Figura 7.6);
- Calças compridas: Embora as calças compridas sejam quentes elas fornecem uma camada de proteção contra arestas cortantes e pregos.



Figura 7.1 - Capacete de segurança (Fonte: Google Imagens)



Figura 7.2 - Luvas (Fonte: Google Imagens)



Figura 7.3 - Óculos de segurança (Fonte: Google Imagens)



Figura 7.4 - Botas de biqueira de aço (Fonte: Google Imagens)



Figura 7.5 - Tampões de ouvido (Fonte: Google Imagens)



Figura 7.6 - Máscaras para proteção respiratória (Fonte: Google Imagens)

7.9. Considerações finais

O presente guia tece algumas considerações importantes no que concerne à atividade de desconstrução.

No entanto, convém referir, que este pode ser melhorado, nomeadamente com a inserção de casos de estudo devidamente documentados. Para tal, é necessário acompanhar um projeto de desconstrução desde o seu início até ao seu término e documentar todas as etapas da sua realização. A documentação de casos específicos é uma mais valia que pode ser aproveitada pelas empresas de demolição que se estão a iniciar na desconstrução.

Este guia não descreve as vantagens e as barreiras apontadas à desconstrução única e exclusivamente porque estes itens já foram devidamente dissecados num capítulo anterior da dissertação (Capítulo 4) caso contrário, esta informação seria indispensável.

8. INQUÉRITO POR QUESTIONÁRIO A EMPREITEIROS E PROJETISTAS

8.1. Apresentação e fundamentação do inquérito

Com o objetivo de conhecer a percepção dos empreiteiros e projetistas relativamente aos fatores que influenciam o processo de demolição e averiguar quais as barreiras apontadas à implementação da desconstrução no atual panorama nacional foram desenvolvidos e implementados inquéritos por questionário.

Estes inquéritos por questionário foram implementados via internet, mediante o envio de um e-mail explicativo, onde se procurou apresentar a problemática em causa e sensibilizar os recetores para a importância da sua colaboração. Procurou-se cativar o interesse dos empreiteiros e projetistas inquiridos por via da consciencialização, lembrando-lhes a importância que a desconstrução assume numa sociedade cada vez mais dependente dos recursos naturais e assombrada pela poluição. Para além disso, foi-lhes garantida a confidencialidade de todos os dados fornecidos, assegurando-lhes que estes apenas seriam utilizados para tratamento e análise estatística para fins meramente académicos.

Optou-se por utilizar nesta pesquisa o método Delphi, composto por duas séries sucessivas de inquéritos. A primeira série foi realizada no âmbito de duas dissertações de mestrado anteriores, uma dedicou-se a recolher a opinião de empreiteiros e outra, a de projetistas.

A lista dos empreiteiros e projetistas inquiridos aquando da primeira e segunda série de inquéritos encontra-se nos anexos C1, C2, C3 e C4. Convém referir, que a segunda série serve para confrontar os participantes com os resultados obtidos e consolidar a sua opinião sobre o tema em estudo, pelo que, apenas participarão os que responderam à primeira série.

A realização dos referidos inquéritos permitiu conhecer a opinião dos empreiteiros e projetistas nacionais relativamente aos fatores que influenciam o processo de demolição e dos

motivos que impedem a desconstrução de se tornar prática corrente nos dias de hoje. Para além disso, serviu para complementar a informação anteriormente recolhida através da análise bibliográfica e descrita nos capítulos 2, 3, 4, 5 e 6.

8.2. Descrição e importância do método Delphi

O método Delphi pode ser caracterizado como um processo de comunicação em grupo capaz de permitir a um grupo de pessoas, como um todo, lidar e explorar um problema complexo (Linstone *et al.*, 2002). Este é utilizado para extrair o máximo de informação imparcial de um grupo de especialistas (Xia *et al.*, 2009).

O conceito do método Delphi é bastante simples, trata-se de um questionário que circula repetidas vezes por um grupo de especialistas, previamente selecionados. Na primeira série os especialistas são convidados a responder individualmente ao questionário. As respostas adquiridas são sujeitas a análises estatísticas e os resultados obtidos são fornecidos aos especialistas na série seguinte. Nesta nova série as perguntas são repetidas e os especialistas devem reconsiderar as suas respostas tendo em consideração os resultados divulgados (Wright *et al.*, 2000).

Embora não haja maneira de determinar o número ótimo de especialistas para participar numa pesquisa Delphi, estudos realizados revelam que no mínimo devem utilizar-se sete e que não é aconselhável a utilização de mais de trinta especialistas (Astigarraga, 2003).

A formulação teórica do método Delphi compreende várias séries sucessivas de questionários, no entanto, pela experiência acumulada em estudos semelhantes pode dizer-se que na maioria dos casos, são apenas necessárias duas para a obtenção de resultados de qualidade (Astigarraga, 2003).

Convém ainda referir, que normalmente há uma abstenção de 30 a 50% dos especialistas na primeira série, e de 20 a 30% na segunda série (Wright *et al.*, 2000).

8.3. Análise e tratamento de dados

8.3.1. Metodologia adotada

O inquérito é constituído por duas secções distintas, a secção I que se refere aos fatores que influenciam o processo de demolição e a secção II relativa às barreiras para a implementação da desconstrução. Ambas as secções são compostas por um conjunto de fatores subdivididos em classes distintas (de acordo com a sua natureza distinta) que foram cuidadosamente selecionados e podem ser encontrados nas tabelas seguintes (Tabela 8.1 e Tabela 8.2). Pretende-se que os inquiridos identifiquem quais destes fatores apresentam maior relevância, tendo em consideração o atual panorama Nacional. Para o efeito, foi-lhes apresentada a seguinte escala de relevância:

- A - Muito relevante;
- B - Relevante;
- C - Normalmente não relevante;
- D - Irrelevante;
- E - Sem opinião.

A análise de resultados foi realizada por intermédio do índice de importância relativa (IIR) estabelecido para cada um dos fatores. O IIR permite verificar qual dos fatores, na opinião dos inquiridos, tem maior peso/relevância e é calculado através da seguinte equação:

$$IIR = \sum_{i=1até4} \frac{a_i \cdot n_i}{x \cdot j} \times 100 \quad (1)$$

Em que:

x = Número total de respostas por fator / barreira

j = N° de níveis definidos como sendo opções de resposta válida (neste caso, são apenas 4, pois a opção de resposta E não terá qualquer peso no cálculo do IIR)

n_i = Variável que expressa o número de vezes em que é selecionada a resposta i

a_i = Constante que traduz o peso atribuído a cada opção de resposta:

- Para a opção de resposta A (Muito Relevante) = 4
- Para a opção de resposta B (Relevante) = 3
- Para a opção de resposta C (Normalmente Não Relevante) = 2
- Para a opção de resposta D (Irrelevante) = 1

Através do cálculo do IIR foi possível identificar qual dos fatores apresenta maior relevância na opinião dos inquiridos. Os resultados obtidos na primeira e na segunda ronda são apresentados nos subcapítulos seguintes.

8.3.2. Apresentação dos resultados obtidos na primeira série do inquérito por questionário Delphi

Os resultados obtidos para os fatores que influenciam o processo de demolição e para as barreiras à desconstrução, apurados na primeira série do inquérito são apresentados na Tabela 8.1 e na Tabela 8.2, respetivamente. Para além destas tabelas no anexo C5 mostram-se os IIR obtidos para cada fator da secção I e da secção II.

Tabela 8.1 - Fatores que influenciam o processo de demolição

Secção I: Fatores	Hierarquia (Projetistas)	Hierarquia (Empreiteiros)
1. Aspetos físicos do edifício		
1.1. Forma estrutural do edifício	1°	1°
1.2. Localização do edifício	5°	5°
1.3. Âmbito de demolição	4°	2°
1.4. Nível de perturbação possível	3°	3°
1.5. Dimensão do edifício	2°	4°
1.6. Utilização do edifício	6°	6°
2. Legislação e ambiente		
2.1. Segurança	1°	1°
3. Contratuais		
3.1. Tempo disponível	1°	1°
4. Outros aspetos		
4.1. Custo monetário	1°	3°
4.2. Atitude habitual de firma de demolição	3°	2°
4.3. Destino previsto para os materiais e componentes	2°	1°

Tabela 8.2 - Barreiras à implementação da desconstrução

Secção II: Barreiras à desconstrução	Hierarquia (Projetistas)	Hierarquia (Empreiteiros)
1. Perceção e educação		
1.1. A fase de “demolição” é um incómodo (deve ser o mais curta possível)	1º	7º
1.2. Atitude das pessoas (apatia)	7º	5º
1.3. Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados	5º	3º
1.4. Promoção da reciclagem e não da reutilização	4º	2º
1.5. Desconhecimento das possibilidades de utilização	3º	1º
1.6. Falta de tempo	6º	6º
1.7. Falta de informação específica	2º	4º
2. Económicas e de mercado		
2.1. Baixo custo de alguns materiais novos	5º	6º
2.2. A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada que a demolição tradicional	2º	1º
2.3. Falta de mão-de-obra especializada	10º	9º
2.4. Pressões de mercado - o clima corrente de “o mais rápido possível”	2º	1º
2.5. Os benefícios económicos e ambientais não estão bem estabelecidos	8º	3º
2.6. Fatores de custo desconhecidos na desconstrução	11º	4º
2.7. O custo de eliminação dos resíduos é baixo	7º	11º
2.8. Desinteresse pelos materiais usados devido à intermitência e falta de quantidade dos materiais	6º	6º
2.9. Inviabilidade económica	13º	2º
2.10. Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	8º	8º
2.11. Falta de destino adequado para os materiais e componentes recuperados	13º	5º
2.12. Contaminação/falta de qualidade dos materiais	12º	7º
2.13. Falta de segregação dos resíduos	2º	10º
2.14. Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	1º	1º
3. Técnicas		
3.1. Falta de conhecimento	2º	4º
3.2. Falta de informação específica	1º	1º
3.3. Disponibilidade de técnicas de desmantelamento	5º	5º
3.4. Os edifícios existentes não foram concebidos para ser desmontados	3º	3º
3.5. Falta de garantias em caso de falha	6º	6º
3.6. Falta de espaço no estaleiro	8º	5º
3.7. Dificuldades de armazenamento dos materiais	7º	5º
3.8. Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	4º	2º
4. Legais e governamentais		
4.1. Falta de normas/regulamentos sobre requisitos de materiais usados	2º	3º

4.2. Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	1°	1°
4.3. Falta de vontade do governo	4°	2°
4.4. Falta de monitorização dos resíduos	3°	4°
5. Conceber pensando na desconstrução		
5.1. Os novos edifícios não são concebidos pensando numa possível desconstrução	2°	4°
5.2. Os edifícios existentes não foram pensados para ser desconstruídos	2°	1°
5.3. Falta de educação acerca da conceção para a desconstrução	3°	2°
5.4. Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução	1°	2°
5.5. Falta de casos de estudo ou exemplos	4°	3°

8.3.3. Análise estatística recorrendo ao SPSS (1ª Série) - Projetistas/Empreiteiros

Para compreender claramente se a opinião entre empreiteiros e projetistas apresenta ou não correlação realizou-se uma análise estatística recorrendo ao *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)*. Foram efetuados dois testes distintos, o teste Qui-quadrado e o teste de correlação.

O teste Qui-quadrado é um teste de hipóteses não paramétrico que permite testar a hipótese de associação entre variáveis, não indicando no entanto a intensidade ou direção de associação. Este foi utilizado nos casos em que apenas havia uma opção de resposta, ou seja, na questão 2 e 3 da seção I.

Para a seção II e para as questões 1 e 4 da seção I realizou-se o teste de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Spearman. O coeficiente de correlação de Spearman mede a intensidade da relação entre variáveis ordinais, ou seja, permite verificar se as variáveis estão associadas e qual o seu grau de associação.

- Secção I: Fatores que influenciam o processo de demolição

Tal como já foi referido, para a secção I, utilizou-se o teste de correlação para as questões 1 e 4 e o teste Qui-quadrado para as questões 2 e 3. Para o teste Qui-quadrado as hipóteses testadas foram:

- Hipótese nula: As opiniões de empreiteiros e projetistas são independentes;
- Hipótese alternativa: As opiniões de empreiteiros e projetistas não são independentes.

Por outro lado, no que concerne ao teste de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Spearman definiram-se as seguintes hipóteses de teste:

- Hipótese nula: $\rho=0$ (Não existe correlação);
- Hipótese alternativa: $\rho\neq 0$ (Existe correlação).

Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 8.3 e na Tabela 8.4.

Tabela 8.3 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste Qui-quadrado

Secção	Questão	ET	p-valor
I	2	0,669	0,414
I	3	0,015	0,902

Tabela 8.4 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação

Secção	Questão	Rho	p-valor
I	1	0,829	0,058
I	4	-0,500	1,000

Para proceder à análise de resultados é imprescindível compreender o significado do p-valor. Este é um valor gerado pelo *SPSS* que define a probabilidade de rejeitar a hipótese nula quando esta hipótese é verdadeira. A hipótese nula é rejeitada se o valor de prova (p-value) for igual ou inferior ao nível de significância.

Para o caso em estudo será considerado um nível de significância de 5%, assim sendo a hipótese nula deve ser rejeitada caso $p\text{-value} < 0,05$.

Ao analisar os resultados obtidos facilmente se percebe que a hipótese nula não é rejeitada em nenhuma das questões. Relativamente à questão 2 e 3 conclui-se que as variáveis (grupo de inquiridos e tipo de resposta) são independentes. Por sua vez, nas questões 1 e 4, a verifica-se que não existe qualquer relação na opinião de empreiteiros e projetistas.

Como conclusão, pode dizer-se que a opinião de empreiteiros e projetistas em relação aos fatores que influenciam o processo de demolição é muito díspar, visto que em nenhuma questão se obteve qualquer tipo de correlação.

- Secção II: Barreiras à implementação da desconstrução

Na secção II realizou-se apenas o teste de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Spearman, isto porque, todas as questões apresentam mais do que uma opção de resposta o que permite estabelecer uma hierarquia perfeitamente definida. As hipóteses testadas foram:

- Hipótese nula: $\rho=0$ (Não existe correlação);
- Hipótese alternativa: $\rho \neq 0$ (Existe correlação).

Os resultados obtidos encontram-se descritos na Tabela 8.5.

Tabela 8.5 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação

Secção	Questão	Rho	p-valor
II	1	0,036	0,964
II	2	0,213	0,464
II	3	0,830	0,011
II	4	0,400	0,750
II	5	0,263	0,669

Tal como se depreende da análise da Tabela 8.5 apenas na questão 3 se rejeita a hipótese nula, o que significa que existe associação entre os rankings.

Em suma, pode dizer-se que embora na questão 3 relativa às técnicas, as opiniões dos dois grupos de inquiridos seja semelhante, na generalidade, a opinião de empreiteiros e projetistas não gera consenso.

8.3.4. Apresentação dos resultados obtidos na segunda série do inquérito por questionário Delphi

- Empreiteiros

Dos 22 empreiteiros inquiridos apenas se obtiveram respostas por parte de 11 empresas, o que perfaz um total de 50% de respostas validadas. No entanto, foram obtidos no total 12 inquéritos, pois uma das empresas disponibilizou dois inquéritos de pessoas com cargos distintos.

Tal como já foi referido, o inquérito é constituído por duas secções distintas, a secção I e a secção II. Tanto a secção I como a secção II se iniciam com uma pergunta que se refere aos resultados obtidos na primeira ronda de inquéritos, como se pode comprovar no template presente em anexo (anexo C6). Os inquiridos devem dizer se os resultados obtidos na ronda anterior estão de acordo com as suas expectativas e caso não estejam devem explicar o porquê. Dos 12 empreiteiros que responderam ao inquérito 11 afirmaram que os resultados estão de acordo com as suas expectativas e apenas 1 não respondeu a esta pergunta.

Na segunda pergunta da secção I pretendia-se apurar quais os fatores mais preponderantes na escolha do processo de demolição. Apresentou-se uma tabela com um conjunto de fatores divididos por subclasses e foi pedido aos empreiteiros que identificassem a relevância de cada um. Depois de calculado o IIR (anexo C7) chegou-se à conclusão, de que para os empreiteiros portugueses os fatores mais relevantes na escolha do processo de demolição são os que se encontram na Tabela 8.6.

Tabela 8.6 - Fatores mais relevantes na escolha do processo de demolição (Empreiteiros)

Classe de fatores	Fatores mais relevantes	IIR(%)
Relacionados com aspetos físicos do edifício	Forma estrutural do edifício A tecnologia e matérias que integram a construção	90
Relacionados com legislação e ambiente	Segurança De trabalhadores, de pessoas e ambiente	98
Contratuais	Tempo disponível	84
Outros aspetos	Destino previsto para os materiais e componentes	92

Por sua vez, na pergunta 2 da secção II pretendia-se identificar quais as barreiras mais relevantes para a implementação da desconstrução como prática corrente em território Nacional. Para tal, foram enumerados vários fatores subdivididos em 5 classes distintas (perceção e educação, económicas e de mercado, técnicas, legais e governamentais e conceber pensando na desconstrução) e foi pedido aos empreiteiros que identificassem a relevância de cada fator. Após realizado o devido tratamento de dados (anexo C7) conclui-se que as barreiras mais relevantes são as que estão descritas na Tabela 8.7.

Tabela 8.7 - Barreiras mais relevantes para a implementação da desconstrução como prática corrente em território Nacional (opinião dos empreiteiros)

Tipo de barreiras	Barreiras mais relevantes	IIR(%)
Perceção e educação	Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados	82
	Promoção da reciclagem e não da reutilização	82
Económicas e de mercado	A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada do que a demolição tradicional	90
Técnicas	Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	79
Legais e governamentais	Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	77
Conceber pensando na Desconstrução	Os novos edifícios não são concebidos pensando numa possível desconstrução	83
	Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução	83

- Projetistas

Relativamente aos projetistas, foram inquiridas 16 empresas. Destas 16 empresas apenas 10 responderam ao inquérito o que se traduz numa percentagem de resposta de 63%. Convém referir, que uma das empresas afirmou não responder por falta de tempo, referindo que o número de inquéritos recebidos diariamente era elevado e que optaram, para não ferir suscetibilidades, por não responder a nenhum deles.

Tal como já foi referido, ambas as secções se iniciam como uma pergunta de opinião, em que os inquiridos devem dizer se os resultados da ronda anterior estão ou não de acordo com as suas expectativas. Das 11 empresas que responderam ao inquérito apenas duas se mostraram surpreendidas com os resultados. Uma das empresas afirmou estar surpreendida com as divergências acentuadas entre a opinião de empreiteiros e projetistas, tanto para a secção I (fatores que influenciam o processo de demolição) como para a secção II (Barreiras à desconstrução). A outra empresa assumiu que, relativamente aos fatores que influenciam o processo de demolição, não esperava que a dimensão do edifício fosse tão pouco relevante para os empreiteiros. Para além disso, comentou que o resultado indicado na coluna dos empreiteiros, na secção II, talvez explique a razão de atrasos nas obras.

Os resultados obtidos para a pergunta 2 da secção I e da secção II encontram-se explanados na Tabela 8.8 e na Tabela 8.9, respetivamente. De notar que, estes resultados foram obtidos depois de devidamente tratados todos os dados (anexo C8).

Tabela 8.8 - Fatores mais relevantes na escolha do processo de demolição (Projetistas)

Classe de fatores	Fatores mais relevantes	IIR(%)
Relacionados com aspetos físicos do edifício	Forma estrutural do edifício A tecnologia e matérias que integram a construção	98
Relacionados com legislação e ambiente	Segurança De trabalhadores, de pessoas e ambiente	100
Contratuais	Tempo disponível	85
Outros aspetos	Custos monetários	90

Tabela 8.9 - Barreiras mais relevantes para a implementação da desconstrução como prática corrente em território Nacional (opinião dos projetistas)

Tipo de barreiras	Barreiras mais relevantes	IIR(%)
Perceção e educação	Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados	83
Económicas e de mercado	Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	94
Técnicas	Falta de informação específica	83
Legais e governamentais	Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	90
Conceber pensando na Desconstrução	Os edifícios existentes não foram pensados para serem desconstruídos	83
	Falta de educação acerca da conceção para a desconstrução	83

8.3.5. Análise estatística recorrendo ao SPSS (2ª Série) – Projetistas/Empreiteiros

Tal como aconteceu na 1ª série de inquéritos, recorreu-se ao *SPSS* para analisar os resultados obtidos e para compreender se existe ou não correlação entre a opinião de empreiteiros e projetistas quanto aos fatores que influenciam o processo de demolição e às barreiras apontadas à implementação da desconstrução em Portugal.

Os testes utilizados foram, tal como na 1ª série, o teste qui-quadrado (Questão 2 e 3 da secção I) e o teste de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Spearman (secção II e questão 1 e 4 da secção I).

- Secção I: Fatores que influenciam o processo de demolição

Para a questão 1 e 4 da secção I efetuou-se o teste de correlação utilizando o coeficiente de correlação de Spearman. As hipóteses testadas foram:

- Hipótese nula: $\rho=0$ (Não existe correlação);
- Hipótese alternativa: $\rho\neq 0$ (Existe correlação).

Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 8.10.

Tabela 8.10 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação

Secção	Questão	Rho	p-valor
I	1	0,638	0,173
I	4	0,500	1,000

Para um nível de significância de 5% a hipótese nula deve ser rejeitada caso p-valor $<0,05$. Como se percebe através dos resultados apresentados acima (Tabela 8.10), tal não acontece, logo a hipótese nula não é rejeitada, o que significa que não existe associação entre os rankings.

Embora não haja associação entre os rankings pode-se concluir através de um simples exame visual dos resultados presentes na Tabela 8.6 e na Tabela 8.8 que empreiteiros e projetistas estão de acordo relativamente aquele que consideram ser o fator mais relevante relacionado com os aspetos físicos do edifício (Questão 1). Ambos concordam que a forma estrutural do edifício tem uma grande influência na escolha do processo de demolição. O mesmo não acontece na questão 4 em que a opinião de empreiteiros e projetistas é totalmente díspar.

Relativamente as questões 2 e 3 da secção I optou-se por utilizar o teste qui-quadrado pois só há uma hipótese de resposta. No entanto para que este teste possa ser utilizado é necessário que se verifiquem duas condições: não podem existir mais de 20% de categorias (células da tabela) com valores esperados inferiores a 5 e todas as categorias com valores esperados superiores ou iguais a 1. Estas condições não se verificam logo o teste não pode ser aplicado. No entanto, pela observação de resultados verifica-se que as opiniões de empreiteiros e projetistas são muito semelhantes.

- Secção II: Barreiras à implementação da desconstrução

Na secção II utilizou-se o teste de correlação para todas as questões e as hipóteses testadas foram:

- Hipótese nula: $\rho=0$ (Não existe correlação);
- Hipótese alternativa: $\rho\neq 0$ (Existe correlação).

Os resultados obtidos apresentam-se na Tabela 8.11.

Tabela 8.11 - Resultados obtidos através do SPSS para o teste de correlação

Secção	Questão	Rho	p-valor
II	1	0,309	0,500
II	2	0,797	0,001
II	3	0,777	0,023
II	4	0,200	0,917
II	5	-0,460	0,436

Considerando um nível de significância de 5% apenas se rejeita a hipótese nula na questão 2 e 3. Assim sendo, conclui-se que apenas existe convergência de opiniões entre empreiteiros e projetistas nestas duas questões.

Ao comparar os resultados obtidos na primeira e na segunda série de inquéritos percebe-se que a segunda série conduziu a uma maior convergência de opiniões pois enquanto na primeira apenas havia correlação entre os rankings na questão 3 na segunda série esta correlação foi estendida também à questão 2.

Para além disso, é possível afirmar que embora não exista uma associação clara entre os rankings estabelecidos (como se conclui através da análise realizada em *SPSS*), na questão 1 e na questão 4 os 2 grupos (empreiteiros e projetistas) estão de acordo quanto à barreira que consideram mais relevante.

8.3.6. Análise comparativa dos resultados obtidos na 1ª e na 2ª série de inquéritos

Para compreender a evolução que se registou na opinião de empreiteiros e projetistas da 1ª para a 2ª série de inquéritos, recorreu-se novamente ao *SPSS*. Tal como aconteceu anteriormente, não foi possível aplicar o teste qui-quadrado nas questões em que apenas havia uma hipótese de resposta (questão 2 e 3 da secção I) uma vez que as condições necessárias a sua aplicação não se verificaram. Para as questões com mais de uma hipótese de resposta (questões 1 e 4 da secção 1 e todas as questões da secção II) efetuou-se o teste de correlação utilizando o coeficiente de correlação de spearman em que as hipóteses testadas foram:

- Hipótese nula: $\rho=0$ (Não existe correlação);
- Hipótese alternativa: $\rho\neq 0$ (Existe correlação).

- Empreiteiros

Embora não se possa aplicar o teste qui-quadrado na questão 2 e 3 da secção I, percebe-se claramente através do IIR que os resultados não variam muito de ronda para ronda.

Os resultados obtidos no teste de correlação tanto para a secção I (fatores que afetam a escolha do método de demolição), como para a secção II (barreiras à desconstrução) encontram-se na Tabela 8.12.

Tabela 8.12 - Resultados obtidos no teste de correlação (empreiteiros)

Secção	Questão	Rho	p-valor
I	1	0,899	0,015
I	4	-0,500	1,000
II	1	0,655	0,111
II	2	0,578	0,030
II	3	0,650	0,081
II	4	-	-
II	5	0,921	0,026

Após análise dos resultados, verifica-se que para um nível de significância de 5%, apenas se rejeita a hipótese nula, ou seja, é possível estabelecer uma associação entre rankings na questão 1 da secção I e nas questões 2 e 5 da secção II. Isto significa que, a opinião dentro dos empreiteiros de uma série para a outra, não se alterou muito, pelo que se pode afirmar que os inquiridos se encontram seguros e tem a sua opinião devidamente consolidada relativamente à importância destes fatores.

Se consideramos um nível de significância de 10% também se rejeita a hipótese nula na questão 3 da secção II.

De notar, que na questão 4 da secção II o ranking é exatamente igual na 1ª e na 2ª série de inquiridos, o que mostra que a opinião dos inquiridos se manteve inalterada relativamente a estes fatores e neste caso não é necessário aplicar o teste de correlação.

- Projetistas

Relativamente aos projetistas na questão 2 e 3 da secção I as opiniões da 1ª para a 2ª série não variam muito. O mesmo não se pode dizer das restantes questões, como se pode comprovar pelos resultados obtidos através da análise de correlação realizada no SPSS (Tabela 8.13).

Tabela 8.13 - Resultados obtidos no teste de correlação (projetistas)

Secção	Questão	Rho	p-valor
I	1	0,657	0,175
I	4	0,500	1,000
II	1	0,464	0,302
II	2	0,378	0,183
II	3	0,767	0,027
II	4	0,800	0,333
II	5	0,865	0,058

Considerando um nível de significância de 5%, apenas na questão 3 da secção II se rejeita a hipótese nula, ou seja, esta é a única questão em que existe associação entre os rankings estabelecidos na 1ª e na 2ª série. Contudo, se o nível de significância considerado for de 10%, a hipótese nula também é rejeitada na questão 5 da secção II. Estes resultados traduzem o frágil conhecimento e mostram que a opinião que os projetistas tem relativamente a estes assuntos ainda não esta devidamente formada.

8.4. Discussão de resultados e considerações finais

Os resultados explanados nos subcapítulos anteriores permitem retirar algumas ilações interessantes.

Relativamente à temática relacionada com os processos de demolição, ambos os grupos de inquiridos, empreiteiros e projetistas, definiram os fatores que consideram ter maior influência na escolha do método de demolição. Na 1ª série de inquiridos, os empreiteiros selecionaram a forma estrutural do edifício como fator preponderante na escolha do processo de demolição. Este fator refere-se essencialmente à identificação da tecnologia utilizada e dos materiais que compõem o edifício e obteve por parte dos empreiteiros um IIR de 86%. A localização do edifício mais concretamente no que se refere a condições de acesso também é um fator importante na ótica dos empreiteiros, adquirindo um IIR de 83%. Na opinião dos projetistas, o fator mais relevante na escolha do processo de demolição é também a forma estrutural do edifício, ao qual atribuíram um IIR de 89,8%, valor este que traduz o relativo consenso que este fator gera no seio do grupo. Na 2ª série, os empreiteiros consolidaram a sua opinião atribuído à forma estrutural do edifício um IIR de 89% voltando a considerar este fator o mais importante na escolha do método de demolição. O mesmo acontece com os projetistas que atribuem a este fator um IIR de 97,5%.

No que concerne aos fatores relacionados com a legislação e ambiente a segurança de trabalhadores, de pessoas e do ambiente é naturalmente considerado, tanto por empreiteiros como por projetistas, um fator com grande peso na escolha do processo de demolição. Na primeira série os empreiteiros atribuíram a este fator um IIR de 91% e na segunda série este valor aumentou para 98%. Estes valores traduzem a importância crescente que a segurança tem vindo a conquistar na indústria da construção civil. Os projetistas, por sua vez, atribuíram um IIR de 78,7% na primeira série e de 100% na segunda série.

Destaque ainda para o tempo disponível (prazos apertados) considerado por empreiteiros e projetistas como determinante na escolha do processo de demolição.

Tal como se sabe, muitas vezes as questões ambientais são deixadas para segundo plano em detrimento das financeiras. Os resultados da primeira série de inquéritos evidenciam isso mesmo. Contudo na segunda série é notória uma mudança de opinião por parte dos empreiteiros. Estes consideram que o destino previsto para materiais e componentes do edifício se sobrepõem às questões financeiras. Isto mostra que as opiniões estão a mudar e que se caminha cada vez mais no sentido de uma maior consciencialização para a importância do reaproveitamento de materiais e da reciclagem.

A secção II do inquérito refere-se às barreiras à implementação da desconstrução como prática corrente na indústria da construção civil em Portugal. Os resultados obtidos foram bastante conclusivos e permitiram perceber claramente quais as barreiras que é necessário combater para que a desconstrução seja cada vez utilizada como método de demolição de edifícios. Relativamente às barreiras de perceção e educação, na segunda série de inquéritos, empreiteiros e projetistas concordaram que a relutância do cliente em aceitar materiais usados é a principal barreira à implementação da desconstrução. Na sua opinião, muitas vezes a desconstrução não é utilizada porque o cliente não dispõem de informação específica que lhe permita confiar na qualidade dos materiais usados. Para além disso, os empreiteiros, atribuíram muita importância ao facto de frequentemente se promover a reciclagem e não a reutilização. Este fenómeno pode conduzir à utilização de métodos de demolição 100% destrutivos que não impedem a reciclagem mas que tornam impraticável a reutilização. Os projetistas consideram ainda que a falta de conhecimento quanto à existência desta técnica e das etapas sobre as quais se desenvolve pode dificultar a sua implementação.

No que se refere a condições económicas e de mercado os empreiteiros consideram que o facto de a desconstrução necessitar de mão-de-obra mais especializada que a demolição tradicional funciona como desincentivo à sua utilização. Os projetistas, por sua vez, apontam a falta de incentivos para a compra e utilização de materiais usados como principal barreira para a adoção corrente da desconstrução. Esta é também na opinião dos empreiteiros uma barreira que necessita de ser ultrapassada.

Relativamente às questões técnicas, ambos os grupos de inquiridos apontam a escassez de informação específica e de conhecimento e a reduzida quantidade e qualidade de informação disponível sobre os edifícios como justificações plausíveis para a difícil implementação da desconstrução. Para que esta barreira possa ser ultrapassada é imprescindível que se comecem a realizar inventários de materiais reciclados e a documentar técnicas para desconstruir os edifícios.

Em relação às questões legais e governamentais as opiniões de empreiteiros e projetistas coincidem. Ambos consideram a falta de incentivos para a utilização de materiais usados uma enorme barreira para a utilização da desconstrução como método de demolição. Relativamente à conceção dos edifícios com vista à desconstrução os dois grupos tem uma opinião semelhante. Para os empreiteiros o principal entrave à implementação da desconstrução está relacionado com o facto de os novos edifícios não serem concebidos pensando numa futura desconstrução. Já os projetistas referem que são os edifícios existentes que não foram pensados para serem desconstruídos. Isto deve-se ao facto de a desconstrução ser uma indústria incipiente bem mais recente que os edifícios candidatos à desconstrução. Estes edifícios não têm documentados os materiais que os constituem e muitas vezes apresentam na sua composição grandes quantidades de materiais perigosos o que dificulta o processo de recuperação de materiais.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

9.1. Conclusões

Nas últimas décadas a indústria da construção e demolição sofreu grandes alterações que contribuíram em larga escala para o consumo desmedido de recursos naturais, a degradação de ecossistemas e principalmente para a excessiva produção de resíduos.

A indústria da demolição gera milhões de toneladas de resíduos por ano, a maioria dos quais acaba depositada em aterros. Esta realidade é extremamente preocupante e torna imperativo que os responsáveis pelo setor se tornem mais conscientes e adotem medidas e processos que permitam caminhar na direção da sustentabilidade.

É neste contexto que surge a demolição seletiva ou desconstrução. Este novo método de demolição pode desempenhar um papel muito importante na inversão das tendências atuais.

Ao contrário da demolição tradicional em que a totalidade dos resíduos são enviados para aterro, a demolição seletiva permite recuperar materiais para futura reutilização ou reciclagem. Esta recuperação de materiais ajuda a diminuir a carga sobre os aterros existentes e a reduzir a necessidade de espaço adicional em aterro. Para além disso, permite reduzir o consumo de recursos naturais, conservar a energia incorporada nos materiais e reduzir a poluição.

Tal como elucidado ao longo da dissertação, os benefícios ambientais obtidos com a desconstrução são bastante mais significativos que os económicos e sociais. A nível social destaca-se principalmente a criação de um novo mercado, o dos materiais usados, e a criação de um maior número de postos de trabalho.

A nível económico esta técnica é muitas vezes associada a custos mais elevados que os da demolição dita convencional, razão que muitas vezes desencoraja a sua utilização. De facto a desconstrução necessita de um maior número de trabalhadores e implica ações de

desmantelamento complexas. Para além disso, os trabalhos de desconstrução são mais demorados e conseqüentemente tornam-se mais onerosos que os da demolição tradicional.

No entanto, os estudos apresentados no capítulo 4 sugerem que embora os custos brutos da desconstrução sejam superiores aos da demolição convencional, as receitas provenientes dos materiais recuperados podem tornar a desconstrução significativamente menos dispendiosa.

Tal como foi referido no capítulo 2, as obras de demolição são cada vez mais frequentes no nosso país. Esta realidade deve-se sobretudo à necessidade de substituir construções antigas em estado de degradação extrema por outras mais modernas ou realizar intervenções de reabilitação. Os engenheiros responsáveis por projetos de demolição deparam-se frequentemente com problemas de decisão relativamente à seleção dos métodos de demolição a utilizar, segundo o que se aferiu através dos resultados obtidos nos inquéritos, tanto empreiteiros como projetistas, consideram que esta decisão é fortemente influenciada pela tecnologia e os materiais que integram a construção, a segurança de trabalhadores, de pessoas e do ambiente, pelo tempo disponível, pelo destino previsto para materiais e componentes e pelos custos monetários. Embora os dois grupos concordem nos fatores que consideram mais relevantes ao comparar os rankings estabelecidos verifica-se que as opiniões não geram concordância.

Mesmo nos dias de hoje, a desconstrução raramente é preferida como método de demolição, o que se deve, em muitos casos, à dificuldade de desconstruir edifícios que não foram projetados para tal. Assim sendo, torna-se imprescindível que os projetistas adotem soluções que facilitem o aproveitamento e a separação dos diferentes tipos de materiais aquando da demolição. Esta medida contribuirá para uma desconstrução mais fácil e rápida e permitirá reciclar e/ou reutilizar a totalidade dos materiais que compõem o edifício.

Os resultados dos inquéritos realizados a empreiteiros e projetistas relativamente às barreiras à implementação da desconstrução revelam que a falta de educação acerca da conceção para a desconstrução é um grande obstáculo que os projetistas enfrentam. Por seu lado, os empreiteiros preocupam-se mais com o facto de a desconstrução necessitar de mão-de-obra mais especializada. A falta de incentivos para a utilização de materiais usados, a pouca informação que existe sobre a desconstrução e sobre os edifícios e fundamentalmente a promoção da reciclagem e não da reutilização são barreiras que é necessário combater. Denota-se que ainda existe uma certa relutância em enveredar pelo uso da desconstrução

essencialmente devido à falta de informação relativamente aos benefícios e às oportunidades que esta técnica proporciona. Para além disso, verifica-se que existe uma grande discrepância entre a opinião de empreiteiros e projetistas em relação às barreiras que impedem a implementação da demolição seletiva, pois, só nas questões económicas e de mercado (questão 2) e nas técnicas (questão 3) foi possível estabelecer associação entre os rankings definidos.

Como conclusão, pode considerar-se que a elaboração desta dissertação de mestrado teve como finalidade demonstrar a importância que a desconstrução assume como ferramenta de extrema utilidade na promoção da sustentabilidade permitindo atingir o objetivo de diminuir as quantidades de resíduos gerados nas obras de demolição. Este estudo procura contribuir para a divulgação da desconstrução e dos benefícios que lhe estão associados, cativar futuros interessados na sua implementação e contribuir para o enriquecimento científico, que apenas pode ser conseguido através da constante partilha de conhecimentos.

9.2. Perspetivas de desenvolvimentos futuros

Pretende-se que a realização desta dissertação possa funcionar como incentivo para a realização de estudos complementares nesta área. Assim sendo, são apresentadas de seguida um conjunto de ações já em curso e de sugestões e recomendações que podem ser seguidas em futuras investigações relacionadas com a temática da desconstrução:

- Preparação de artigos de divulgação do trabalho realizado nesta dissertação. Estes artigos têm como finalidade dar a conhecer, aos intervenientes nacionais e internacionais, o estado da desconstrução em Portugal. Neste particular foi já submetido um artigo a um congresso nacional e encontra-se numa fase adiantada a elaboração de um artigo para submissão a uma revista internacional;
- Elaboração de ações de sensibilização, dirigidas ao público em geral, relativas as vantagens da utilização de materiais usados. Pretende-se que estas ações contribuam para a expansão do mercado de venda de materiais reciclados e reutilizados;
- Implementação de incentivos financeiros por parte do estado, direcionados à atividade de desconstrução, devendo os mesmos ser utilizados na formação de profissionais e no financiamento de projetos piloto;

- Desenvolvimento do Guia para a desconstrução iniciado neste trabalho de investigação. Este guia deve ser continuamente melhorado, nomeadamente através da inserção de casos de estudo devidamente documentados;
- Criação de incentivos financeiros, por parte do estado, a empreiteiros que utilizem nas suas obras materiais reciclados e/ou reutilizados em percentagens consideráveis;
- Desenvolvimento de formações relativas à conceção para a desconstrução. Estas formações devem ser capazes de transmitir aos projetistas, um conjunto de medidas, que uma vez adotadas na fase de projeto facilitam futuras operações de desconstrução;
- Promoção de ações de esclarecimento, no seio das empresas de construção, relativas aos benefícios da desconstrução e das etapas que a sua execução compreende.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, A., Anumba, C., Durmisevic, E. (2003), “Decision Tools for Demolition Techniques Selection”, 11th Rinker International Conference on Deconstruction and Materials Reuse, Gainesville, Florida, USA.
- Abdullah, A., Anumba, C.J. (2002), “Decision Criteria for the Selection of Demolition Techniques”, Proceeding of the Second International Postgraduate Research Conference In The Built and Human Environment, University of Salford, Edited by Sun, M, Aouad, G, Ormerod, M., Ruddock, L., Green, C., and Alexander, K. Blackwell Publishers, pp. 410-419.
- A Guide to deconstruction (2000), “An overview of deconstruction with a focus on community development opportunities complete with deconstruction project profiles and case studies”, U.S. Development Office of Housing and Research, Washington, D.C.
- Agência Portuguesa do Ambiente, Fluxos específicos de resíduos. Consultado em Fevereiro de 2013. Disponível em <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=197&sub3r=283>.
- Astigarraga, E. (2003). El método delphi. San Sebastián: Universidad de Deusto.
- Atlas Copco. Consultado em Fevereiro de 2013. Disponível em <http://www.atlascopco.com>.
- Baldasso, P.C. (2005), “Procedimentos para a desconstrução de edificação verticalizada”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- Best Management Practices Resource Guide (2002), Construction & Demolition Waste Management and Sustainable Building Design, Chapter 4.
- Bidone, F., Povinelli, J. (1999), “Conceitos básicos de resíduos sólidos”, EESC/USP.
- Branz Group n.d, Design for waste minimisation. Consultado em Janeiro de 2010. Disponível em <http://www.branz.co.nz/>.
- Branz Group n.d, Develop a Waste Management Plan. Consultado em fevereiro de 2013. Disponível em <http://www.branz.co.nz/>.

- Branz Group n.d, Planning for deconstruction. Consultado em Março de 2013. Disponível em <http://www.branz.co.nz/>.
- Brito, J. (1999), “Técnicas de demolição de edifícios correntes”, Cadeira de Processos de Construção, Licenciatura em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Brito, J., Freire, L. (2001), “Custos e benefícios da demolição seletiva”, Congresso Nacional da Construção, Vol. 2., Lisboa, Portugal.
- Canedo, J.P. (2011), “Otimização da gestão dos resíduos de construção e demolição”, Tese de mestrado - Ciclo de estudos integrados em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- Canedo, J.P., Couto, J.P. (2011), “Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição na Óptica dos Empreiteiros”, International Conference on Engineering, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal.
- Chini, A.R., Bruening, S.F. (2005), “Deconstruction and materials reuse in the United States”, Report 10, Deconstruction and Materials Reuse - An international Overview, CIB publication 300, International Council for Research Innovation in Building Construction - Task Group 39: Deconstruction, Florida, United States.
- Coelho, A., de Brito, J., (2010), “Economic analysis of conventional versus selective demolition - A case study”, Departamento de Engenharia Civil e Arquitetura, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- Costa, M. (2009), “Processos de demolição de estruturas”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, Aveiro, Portugal.
- Couto, A., Couto, J., Teixeira, J. (2006), “Desconstrução - Uma Ferramenta para Sustentabilidade da Construção”, Seminário Brasileiro da Gestão do Processo de Projecto na Construção de Edifícios, São Paulo, Brasil.
- Couto, A., Couto, J. P. (2007), “Why deconstruction is not adequately considered in Portuguese building refurbishment”, Proceedings of the 23rd Annual ARCOM Conference, Belfast, UK.
- Crowther, P. (2000), “Developing guidelines for designing for deconstruction”, Deconstruction - Closing the loop, BRE, Watford, England.

- Crowther, P. (2001), “Developing an inclusive model for design for deconstruction”, CIB task group 39: “Deconstruction and materials reuse: Technology, Economic and Policy”, CIB Publication 266, Wellington, New Zealand.
- Crowther, P. (2002), “Design for buildability and the deconstruction consequences”, CIB task group 39: Design for deconstruction and materials reuse”, CIB Publication 272, Karlsruhe, Germany.
- Crowther, P. (2005), “The state of building deconstruction in Australia”, CIB, International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction, CIB publication 300, Report 1, University of Florida, USA.
- Eco MOD3, “Design for deconstruction”. Consultado em abril de 2013. Disponível em <http://ecomod.virginia.edu/>.
- Faria, J. (2010), “Análise de técnicas de demolição. Estado da arte da demolição seletiva em Portugal”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Minho, Guimarães, Portugal.
- Filipe, V. (2003), “Técnicas de demolição”, construlink press.
- Fueyo, L. ed. (2003). Manual de demoliciones, reciclaje y manipulación de materiales, Fueyo Editores, Madrid., Espanha.
- Gomes, G., M. (2010), “Medidas Preventivas na Execução de Trabalhos de Demolição e Reabilitação de Edifícios Antigos – Técnicas e Equipamentos de Demolição”, Dissertação de mestrado em Engenharia Civil- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.
- Gomes, R. (2000), “Demolição de Estruturas pelo uso Controlado de Explosivos”, Dissertação de Mestrado. Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- Gomes, J., Oliveira, F. (2012), “Técnicas de demolição”, Cadeira de tecnologia da construção, Mestrado Integrado em Arquitetura, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Greenwood, R. (2003), “Construction waste minimisation: Good Practice Guide”, Centre for Research in the Build Environment, Cardiff University, Cardiff, UK.

- Guy, B., Shell, S. (2002), “Design for Deconstruction and Materials Reuse”, Proceedings of the CIB Task Group 39—Deconstruction Meeting, CIB Publication 272.
- Guia Técnico - O Amianto na Construção Civil, Volume XXVII. Consultado em Abril de 2013. Disponível em <http://www.oportaldaconstrucao.com/>.
- Guy, B., Gibeau, E.M., (2003), “A Guide to deconstruction”, Deconstruction institute, Florida.
- Guy, B., Williams, T. (2003), “Final Report: Design for deconstruction and material reuse”, On behalf of the US EPA Office of Solid Waste and Emergency Response, By the Powell Center for Construction and Environment, University of Florida, Gainesville.
- Guy, B., Ciarimboli, N. (2008), “DfD: Design for Disassembly in the Built Environment: a Guide to Closed-loop Design and Building”, Hamer Center.
- Hagen, K. 2007. Deconstruction as an Alternative to Demolition – Helping the Environment, Creating Jobs, and Saving Resouces www.associatedcontent.com.
- Hechler, O., Larsen, O. P., & Nielsen, S. (2010), “Design for Deconstruction Final” Report COST C25 WG3.
- Hurley, JW, McGrath, C, Fletcher, SL & Bowes, HM. (2001), “Deconstruction and reuse of construction materials”, BRE, London.
- Hurley,J., Hobbs, G. (2005), Desconstruction and material Reuse -An Internacional Overview, Report 9 - UK Country report on Desconstruction, Rotterdam, Netherlands.
- Instituto Nacional de Estatística, Evolução do parque habitacional em Portugal (2001-2011), Edição 2012.
- Instituto Nacional de Estatística, Estatísticas da construção e habitação 2010, Edição 2011.
- Instituto Nacional de Estatística, Anuário estatístico de Portugal 2011, Edição 2012.
- Jacoby, R. (2001), “Desconstrution: A tool for reform as the construction and demolition industry moves toward sustainability”, Thesis Abstract, Antioch University Seattle, Raleigh, North Carolina.

- Júnior, B. B., Rabbani, E. R. K., Lago, E. M. G., Silva, B. V., & de Freitas, M. L. G. (2010), “Aspectos da segurança do trabalho voltados para o processo de desconstrução: estudo de caso na demolição de edificação de múltiplos pavimentos”, Universidade de Pernambuco, Brasil.
- Kasai, Y. (1998), “Demolition and reuse of concrete and masonry: Demolition methods and practice”, Proceedings of the Second International Symposium held by RILEM (the International Union of Testing and Research Laboratories for Materials and Structures), Nihon Daigaku Kaikan, Tokyo, Chapman and Hall, London.
- Keys, A., Baldwin, A.N., Austin, S.A. (2000), “Designing to encourage waste minimization in the construction industry” Department of Civil & Building Engineering, Loughborough University, UK.
- Kibert, C., A. Chini, and J. Languell. (2000), Implementing Deconstruction in the United States. Overview of Deconstruction in Selected Countries. Forthcoming CIB Publication.
- Kibert, C.J., Chini, A.R. (2003), Conference “Deconstruction and materials reuse”. CIB Publication N287, Editors University of Florida.
- Languell, J.L., Kibert, C.J. (2000), “Implementing deconstruction in Florida: Materials Reuse Issues, Disassembly Techniques, Economics and Policy”, Gainesville, Florida.
- Lam, P.T.I., Wong, F.W.H., Chan, A.P.C. (2005), “Contributions of designers to improving buildability and constructability”, Design studies, Volume 27, Issue 4, Pages 457-479.
- Leroux, K., Seldman, N. (1999), “Deconstruction: Salvaging Yesterday’s Buildings for Tomorrow’s Sustainable Communities”, Second Edition, Institute for Local Self-Reliance, Washington D.C., USA.
- “Les techniques de démolition des ouvrages en béton - inventaire des procédés”, Note d’Information Technique 144, Centre Scientifique et Technique de la Construction, Bruxelles, 1982.
- Level (2010), “Material use - Designing to minimize waste”. Consultado em Janeiro de 2010. Disponível em www.level.org.nz/material-use/minimising-waste/designing-to-minimise-waste/.

- Level (2013), “Implementing waste management”. Consultado em Abril de 2013. Disponível em <http://www.level.org.nz/material-use/minimising-waste/implementing-waste-management/>.
- Linstone, H.A., Turoff, M. (2002), “The Delphi Method Techniques and Applications”, Reading, MA: Addison-Wesley.
- Lourenço, C. (2007), “Otimização de sistemas de demolição - demolição seletiva”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.
- McGrath, C., Fletcher, S., Bowes, H. (2000), “United Kingdom Deconstruction Report”, chapter 8, Proceedings of the CIB Task Group 39 - Overview of Deconstruction in Selected Countries, CIB publication 252, Gainesville, University of Florida, USA, August, 2000.
- Manual de desconstrucció (1995), Intitut de tecnologia de la construcció de Catalunya, Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus, 1ª edició, Catalunya.
- Morgan, C., Steveson, F. (2005), “Design and Detailing for deconstruction”, SEDA Design Guides for Scotland: No 1.
- Osmandi, M., Glass, J., Price, A.D.P. (2007), “ Architects perspectives on construction waste reduction by design”, Department of Civil and Building Engineering, Loughborough University, Uk.
- Patterson, L.M., Eaton, D., Jones, S.R., Medina, J., Paparian, M., Roberti, D.A. (2001), “Deconstruction Training Manual - Waste Management Reuse and Recycling at Mather Field”, California Environmental Protection Agency, California.
- Pereira, Luís H., Said, J. Aguiar, J. L. Barroso de. (2004). “Gestão de Resíduos de Construção e Demolição”, Universidade do Minho, Guimarães.
- Projeto WAMBUCO, 2002 - “Manual europeu de resíduos da construção de edifícios”, Volume I, Programa Crescimento Competitivo e Sustentável, Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden University of Technology, Germany.

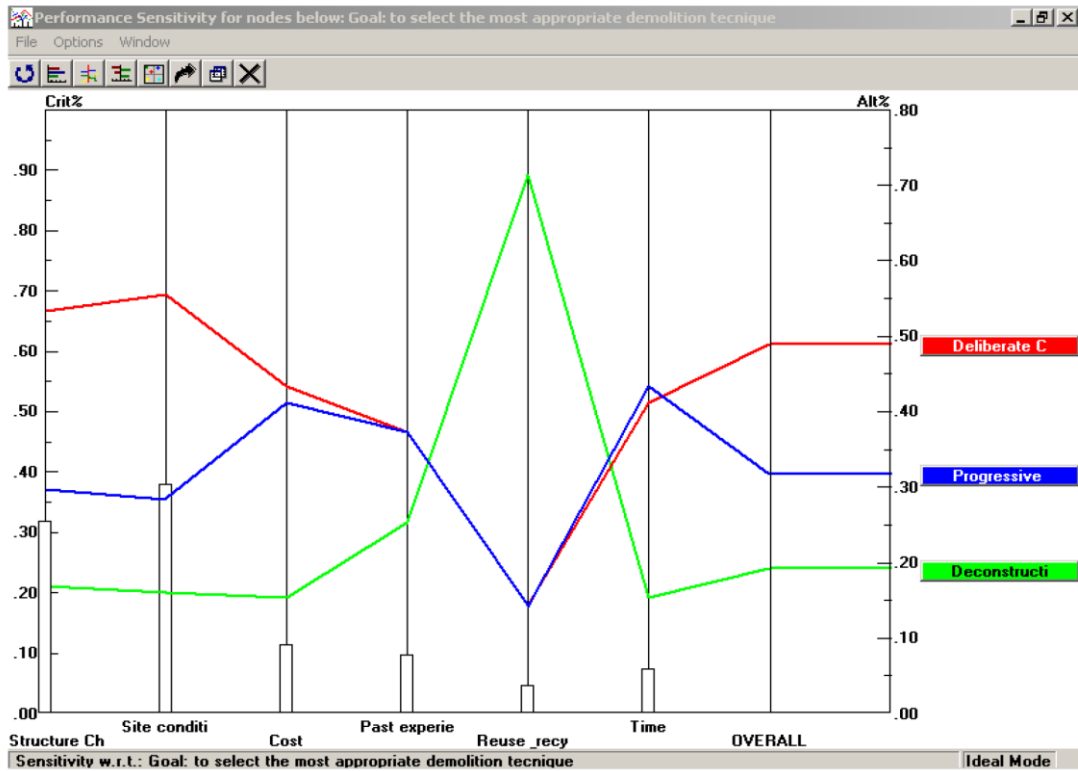
- Pocock, J.B., kuennen, S.T., Gambatese, J., Rauschkolb, J. (2006), “Constructability State of Practice Report”, Journal of construction engineering and management, Pages 373-383.
- Pulaski, M., Hewitt, C., Horman, M., Bradley, G. (2003), “Design for deconstruction: Material Reuse and Constructability”, The Pittsburgh Papers: Best of Greenbuild, Pittsburgh.
- Rajendran, P., Gomez, C.P. (2012), “Implementing BIM for waste minimisation in the construction industry: a literature review”, 2nd International conference and management, Langkawi, Malaysia.
- Rocha, M. (2012), “Proposta de indicadores de sustentabilidade na gestão de resíduos de construção e demolição”, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto.
- Saaty, T.L. (2008), “Decision making with the analytic hierarchy process”, Int. J. Service Sciences, Vol.1, No.1, Pittsburgh, USA.
- Schultmann, F., Rentz, O. (2000), ‘The state of deconstruction in Germany’, French-German Institute for Environmental Research (DFIU), chapter 3, International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction– Overview of Deconstruction in Selected Countries, CIB publication 252, Gainesville, University of Florida, USA.
- SEPA (2003), “National Waste Strategy Scotland”, The National Waste plan 2003, Waste Action Scotland.
- Silva, J.M., Salinas, L. (2001), “A problemática da gestão de resíduos da construção em Portugal numa perspectiva Europeia” Congresso Nacional da construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, Portugal.
- Silva, M. (2010), “Aproveitamento de Materiais Resultantes de uma Demolição Selectiva”, Dissertação de mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Spies, S. (2009), “3R in construction and demolition waste (CDW) - potentials and constraints”. Disponível em <http://www.uncrd.or.jp> . Visitado pela última vez em Abril 2013.

- Storey, J.B., Gjerde, M., Charleson, A., Pedersen, M. (2005), “The state of deconstruction in New Zealand”, CIB, International Council for Research and Innovation in Building Construction Task Group 39: Deconstruction, CIB publication 300, Report 6, University of Florida, USA.
- Sustainable Build (2010) Reducing and Managing Waste. Consultado em Fevereiro 2013. Disponível em <http://www.sustainablebuild.co.uk/>.
- Thormark, C. (2007), “Motives for design for disassembly in building construction”, CIB SB07 Sustainable Construction, Materials and Practices, Lisboa, Portugal.
- Torgal, F & Jalali, S. (2007), “Construção sustentável. O caso dos materiais de construção”, Congresso de Construção, Coimbra, Portugal.
- Webster, M.D., Gumpertz, S., Costello. D.T. (2005), “Designing structural systems for deconstruction: How to extend a new building’s useful life and prevent it from going to waste when the end finally comes”, Greenbuild Conference, Atlanta, GA.
- WRAP (2013), “Designing out Waste process - Implementing Designing out Waste in construction projects”. Consultado em Abril de 2013. Disponível em <http://www.wrap.org.uk>.
- Wright, J. T., & Giovinazzo, R. A. (2000). Delphi: uma ferramenta de apoio ao planeamento prospetivo. Caderno de Pesquisas em Administração, 1(12), 54-65.
- Xia, Bo, Chan, Albert, & Yeung, John F.Y. (2009), “Identification of key competences of design-builders in the construction market of the People’s Republic of China (PRC)”, Construction Management and Economics, 27(11), pp. 1141-1152.

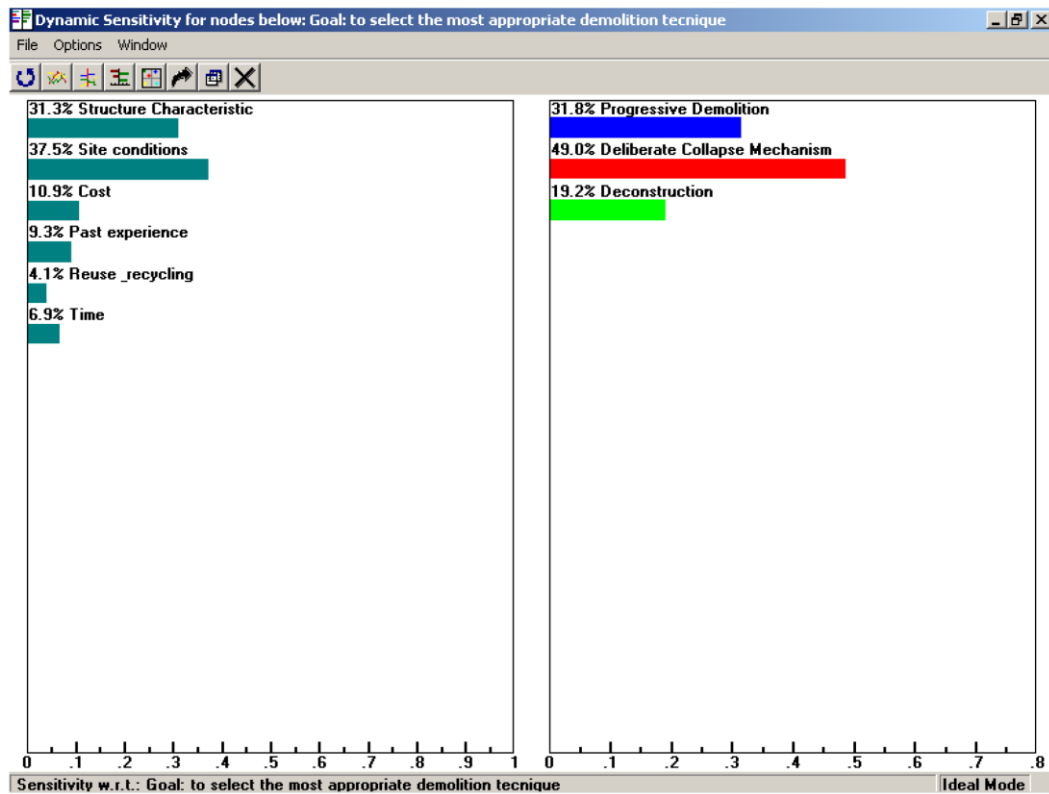
ANEXOS

Anexo A1 - Análises de sensibilidade obtidas através do Expert choice

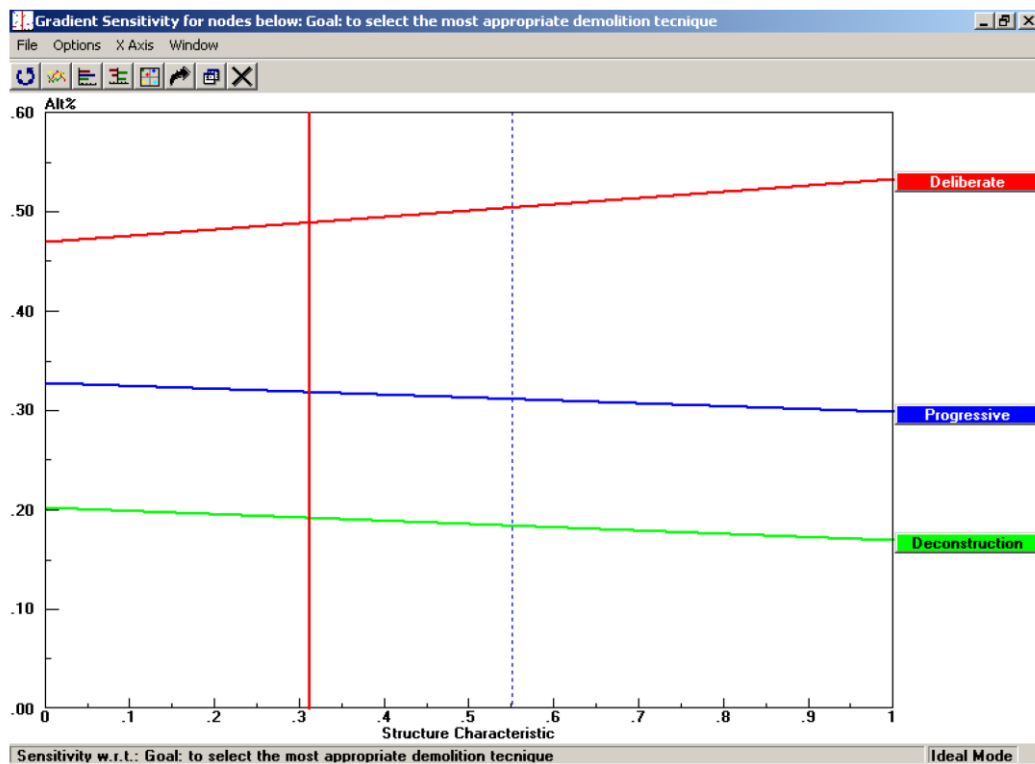
- Sensibilidade de desempenho



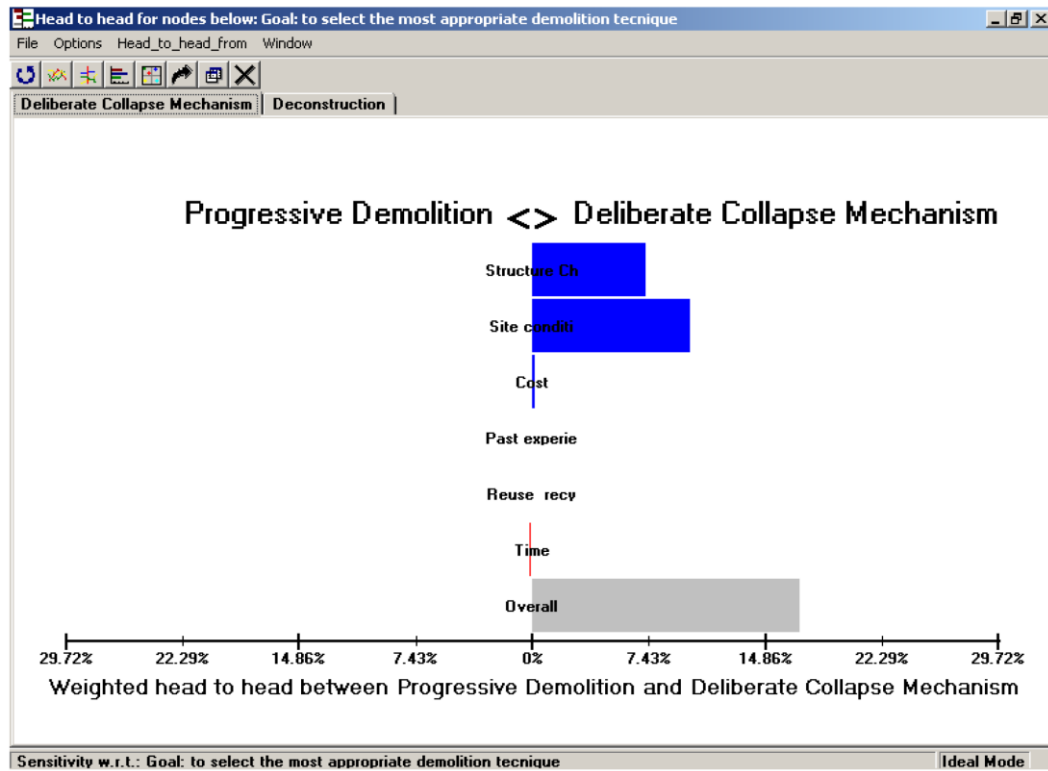
- Sensibilidade dinâmica



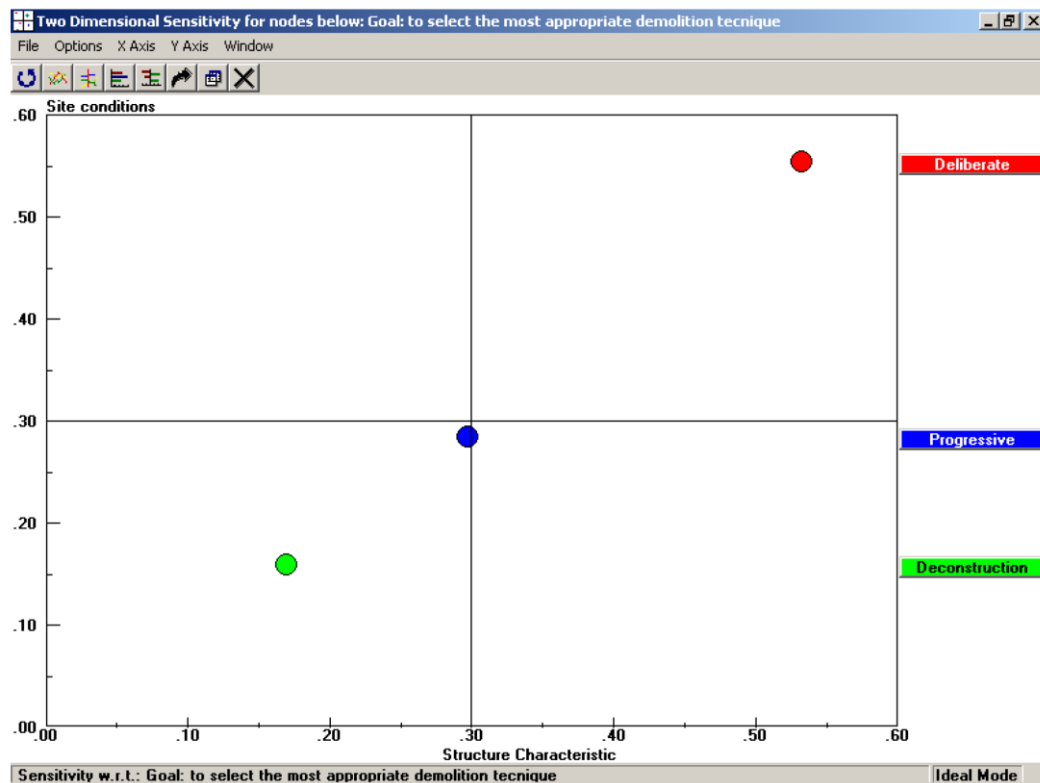
- sensibilidade gradiente



- Sensibilidade comparativa



- Sensibilidade bidimensional.



Anexo B2 - Lista de verificação da desconstrução

- Inventário de materiais e atribuição de quantidades e valores estimados para cada categoria.
- Destino dos materiais reutilizáveis, recicláveis, perigosos, resíduos da construção e demolição e resíduos sólidos. Compreender e preparar destinos específicos (contactos), mercados gerais e métodos (equipamentos, mão de obra, subcontratos) para a remoção de todos os materiais.
- Determinar se o edifício tem uma designação histórica, se está inserido num local histórico ou se exige um processo de revisão ou de taxas variáveis para licenças de demolição.
- Estimar custos e finalizar o contrato. Definir quem é responsável pela pesquisa e redução de amianto, pela remoção de todos os resíduos relacionados com os edifícios (fundações, fossas sépticas, etc).
- Verificar se o edifício contém amianto ou tintas à base de chumbo. Esta verificação deve ser realizada por uma empresa certificada.
- Desativar todos os serviços e obter uma licença para a demolição.
- Inspeccionar o edifício e elaborar um plano de desconstrução. O plano de desconstrução deve conter os perigos identificados no momento da inspeção e o cronograma geral, tarefas, técnicas e ferramentas que deverão ser utilizadas para realizar a desconstrução.
- Trabalho seguro e áreas para armazenamento de materiais tanto dentro como fora do estaleiro. Isto inclui segurança contra furtos durante o projeto, caso seja necessário.
- Utilização segura de equipamentos pesados.

(Deconstruction and reuse, 2011)

Anexo B3 - Regras de segurança para todos os trabalhadores

- Todos os trabalhadores devem comunicar à autoridade competente as condições ou práticas inseguras identificadas;
- A pessoa responsável pela supervisão dos trabalhos deve fazer com que os trabalhadores cumpram todas as regras e regulamentos necessários para manter um local de trabalho seguro e hábitos e práticas de trabalho seguro;
- O local de trabalho deve manter-se sempre limpo. É importante limpar todos os resíduos e eliminar todos os perigos na área de trabalho;
- Os trabalhadores devem usar em todos os momentos vestuário e calçado adequado. O equipamento de proteção individual (capacete, óculos de proteção, etc...) será utilizado sempre que necessário;
- Todos os funcionários devem estar presentes e participar nas reuniões de segurança realizadas, uma vez por semana, pelo supervisor;
- Qualquer pessoa sob a influência de bebidas alcoólicas e drogas, incluindo medicamentos que possam prejudicar as habilidades motoras e de julgamento, não será permitida no trabalho;
- Todas as atividades devem ser devidamente planeadas e supervisionadas para evitar acidentes no manuseio de materiais pesados e durante o uso do equipamento;
- É proibido o consumo de bebidas alcoólicas no horário de trabalho;
- Eliminar todos os resíduos de forma adequada e com cuidado;
- Não utilizar sapatos com solas finas ou danificadas.

Anexo B4 - Ferramentas básicas necessárias

Segurança

- Extintor;
- Kit de primeiros socorros;
- Número de telefone fixo e móvel do local de trabalho;
- Equipamento de proteção individual (EPI) - cada trabalhador deve possuir um capacete de segurança, botas de biqueira de aço, calças compridas, máscaras para proteção respiratória, luvas, cinto de ferramentas e, de preferência, ferramentas básicas pessoais;

- Arnês, mosquetões, corda de amarração, sistema de para-quedas.

Organização e segurança

- Sinais de alerta;
- Fita isolante amarela;
- Sacos de lixo;
- Lixo destinado a resíduos sólidos diversos;
- Recipiente de água para água potável;
- Água, para lavar as mãos;
- Copos descartáveis e toalhas de papel;
- Sabonete;
- Cavaletes;
- Detetor de corrente elétrica;
- Cabos elétricos;
- Lonas.

Ferramentas de desconstrução

- Machado, Picareta;
- Martelo;
- Pé de cabra;
- Motosserra;
- Pregos e parafusos;
- Alicates;
- Pás;
- Chave inglesa;
- Martelo;
- Compressor de ar (opcional);
- Broca;
- Fita métrica;
- Serras (serra de arco, serrote);
- Aparafusadora.

Anexo C1 - Lista de empreiteiros inquiridos - 1ª série

	Empresa	
1	Ramos Catarino S.A.	Melhores empresas para trabalhar em Portugal (2010 e 2011)
2	Conduril - Construtora Duriense, S.A	
3	Grupo Lena - Lena Construções	
4	Ferrovias e Construções S.A.	
5	Lúcios - Engenharia e Construção	
6	Grupo ProCME	
7	Soares da Costa - Grupo SGPS	
8	Zagope - Grupo Andrade Gutierrez	
9	Alberto Couto Alves - Grupo ACA	
10	Grupo FDO	
11	Grupo Turiprojecto	
12	DST - Domingos da Silva Teixeira, S.A.	
13	Sotecnisol	
14	Grupo Europa – Arlindo	
15	Tecnovia	
16	Grupo OPWAY	
17	Grupo Mota-Engil	
18	Somague	
19	Teixeira Duarte	
20	Bento Pedroso Construções, S.A.	
21	Grupo MonteAdriano, S.A.	
22	Construtora do Tâmega, S.A.	
23	Grupo Casais	
24	HCI Construções	
25	Construtora Abrantina	
26	Grupo Hagen	
27	Ensulmeci	
28	Gabriel Couto	
29	J. Gomes, S.A.	
30	Manuel Rodrigues Gouveia, S.A.	
31	Obrecol - Obras e Construções, S.A.	
32	Novopca Construtores	

33	Eusébios e Filhos, S.A.
34	Pimenta & Rendeiro, S.A.
35	Edivisa - Empresa de construções S.A.
36	Edificadora Luz & Alves, Lda
37	Obriverca
38	Grupo ABB
39	Britalar - Sociedade de Construções, S.A.
40	Arlindo Correia & Filhos, S.A.
41	Grupo Edifer
42	Brisa - Auto-estradas de Portugal S.A.
43	MSF Engenharia
44	Edimade - Edificadora da Madeira, S.A.
45	Rosas Construtores, S.A.
46	Viatel
47	Grupo SanJosé
48	Avelino Farinha & Agrela, SA
49	Amândio Carvalho, S.A.
50	Pinto & Cruz
51	Montiterrras - Sociedade de terraplanagens, S.A.
52	Ramalho Rosa Cobetar, S.A.
53	José Coutinho - Sociedade de Construções
54	Marques S.A.
55	Irmãos Cavaco S.A.
56	Neocivil - Construções do Algarve, S.A.
57	Armando Cunha S.A.
58	Bosogol - Construções e Obras Públicas S.A.
59	Engiarte - Engenharia e construções, S.A.
60	Fernandes & Soares Cosntruções S.A.

Anexo C2 - Lista de projetistas inquiridos - 1ª série

	Empresa
1	Acet - Antero Cardoso
2	Aqualogos
3	ARIPA
4	Armando Rito Eng., S.A.
5	Arquero
6	ASEP
7	CENOR
8	CMVM
9	COBA
10	Enerpower
11	Engidro
12	FASE, Estudos e Projectos
13	GMF
14	Grupo Europa - Arlindo
15	Grupo Turiprojeto
16	Manuel Rodrigues Gouveia, S.A.
17	4Rs
18	Omega
19	P&M - Projeto e Medições
20	Perry da Câmara & Associados
21	Sopsec
22	Tavares Vieira, Lda
23	Techonoedif Engenharia
24	Tecnoplano, S.A.
25	VHM – Coordenação e Gestão de Projectos SA
26	PROGITAPE

Anexo C3 - Lista de empreiteiros inquiridos - 2ª série

	Empresa
1	Ramos Catarino, S. A.
2	Ferrovias e Construções, SA
3	Lúcius - Engenharia e Construção, S.A.
4	Soares da Costa, S.A. - Grupo SGPS
5	Alberto Couto Alves, S.A. - Grupo ACA
6	Grupo Turiprojecto
7	Domingos da Silva Teixeira, S.A. – DST
8	Tecnovia, S.A.
9	Somague
10	Bento Pedroso Construções, S.A.
11	Construtora do Tâmega, S.A.
12	Ensulmeci
13	MRG, S.A.
14	Obrecol - Obras e Construções, S.A.
15	Obriverca
16	Arlindo Correia & Filhos, S.A.
17	Grupo Edifer
18	MSF Engenharia, S.A.
19	Montiterras - Sociedade de terraplanagens, S.A.
20	Ramalho Rosa Cobetar, S.A.
21	José Coutinho - Sociedade de Construções, S.A.
22	Engiarte - Engenharia e construções, S.A.

Anexo C4 - Lista de projetistas inquiridos - 2ª série

	Empresa
1	Technoedif Engenharia, S.A.
2	Perry da Câmara e Associados
3	PROGITAPE
4	4'R
5	Arqueuro
6	Engº Tavares Vieira, Lda
7	ENGIDRO
8	ASEP
9	ACET
10	SOPSEC
11	Enerpower
12	Projectos e Medições
13	Tecnoplano, SA
14	VHM
15	GMF Arquitectos, Lda
16	TECNOPERT - Projectos e Planeamento, Lda

Anexo C5 - Cálculo do IIR (1ª série de inquéritos)• **Secção I**

	IIR (%) Empreiteiros	IIR (%) Projetistas
1. Aspetos físicos do edifício		
Forma estrutural do edifício	86	89,8
Localização do edifício	77	75,9
Âmbito da demolição	83	76,9
Nível de perturbação possível	78	79,6
Dimensão do edifício	80	87,9
Utilização do edifício	65	74
2. Legislação e ambiente		
Segurança	91	78,7
3. Contratuais		
Tempo disponível	87	87,4
4. Outros aspetos		
Custos monetários	71	87
Atitude habitual da firma de demolição	77	73,1
Destino previsto para os materiais e componentes	90	83,7

• **Secção II**

	IIR (%) Empreiteiros	IIR (%) Projetistas
1. Perceção e educação		
A fase de “demolição” é um incómodo (deve ser o mais curta possível)	76	86,5
Atitude das pessoas (apatia)	78	66,3
Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados	87	77,8
Promoção da reciclagem e não da reutilização	89	79,6
Desconhecimento das possibilidades de utilização	91	82,4
Falta de tempo	79	77,8
Falta de informação específica	85	83,3
2. Económicas e de mercado		

Baixo custo de alguns materiais novos	81	82,7
A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada do que a demolição tradicional	87	83,3
Falta de mão-de-obra especializada	75	75
Pressões de mercado – o clima corrente de “o mais rápido possível”	87	83,3
Os benefícios económicos e ambientais não estão bem estabelecidos	85	75,9
Fatores de custo desconhecidos na desconstrução	84	74,1
O custo de eliminação dos resíduos é baixo	63	77,9
Desinteresse pelos materiais usados devido à intermitência e falta de quantidade dos materiais	81	79,8
Inviabilidade económica	86	70,4
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	78	75,9
Falta de destino adequado para os materiais e componentes recuperados	83	70,4
Contaminação/falta de qualidade dos materiais	79	73,1
Falta de segregação dos resíduos	71	83,3
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	87	87
3. Técnicas		
Falta de conhecimento	77	81,5
Falta de informação específica	81	83,3
Disponibilidade de técnicas de desmantelamento	75	71,2
Os edifícios existentes não foram concebidos para ser desmontados	78	76,9
Falta de garantias em caso de falha	76	66,7
Falta de espaço no estaleiro	75	64,8
Dificuldades de armazenamento dos materiais	75	65,7
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	80	73,1
4. Legais e governamentais		
Falta de normas/regulamentos sobre requisitos de materiais usados	75	76,9
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	89	80,6
Falta de vontade do governo	78	70,2
Falta de monitorização dos resíduos	74	73,1
5. Conceber pensando na desconstrução		
Os novos edifícios não são concebidos pensando numa possível desconstrução	87	77,8
Os edifícios existentes não foram pensados para ser desconstruídos	87	83,3
Falta de educação acerca da conceção para a desconstrução	86	80,6
Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução	88	80,6
Falta de casos de estudo ou exemplos	79	79,6

Anexo C6 - Inquérito por questionário

Entidade inquirida*:
*Qual o nome da empresa

Morada:

Telefone:

Função*:
*Projetista ou empreiteiro

Experiência:



Universidade do Minho
Departamento de Engenharia Civil

INQUÉRITO POR QUESTIONÁRIO

A indústria da construção e demolição é responsável pela produção de uma elevada quantidade de resíduos. Ultimamente as preocupações ambientais relativas a esse assunto tem aumentado significativamente. Assim sendo, cada vez mais se utilizam processos e métodos cujo objetivo primordial consiste na maximização da quantidade de resíduos reutilizáveis e/ou recicláveis e por conseguinte na minimização de resíduos que são encaminhados para aterro. A este tipo de processos ou métodos dá-se o nome de demolição seletiva ou desconstrução.

Com o objetivo de conhecer os principais fatores que influenciam o processo de demolição e as barreiras que impedem a desconstrução de se tornar prática corrente em Portugal, foram realizados anteriormente, no âmbito de duas dissertações de mestrado, inquéritos tanto a um conjunto selecionado de empreiteiros como de projetistas. Os resultados obtidos para ambas as situações são apresentados no anexo A.

Este inquérito é realizado com o objetivo de consolidar os resultados obtidos aquando da primeira ronda do inquérito. Todas as perguntas são de resposta rápida pelo que não requerem muito tempo. A confidencialidade de todos os dados está totalmente garantida, estes apenas serão utilizados para tratamento e análise académica.

Apelo à participação e divulgação do questionário dentro da empresa para que se possam obter o máximo de respostas possíveis.

Agradeço desde já a preciosa colaboração.

Secção I: Fatores que influenciam o processo de demolição

1

Os resultados obtidos na primeira ronda do inquérito estão de acordo com as suas expectativas?

Sim Não

Se a resposta for “Não” indique por favor quais os motivos? _____

2

Tendo em consideração a hierarquia obtida através da primeira ronda de inquéritos, volte a assinalar com um X a relevância que atribui a cada uma dos fatores. Na sua resposta foque-se no contexto Nacional e tenha em atenção a seguinte escala de relevância:

- A – Muito Relevante
- B – Relevante
- C – Normalmente Não Relevante
- D – Irrelevante
- E – Sem opinião

Fatores	A	B	C	D	E
Relacionados com aspetos físicos do edifício					
Forma estrutural do edifício A tecnologia e matérias que integram a construção					
Dimensão do edifício					
Localização do edifício O acesso ao edifício					
Nível de perturbação possível A tolerância a poeiras, ruído, vibrações					
Âmbito da demolição Total ou parcial					
Utilização do edifício Habitação, indústria, comércio, ...					
Outro(s). Indique qual(ais): _____					
Relacionados com legislação e ambiente					
Segurança De trabalhadores, de pessoas e ambiente					
Outro(s). Indique qual(ais): _____					

Contratuais					
Tempo disponível					
Outro(s). Indique qual(ais): _____					
Outros aspetos					
Destino previsto para os materiais e componentes					
Atitude habitual da firma de demolição					
Custos monetários					
Outro(s). Indique qual(ais): _____					

Secção II: A desconstrução - Barreiras

1

Os resultados obtidos na primeira ronda de inquéritos quanto às barreiras à desconstrução estão de acordo com as suas expectativas?

Sim Não

Se a resposta for “Não” indique por favor quais os motivos? _____

2

Tendo em consideração a hierarquia obtida através da primeira ronda de inquéritos, volte a assinalar com um X a relevância que atribui a cada uma das barreiras à desconstrução. Na sua resposta foque-se no contexto Nacional e tenha em atenção a seguinte escala de relevância:

- A – Muito Relevante
- B – Relevante
- C – Normalmente Não Relevante
- D – Irrelevante
- E – Sem opinião

Barreiras à desconstrução	A	B	C	D	E
Perceção e Educação					
A fase de “demolição” é um incómodo (deve ser o mais curta possível)					
Atitude das pessoas (apatia)					
Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados					

Promoção da reciclagem e não da reutilização						
Desconhecimento das possibilidades de utilização						
Falta de tempo						
Falta de informação específica						
Outro(s). Indique qual(ais): _____						
Económicas e de Mercado						
Baixo custo de alguns materiais novos						
A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada do que a demolição tradicional						
Falta de mão-de-obra especializada						
Pressões de mercado – o clima corrente de “o mais rápido possível”						
Os benefícios económicos e ambientais não estão bem estabelecidos						
Fatores de custo desconhecidos na desconstrução						
O custo de eliminação dos resíduos é baixo						
Desinteresse pelos materiais usados devido à intermitência e falta de quantidade dos materiais						
Inviabilidade económica						
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade						
Falta de destino adequado para os materiais e componentes recuperados						
Contaminação/falta de qualidade dos materiais						
Falta de segregação dos resíduos						
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados						
Outro(s). Indique qual(ais): _____						
Técnicas						
Falta de conhecimento						
Falta de informação específica						
Disponibilidade de técnicas de desmantelamento						
Os edifícios existentes não foram concebidos para ser desmontados						
Falta de garantias em caso de falha						
Falta de espaço no estaleiro						
Dificuldades de armazenamento dos materiais						
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade						
Outro(s). Indique qual(ais): _____						

Implementação da desconstrução na indústria da construção Nacional

Legais e governamentais					
Falta de normas/regulamentos sobre requisitos de materiais usados					
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados					
Falta de vontade do governo					
Falta de monitorização dos resíduos					
Outro(s). Indique qual(ais): _____					
Conceber pensando na desconstrução					
Os novos edifícios não são concebidos pensando numa possível desconstrução					
Os edifícios existentes não foram pensados para ser desconstruídos					
Falta de educação acerca da conceção para a desconstrução					
Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução					
Falta de casos de estudo ou exemplos					
Outro(s). Indique qual(ais): _____					

Muito obrigada pela colaboração!

Anexo C7 - Cálculo dos IIR (Empreiteiros - 2ª série de inquéritos)• **Secção I**

Fatores	4	3	2	1	E	TOTAL	IIR	IIR (%)	Ranking
	A	B	C	D					
1. Aspectos físicos do edifício									
Forma estrutural do edifício	8	3	1			12	0,895	90	1°
Localização do edifício	1	8	2	1		12	0,687	69	4°
Âmbito da demolição	1	9	2			12	0,729	73	3°
Nível de perturbação possível	2	8	1	1		12	0,729	73	3°
Dimensão do edifício	6	5		1		12	0,833	83	2°
Utilização do edifício		5	5	2		12	0,562	56	5°
Outros: materiais utilizados na construção do edifício	1					1			
Outros: Facilidade em separar os materiais do edifício	1					1			
Outros: Integridade do edifício		1				1			
2. Legislação e ambiente									
Segurança	1	1				12	0,979	98	1°
Outros: Gestão ambiental	1					1			
Outros: Materiais que integram a construção do edifício		1				1			
3. Contratuais									
Tempo disponível	5	5	1		1	11	0,840	84	1°
4. Outros aspetos									
Custos monetários	8	4				12	0,916	92	1°
Atitude habitual da firma de demolição		1							
	2	0				12	0,791	79	3°
Destino previsto para os materiais e componentes	5	7				12	0,854	85	2°
Outros: Capacidade técnica/equipamentos da empresa de demolição		1				1			

• Seção II

	4	3	2	1					
Barreiras	A	B	C	D	E	TOTAL	IIR	IIR (%)	Ranking
1. Percepção e educação									
A fase de “demolição” é um incómodo (deve ser o mais curta possível)	3	5	4			12	0,729	73	4°
Atitude das pessoas (apatia)	1	5	4	1	1	11	0,636	64	5°
Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados	5	4	2		1	11	0,818	82	1°
Promoção da reciclagem e não da reutilização	5	4	2		1	11	0,818	82	1°
Desconhecimento das possibilidades de utilização	4	6	2			12	0,791	79	3°
Falta de tempo	1	5	5	1		12	0,625	63	6°
Falta de informação específica	3	9				12	0,812	81	2°
2. Económicas e de Mercado									
Baixo custo de alguns materiais novos	4	6	2			12	0,791	79	3°
A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada do que a demolição tradicional	8	3	1			12	0,895	89	1°
Falta de mão-de-obra especializada	4	3	5			12	0,729	73	5°
Pressões de mercado – o clima corrente de “o mais rápido possível”	3	6		3		12	0,687	69	8°
Os benefícios económicos e ambientais não estão bem estabelecidos	3	6	1	1	1	11	0,75	75	4°
Fatores de custo desconhecidos na desconstrução	3	6	3			12	0,75	75	4°
O custo de eliminação dos resíduos é baixo	1	3	5	1	2	10	0,6	60	11°
Desinteresse pelos materiais usados devido à intermitência e falta de quantidade dos materiais	1	4	5	1	1	11	0,613	61	9°
Inviabilidade económica	1	6	4		1	11	0,681	68	8°
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade		9	3			12	0,687	68	7°
Falta de destino adequado para os materiais e componentes recuperados	2	7	3			12	0,729	72	5°
Contaminação/falta de qualidade dos materiais	1	8	3			12	0,708	71	6°
Falta de segregação dos resíduos	2	4	3	3		12	0,604	60	10°
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	6	4	1	1		12	0,812	81	2°
3. Técnicas									
Falta de conhecimento	3	6	3			12	0,75	75	2°
Falta de informação específica	2	8	2			12	0,75	75	2°

Disponibilidade de técnicas de desmantelamento	2	6	4			12	0,708	71	3°
Os edifícios existentes não foram concebidos para ser desmontados	3	3	4	1	1	11	0,681	68	4°
Falta de garantias em caso de falha		4	5	2	1	11	0,545	55	7°
Falta de espaço no estaleiro	3	2	6	1		12	0,645	65	5°
Dificuldades de armazenamento dos materiais	1	4	5	1	1	11	0,613	61	6°
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	4	6	2			12	0,791	79	1°
4. Legais e governamentais									
Falta de normas/regulamentos sobre requisitos de materiais usados	1	5	6			12	0,645	65	3°
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	5	4	2	1		12	0,770	77	1°
Falta de vontade do governo	2	4	4		2	10	0,7	70	2°
Falta de monitorização dos resíduos	1	5	5	1		12	0,625	63	4°
Outros: Falta de vontade das pessoas (falta de educação para a preservação do ambiente)	1					1			
5. Conceber pensando na desconstrução									
Os novos edifícios não são concebidos pensando numa possível desconstrução	5	6	1			12	0,833	83	1°
Os edifícios existentes não foram pensados para ser desconstruídos	3	7	2			12	0,770	77	2°
Falta de educação acerca da conceção para a desconstrução	1	10	1			12	0,75	75	3°
Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução	4	8				12	0,833	83	1°
Falta de casos de estudo ou exemplos	3	4	4		1	11	0,727	73	4°

Anexo C8 - Cálculo dos IIR (Projetistas - 2ª série de inquéritos)• **Secção I**

	4	3	2	1					
Fatores	A	B	C	D	E	TOTAL	IIR	IIR (%)	Ranking
1. Aspetos físicos do edifício									
Forma estrutural do edifício	9	1				10	0,975	97,5	1º
Localização do edifício	3	4	3			10	0,75	75	4º
Âmbito da demolição	3	5	2			10	0,775	77,5	3º
Nível de perturbação possível	4	6				10	0,85	85	2º
Dimensão do edifício	3	2	4	1		10	0,675	67,5	5º
Utilização do edifício		2	3	5		10	0,425	42,5	6º
Outros: Presença de resíduos perigosos, em particular materiais contendo amianto	1					1			
1. Legislação e ambiente									
Segurança	10					10	1	100	1º
Outros: Destino a dar aos resíduos gerados		1				1			
Outros: Poluição	1					1			
2. Contratuais									
Tempo disponível	5	4	1			10	0,85	85	1º
Outros: Tipo de contrato	1								
3. Outros aspetos									
Custos monetários	3	4	3			10	0,75	75	2º
Atitude habitual da firma de demolição	1	5	3	1		10	0,65	65	3º
Destino previsto para os materiais e componentes	7	2	1			10	0,9	90	1º

- **Secção II**

	4	3	2	1					
Barreiras	A	B	C	D	E	TOTAL	IIR	IIR (%)	Ranking
1. Perceção e educação									
A fase de “demolição” é um incómodo (deve ser o mais curta possível)	2	7	1			10	0,775	78	3°
Atitude das pessoas (apatia)		7	2	1		10	0,65	65	7°
Relutância do cliente em aceitar materiais reciclados	4	5	1			10	0,825	83	1°
Promoção da reciclagem e não da reutilização		7	3			10	0,675	68	6°
Desconhecimento das possibilidades de utilização	4	4	2			10	0,8	80	2°
Falta de tempo	2	4	4			10	0,7	70	5°
Falta de informação específica	3	4	3			10	0,75	75	4°
Outros: Qualidade		1				1	0,775	78	3°
2. Económicas e de Mercado									
Baixo custo de alguns materiais novos	5	4	1			10	0,85	85	2°
A desconstrução necessita de mão-de-obra mais especializada do que a demolição tradicional	4	5	1			10	0,825	83	3°
Falta de mão-de-obra especializada	1	3	5	1		10	0,6	60	11°
Pressões de mercado – o clima corrente de “o mais rápido possível”	3	5	2			10	0,775	78	4°
Os benefícios económicos e ambientais não estão bem estabelecidos	3	2	4		1	9	0,722	72	5°
Fatores de custo desconhecidos na desconstrução	3	2	4		1	9	0,722	72	5°
O custo de eliminação dos resíduos é baixo	1	2	4	1	2	8	0,593	59	12°
Desinteresse pelos materiais usados devido à intermitência e falta de quantidade dos materiais		5	2	2	1	9	0,583	58	13°
Inviabilidade económica	2	2	3	1	2	8	0,656	66	9°
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	2	3	4		1	9	0,694	69	7°
Falta de destino adequado para os materiais e componentes recuperados	1	4	2		3	7	0,714	71	6°
Contaminação/falta de qualidade dos materiais	1	5	2	1	1	9	0,666	66	8°
Falta de segregação dos resíduos	1	3	4	1	1	9	0,611	61	10°
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	7	2			1	9	0,944	94	1°
3. Técnicas									
Falta de conhecimento	1	7	1		1	9	0,75	75	2°
Falta de informação específica	3	6			1	9	0,833	83	1°

Implementação da desconstrução na indústria da construção Nacional

Disponibilidade de técnicas de desmantelamento		5	3	1	1	9	0,611	61	6°
Os edifícios existentes não foram concebidos para ser desmontados	2	4	3		1	9	0,722	72	3°
Falta de garantias em caso de falha	1	2	4	2	1	9	0,555	56	7°
Falta de espaço no estaleiro	1	4	3	1	1	9	0,638	64	5°
Dificuldades de armazenamento dos materiais	1	4	4		1	9	0,667	67	4°
Informação sobre os edifícios é pouca e de fraca qualidade	2	5	2		1	9	0,75	75	2°
4. Legais e governamentais									
Falta de normas/regulamentos sobre requisitos de materiais usados		8	1	1		10	0,675	68	3°
Falta de incentivos para a utilização de materiais usados	6	4				10	0,9	90	1°
Falta de vontade do governo	2	4	1	2	1	9	0,667	67	4°
Falta de monitorização dos resíduos	3	4	2		1	9	0,778	78	2°
Outros: Falta de fiscalização	1					1			
Outros: Falta de marcação CE		1				1			
5. Conceber pensando na desconstrução									
Os novos edifícios não são concebidos pensando numa possível desconstrução	3	5	2			10	0,775	78	3°
Os edifícios existentes não foram pensados para ser desconstruídos	4	5	1			10	0,825	83	1°
Falta de educação acerca da conceção para a desconstrução	4	5	1			10	0,825	83	1°
Falta de entendimento dos benefícios e oportunidades da desconstrução	4	4	2			10	0,8	80	2°
Falta de casos de estudo ou exemplos	4	4	2			10	0,8	80	2°