U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

SUSTENTABILIDADE PARA A DIREÇÃO DE OBRA

FÁBIO ALEXANDRE DA SILVA ABREU

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES

Orientador: Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro

JUNHO DE 2020

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2019/2020

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ miec@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

🌍 http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2019/2020 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2020*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

Ao meu Pai

"A experiência é o nome que damos aos nossos erros"
Oscar Wilde

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao meu pai pela sua ajuda preciosa para que se tornasse possível a realização deste trabalho.

Agradeço também a todos os meus colegas, amigos, professores que se cruzaram comigo ao longo da minha vida académica, e que tiveram a sua quota-parte na realização desta dissertação. Um agradecimento especial ao Professor Doutor Alfredo Soeiro por todo apoio, orientação e a sua disponibilidade total ao longo da elaboração da dissertação, permitindo a realização da dissertação.

RESUMO

A indústria da construção é responsável pela alteração do meio ambiente, decorrendo daí a produção de impactos ambientais, económicos e sociais. Esta indústria adota claramente um modelo de desenvolvimento claramente insustentável. Sendo o diretor de obra o responsável máximo no estaleiro de obras é de realçar a sua relevância na substituição do modelo de desenvolvimento adotado por esta indústria. Este é talvez o maior desafio que esta indústria enfrenta, visto que serão necessárias transformações ao longo de toda a sua cadeia produtiva.

Uma das principais preocupações a considerar pelo diretor de obra é a gestão dos resíduos de construção e demolição, uma vez que a correta gestão destes poderá contribuir de forma considerável na minimização de alguns dos impactos decorrentes da indústria da construção, como o consumo excessivo de matérias-primas, uma das principais preocupações a nível global nos dias de hoje. Os resíduos continuam a ser vistos como desperdícios, o que pode ser verificado pelo volume destes que continua a ser depositado de forma ilegal ou em aterros. De forma a efetuar uma correta gestão destes resíduos deverá ser levada em consideração a hierarquia da gestão de resíduos, de forma a diminuir a necessidade de extração de novas matérias-primas e do reaproveitamento destes resíduos.

Na presente dissertação, define-se um guia de procedimento a adotar na gestão dos RCD, onde são definidas medidas a implementar por parte do diretor de obra, tendo em consideração as diferentes vertentes da sustentabilidade. Na indústria da construção, existe um desequilíbrio evidente entre as três vertentes da sustentabilidade, dando-se especial enfâse à vertente económica.

No âmbito da gestão dos resíduos de construção e demolição, o diretor de obra deverá elaborar o planeamento adequado das operações de gestão dos RCD, como a sua correta triagem, os meios de acondicionamento iniciais, o transporte interno a realizar pelos intervenientes, os meios de transporte interno (vertical ou horizontal), e as formas de acondicionamento necessárias no parque de resíduos. Deverá fornecer a formação necessária aos diferentes intervenientes e realizar uma monitorização apropriada para verificação da aplicação das medidas previstas inicialmente e verificação de não conformidades, definindo assim as medidas de implementação corretivas. Deverá ser registada toda a informação referente à gestão dos RCD para que posteriormente seja elaborada uma análise desta e assim seja elaborada uma melhoria contínua em empreitadas posteriores.

Apresenta-se um conjunto de indicadores capazes de avaliar o nível de sustentabilidade, no âmbito da gestão de RCD. A produção dos resíduos varia bastante consoante a fase do ciclo de vida da obra, sendo que é bastante superior em obras de demolição. Tendo em consideração, as especificidades das diferentes obras e das empresas construtoras foram definidos critérios de ponderação para que seja possível elaborar uma comparação entre estas ao nível da gestão dos RCD.

Foram testados os diferentes indicadores de sustentabilidade definidos na referida proposta e comparados os resultados destes em duas obras, utilizando os critérios de ponderação e concluiu-se que estes poderão influenciar significativamente os resultados. Este estudo foi limitado devido à falta de informação disponível.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Direção de Obra, Resíduos de Construção e Demolição, Guia de Procedimentos, Indicadores de Sustentabilidade

ABSTRACT

The construction industry is responsible for changing the environment, which consequently affects environmental, economic and social impacts. Being a construction's general manager means that he is the most responsible person at the construction site and his relevance in replacing the development model adopted in this industry, in order to become sustainable. This is perhaps the biggest challenge that this industry faces, since it can undergo transformations throughout its entire production chain.

One of the main concerns to be considered by the construction's general manager is the management of construction and demolition waste, since the correct management of these can contribute considerably in minimizing their production and in increasing the reuse of these residues, which continue to be seen as a waste. The reuse of waste will lead to a decrease in the consumption of raw materials, one of the main concerns at the global level today, through its reuse or recycling.

In this dissertation, a procedural guide to be adopted in the management of the RCD is defined, in which measures are defined to be implemented by the construction's general manager, taking into account the different aspects of sustainability. In the construction industry, there is an evident imbalance between the three aspects of sustainability, with a special emphasis on the economic aspect, since the goal of the developer is the profits generated through the completion of the contract.

In the scope of the management of construction and demolition waste, the site manager must prepare the appropriate planning of the RCD management operations, such as its correct sorting, the initial packaging means, the internal transport to be carried out by the interviewers, the means of internal transport (vertical or horizontal), and the necessary forms of storage in the vast park. It should provide the necessary training to the different stakeholders and carry out an appropriate monitoring to verify the application of the measures initially planned and to verify non-conformities and thus define the corrective implementation measures. In addition, all information related to the management of the RCD should be recorded so that an analysis of the latter can be elaborated and a continuous improvement can be elaborated in subsequent works.

A set of indicators is presented, capable of assessing the level of sustainability, within the scope of RCD management. The production of waste varies widely depending on the phase of the life cycle of the work, and is much higher in demolition works. Taking into account, the specificities of the different works and construction companies, weighting criteria were defined so that it is possible to draw up a comparison between them in terms of the management of the RCD.

The different sustainability indicators defined in that proposal were tested and their results were compared in two works, using the weighting criteria and it was concluded that these could significantly influence the results. This study was limited due to the lack of available information.

KEYWORDS: Sustainability, Construction Management, Construction and Demolition Waste, Procedures Guide, Sustainability Indicators

ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS……i

RESUMO……iii

ABSTRACT……v

1. INTRODUÇÃO……1

1.1 ENQUADRAMENTO GERAL……1

1.2. OBJETIVOS……1

1.3. ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO……2

2. SUSTENTABILIDADE……5

2.1. CONCEITO E EVOLUÇÃO……5

2.2. DIMENSÕES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL……7

2.3. CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL……8

2.3.1. ATIVIDADES HUMANAS E A CONSTRUÇÃO……8

2.3.2. EVOLUÇÃO DO SETOR DA CONSTRUÇÃO……9

2.3.3. IMPACTOS ASSOCIADOS AO SETOR DA CONSTRUÇÃO……12

2.3.3.1 IMPACTOS AMBIENTAIS……14

2.4. PRINCÍPIOS DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL……17

2.5 ANÁLISE DO DESEMPENHO AMBIENTAL……20

2.5.1. ESTUDOS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL ESTRATÉGICA……21

2.5.2. AVALIAÇÃO DE IMPACTE AMBIENTAL……22

2.5.3. ANÁLISE DO CICLO DE VIDA – ACV……22

2.6. PRINCIPAIS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS……25

2.6.1. MÉTODO BREEAM ……25

2.6.2. MÉTODO LEED……27

2.6.3. MÉTODO LIDERA……28

2.6.4 MÉTODO SBTOOL^{PT}……30

3. DIREÇÃO DE OBRA……33

3.1. ENQUADRAMENTO……33

3.2. ÁREAS DE INFLUÊNCIA DA DIREÇÃO DE OBRA……34

3.2.1. PLANEAMENTO……34

3.2.2. CONTROLO DE CUSTOS……36

3.2.3. MATERIAIS……37

3.2.4. MÃO-DE-OBRA……39

3.2.5. SUBEMPREITADAS……40

3.2.5.1 DEFINIÇÃO E VANTAGENS……40

3.2.5.2 PLANEAMENTO DA ADJUDICAÇÃO……41

3.2.5.3. REALIZAÇÃO DE CONSULTAS E PEDIDOS DE RESPOSTA……42

3.2.5.4. SELEÇÃO DO SUBEMPREITEIRO……42

3.2.5.5. ACOMPANHAMENTO DOS RESULTADOS……43

3.2.5.6. RECEÇÃO DOS TRABALHOS……43
3.2.6. EQUIPAMENTOS……43
3.2.7. QUALIDADE……44
3.2.8. SEGURANÇA……47
3.2.8.1. PLANO DE SEGURANÇA E SÁUDE……48
3.2.8.2. COMPILAÇÃO TÉCNICA……48
3.2.9. AMBIENTE……49
3.2.9.1. VERTENTES DO DOMÍNIO AMBIENTAL……49
3.2.9.2. ISO 14000……50
3.2.10. ORGANIZAÇÃO DO ESTALEIRO……51

4. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO……53
4.1. ENQUADRAMENTO……53
4.2. FONTES E CAUSAS DE DESPERDICIOS NA CONSTRUÇÃO……54
4.3. IMPORTÂNCIA DE UMA CORRETA GESTÃO DE RCD……56
4.4. CARACTERIZAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RCD……60
4.5. Boas práticas na gestão de RCD……64
4.5.1. DESCONSTRUÇÃO OU DEMOLIÇÃO SELETIVA……64
4.5.2. REUTILIZAÇÃO E RECICLAGEM: CONVERSÃO DOS RESÍDUOS EM RECURSOS…67
4.6. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL AOS RCD EM PORTUGAL……70
4.6.1. DL 46/2008……71

5. PROPOSTA……73
5.1. INTRODUÇÃO……73
5.2. GUIA DE PROCEDIMENTOS NA GESTÃO DE RCD……73
5.2.1. FASE DE PROJETO……74
5.2.1.1. SELEÇÃO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO……74
5.2.1.2. SELEÇÃO DE PROCESSOS CONSTRUTIVOS……75
5.2.1.3. UTILIZAÇÃO DE INDICADORES DE REFERÊNCIA DE PRODUÇÃO DE RCD……77
5.2.1.4. DEFINIÇÃO DO PARQUE DE RESÍDUOS E LOGÍSTICA DA OPERAÇÃO DE GESTÃO DE RCD……79
5.2.1.5. SELEÇÃO DO DESTINO DE CADA RESÍDUO……82
5.2.1.6. ELABORAÇÃO DO ORÇAMENTO REFERENTE À GESTÃO DE RCD……83
5.2.1.7. FORMAÇÃO……83
5.2.2. FASE DE EXECUÇÃO……85
5.2.2.1. MONITORIZAÇÃO……85
5.2.2.2. INTRODUÇÃO DE DADOS REFERENTES À GESTÃO DE RCD E ANÁLISE……85
5.3. INDICADORES……85
5.3.1. ENQUADRAMENTO……85
5.3.2. INDICADORES DE ANÁLISE AMBIENTAL……88
5.3.3. INDICADORES DE ANÁLISE SOCIAL……97
5.3.4. INDICADORES DE ANÁLISE ECONÓMICA……101
5.3.5. TEMPO DE CÁLCULO DOS INDICADORES……103
5.3.6. CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO E PONDERAÇÃO……104

6. CASOS DE ESTUDO……107
6.1. INTRODUÇÃO……107
6.2. GESTÃO DE RCD NA EMPREITADA DE CONSTRUÇÃO DO CENTRO DE FORMAÇÃO NO BELO JARDIM……107
6.2.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPREITADA……107

6.2.2. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS ADOTADOS NAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS……..108
6.2.2.1. EXECUÇÃO DAS DEMOLIÇÕES……108
6.2.2.2. MOVIMENTAÇÃO DE TERRA……108
6.2.2.3. CONSTRUÇÃO DA ESTRUTURA DO EDIFICIO……108
6.2.2.4. MATERIAIS E PROCESSOS CONSTRUTIVOS SELECIONADOS……108
6.2.3. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS……109
6.2.4. MEIOS DE TRIAGEM……109
6.2.5. MEIOS DE ACONDICIONAMENTO……109
6.2.6. SELEÇÃO DO OPERADOR DE GESTÃO LICENCIADO E ENCAMINHAMENTO DE RCD……111
6.2.7. MONITORIZAÇÃO E COMPARAÇÃO ENTRE O PLANEADO E O VERIFICADO NA EXECUÇÃO DA OBRA, NO ÂMBITO DA GESTÃO DE RCD……112
6.2.8. SELEÇÃO DO DESTINO FINAL……114
6.2.9. ANÁLISE DO GUIA DE PROCEDIMENTOS DE GESTÃO DE RCD……114
6.3. GESTÃO DE RCD NA CONSTRUÇÃO DO EDIFÍCIO PARQUE, LOCALIZADO NA AVENIDA D. AFONSO HENRIQUES, MATOSINHOS……115
6.3.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPREITADA……115
6.3.2. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS……116
6.3.3. ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE RCD……117
6.3.4. SELEÇÃO DO DESTINO FINAL……117
6.4. CÁLCULO DE INDICADORES……118
6.5. CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO E PONDERAÇÃO……121
6.6. MELHORIAS À PROPOSTA DE INDICADORES……125

7. CONCLUSÕES……127
7.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS……127

BIBLIOGRAFIA……129

ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1 – Procura de equilíbrio [53]……6
Figura 2.2 – Objetivos do desenvolvimento sustentável [1]……8
Figura 2.3 – Fluxo simplificado das atividades humanas [8]……9
Figura 2.4 – Fatores de competitividade na construção tradicional [2]……10
Figura 2.5 – Construção ecoeficiente [2]……10
Figura 2.6 – Construção sustentável [2]……11
Figura 2.7 – Atividade construtiva e ambiente [1]……12
Figura 2.8 – Ciclo de vida das construções [1]……15
Figura 2.9 – Abordagem integrada e sustentável às fases do ciclo de vida das construções [54] ……18
Figura 2.10 – Categorias da metodologia BREEAM [56]……26
Figura 2.11 – Áreas de análise do método LiderA……29
Figura 2.12 – Sistema de classificação LiderA……30
Figura 2.13 – Dimensões e categorias do sistema SBToolPT……31
Figura 2.14 – (a) Rótulo utilizado na comunicação do nível de sustentabilidade global através do sistema SBToolPT, (b) Certificado utilizado para comunicar a sustentabilidade de um edifício avaliado através da metodologia SBToolPT ……31
Figura 3.1 – Procedimentos a realizar na elaboração do plano de trabalhos [32]……35
Figura 3.2 – Principais meios a instalar num estaleiro local [32]……51
Figura 4.1 – Resíduos produzidos por atividade económica em 2006, em percentagem do total de resíduos produzidos [63]……56
Figura 4.2 – Vantagens económicas, ambientais e sociais da correta gestão de RCD……59
Figura 4.3 – Destinos dos RCD na zona litoral norte de Portugal [63]……60
Figura 4.4 – Composição dos RCD na zona litoral norte de Portugal [63]……62
Figura 4.5 – Hierarquia da gestão de resíduos para a demolição e operações de construção [46]……64
Figura 4.6 – Ordem de demolição de edifício [48]……65
Figura 4.7 – Cenários possíveis para a recuperação de materiais dentro do ambiente construído [57]……66
Figura 4.8 – Hierarquia da gestão de resíduos [39]……72
Figura 5.1 – Exemplo de um meio de transporte interno vertical dos resíduos ……79
Figura 5.2 – Formas de acondicionamento [13]……80
Figura 5.3 – Tanques com sistemas de retenção para armazenamento de resíduos perigosos……81
Figura 5.4 – Exemplo de pesquisa de operadores licenciados no distrito do Porto na gestão de RCD na plataforma online SILOGR [60]……83
Figura 5.5 – Esquema de prevenção de RCD [52]……85
Figura 6.1 – Contentor de Ferro e Aço [62]……110
Figura 6.2 – Ecoponto para madeira, plástico e embalagens compósitas [62]……110
Figura 6.3 – Baia para armazenamento de madeira [62]……110
Figura 6.4 – Identificação da fração de RCD……111
Figura 6.5 – Imagem do Edifício Parque [74]……115

ÍNDICE TABELAS

Tabela 2.1 – Estratégias a adotar no âmbito da construção sustentável, adaptado de [1,55]…18
Tabela 2.2 – Ferramentas para ACV de materiais e produtos……23
Tabela 2.3 – Fases de ACV [13]……24
Tabela 2.4 – Normas ISO na análise ACV [13]……24
Tabela 2.5 – Sistemas de classificação LEED……27
Tabela 4.1 – Fontes e causas de desperdícios na construção [63]……54
Tabela 4.2 – Tipos de RCD e percentagem no Espaço Comunitário [50]……56
Tabela 4.3 – Destino dos RCD na Holanda e na Dinamarca [63]……60
Tabela 4.4 – Capítulos da LER nos quais estão incluídos os resíduos provenientes do setor da construção, RCD's [50]……61
Tabela 4.5 – Composição dos RCD em percentagem por peso [63]……62
Tabela 4.6 – Composição dos RCD por tipo de atividade em percentagem por peso [63]……62
Tabela 4.7 – Etapas da fase de desmantelamento da demolição seletiva [50]……65
Tabela 4.8 – Principais fontes de produção e técnicas de reciclagem ou reutilização de resíduos inertes [61]……68
Tabela 4.9 - Principais fontes de produção e técnicas de reciclagem ou reutilização de resíduos não perigosos [61]……69
Tabela 4.10 - Principais fontes de produção e técnicas de reciclagem ou reutilização de resíduos perigosos [61]……70
Tabela 4.11 – Principais documentos legislativos, que podem incidir sobre os RCD, aprovados em Portugal, nos últimos anos [63]……70
Tabela 5.1 – Vantagens e desvantagens do LSF [57]……77
Tabela 5.2 – Padronização Internacional de Cores, adaptado de [58]……81
Tabela 5.3 – Proposta de indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD……87
Tabela 5.4 – Indicador de produção total de RCD……88
Tabela 5.5 – Indicador de constituição de RCD……89
Tabela 5.6 – Indicador de materiais ecológicos……90
Tabela 5.7 – Indicador de conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD……91
Tabela 5.8 – Indicador de destinos finais de RCD……92
Tabela 5.9 – Indicador de triagem em obra……93
Tabela 5.10 – Indicador de qualidade do plano de triagem……94
Tabela 5.11 – Indicador de eficácia das medidas de prevenção de produção de RCD……95
Tabela 5.12 – Indicador de prevenção da contaminação ambiental……96
Tabela 5.13 – Indicador de frequência de recolha de RCD……97
Tabela 5.14 – Indicador de flexibilidade do projeto……98
Tabela 5.15 – Indicador de qualidade do plano de formação……99
Tabela 5.16 – Indicador de tempo de formação……100
Tabela 5.17 – Indicador de eficácia das formações realizadas……101
Tabela 5.18 – Indicador de custo da gestão de RCD……102
Tabela 5.19 – Indicador de peso do custo da gestão de RCD……102
Tabela 5.20 – Indicador da eficácia do plano de gestão de RCD……103
Tabela 5.21 – Indicador de desvios de custo da gestão de RCD……103
Tabela 5.22 – Tempo de cálculo dos indicadores……104
Tabela 6.1 – Principais fontes de produção de RCD……109
Tabela 6.2 - Lista de Operadores Licenciados para a Gestão das diferentes tipologias de RCD na empreitada [62]……111
Tabela 6.3 – Proveniência, identificação dos reciclados e da quantidade a incorporar na obra……112
Tabela 6.4 – Identificação dos materiais e quantidades a reutilizar em obra estimados no PPGRCD de projeto e verificados em obra……113
Tabela 6.5 - Estimativa da produção prevista no PPGRCD, a produção identificada em obra de resíduos e RCD, por código LER……113
Tabela 6.6 - Operações de destino definidas no PPGRCD de projeto e as operações de destino

identificadas em obra, por código LER……..……..……..……..……...114
Tabela 6.7 – Composição dos RCD segundo código LER……..……...116
Tabela 6.8 – Destino Final dos diversos resíduos produzidos……..……118
Tabela 6.9 – Descrição dos indicadores analisados nas duas obras……..……119
Tabela 6.10 – Produção total de RCD (ton/m2)……..……..……..……119
Tabela 6.11 – Constituição de RCD……..……..……..……..……120
Tabela 6.12 – Destinos finais selecionados……..……..……..……...120
Tabela 6.13 – Desvios de quantificação de produção de RCD entre a prevista e a realmente produzida……..……..……..……..……..……..……120
Tabela 6.14 – Quantidade de misturas de RCD presentes na composição de RCD……..…121
Tabela 6.15 – Cenários em análise……..……..……..……..……..…121
Tabela 6.16 – Ponderação atribuída aos diferentes cenários……..……..……..…122
Tabela 6.17 – Pontuação do indicador relativo à produção de RCD……..…122
Tabela 6.18 – Pontuação do indicador relativo à conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD……..……..……..……..……..……..……..…123
Tabela 6.19 – Pontuação do indicador relativo à triagem em obra……...123
Tabela 6.20 – Pontuação do indicador relativo ao destino final de RCD……123
Tabela 6.21 – Pontuação dos indicadores……..……..……..……..……..…123
Tabela 6.22 – Resultados de sustentabilidade na gestão de RCD……..……124

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

PIB – Produto Interno Bruto

UE – União Europeia

CIB – Conselho Internacional da Construção

AIA – Avaliação de Impacte Ambiental

ACV – Análise de Ciclo de Vida

BREEAM – Building Research Establishment Assessment Method

LEED – Leadership in Energy & Environmental Design

DO – Diretor de Obra

DS – Demolição Seletiva

LSF – Light Steel Framing

1
APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

1.1 Introdução

Na presente dissertação, é feita uma análise do conceito do desenvolvimento sustentável e da necessidade de aplicação deste na indústria da construção, devido aos impactos decorrentes desta, ao nível das três vertentes do desenvolvimento sustentável, a económica, a social e a ambiental. Esta indústria é considerada como sendo uma das atividades menos sustentáveis do planeta, devido ao consumo excessivo de matérias-primas, da produção de resíduos e o seu não reaproveitamento.

A direção de obra desempenha um papel significativo na substituição do modelo de desenvolvimento adotado pelo setor construtivo, visto ser o principal responsável no estaleiro de obras. No entanto, é necessária a mudança na forma de pensar de todos os intervenientes ao longo da cadeia produtiva do setor construtivo, pelo que é o maior problema que este setor enfrenta atualmente.

A problemática da gestão dos RCD merece especial atenção devido ao consumo excessivo existente de matérias primas, que poderá ser ultrapassado através da correta gestão de RCD, isto é, através da implementação de medidas preventivas de produção de resíduos e do maior aproveitamento dos resíduos produzidos.

1.2 Objetivos

Com a elaboração desta dissertação pretende-se evidenciar a relevância da direção de obra na aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável no setor da construção civil. Como tal, foi selecionada uma tarefa relevante para a sustentabilidade na Direção de Obra, a gestão de RCD. Assim, definiram-se os seguintes objetivos:

- Analisar o conceito de sustentabilidade na construção e a sua evolução até aos dias de hoje;
- Analisar as tarefas desempenhadas pelo diretor de obra e definir um conjunto de medidas a implementar nestas no sentido de incremento de sustentabilidade na obra;
- Analisar a problemática da gestão de resíduos e a necessidade da sua realização de forma sustentável;
- Elaboração dum guia de sustentabilidade na gestão de resíduos;
- Proposta de um conjunto de indicadores que avaliem o desempenho das práticas implementadas e que verifiquem a existência de sustentabilidade no modo de gestão de RCD em vários tipos de obras diferentes;

- Aplicação dos indicadores e do grau de procedimentos propostos em casos de obras reais.

1.3 Organização do trabalho

A presente dissertação é constituída por 7 capítulos, sendo, de seguida, apresentado de forma genérica o conteúdo de cada um.

O capítulo 1 constitui a contextualização do trabalho, onde é elaborada a apresentação do trabalho e a definição dos objetivos que se pretendem obter com a realização deste.

No capítulo 2 é analisada a interação entre as atividades humanas e o meio ambiente, com especial destaque para a construção civil. São analisados os impactos provocados pelo setor da construção, sob o ponto de vista económico, social e ambiental, ao longo das diferentes fases de ciclo de vida de uma obra, demonstrando a necessidade de adoção de um novo modelo de desenvolvimento por parte deste setor. É definido o conceito de sustentabilidade e apresentada a sua evolução ao longo do tempo. Para além disso, foram descritas algumas medidas para a obtenção de sustentabilidade no setor da construção civil. Foram analisados exemplos de sistemas de avaliação ambiental em edifícios, utilizados em Portugal e noutros países.

No capítulo 3 são apresentados os diferentes campos de atuação por parte do diretor de obra ao longo das fases de ciclo de vida da obra, demonstrando a sua relevância para que o conceito de desenvolvimento sustentável seja aplicado pela indústria da construção. São definidos alguns procedimentos a implementar por parte do diretor de obra, nas diferentes fases de vida da obra, com intuito de aumentar a sustentabilidade na construção civil.

No capítulo 4 foi selecionada a problemática referente à gestão de resíduos de construção e demolição, sendo analisadas as características dos diferentes resíduos presentes nos RCD, as suas fontes e causas de produção, a sua classificação, entre outros aspetos. É analisada a problemática da demolição seletiva, sendo que os trabalhos de demolição são aqueles onde são produzidas maiores quantidades de resíduos. Para além disso, são analisados os diferentes impactos decorrentes desta problemática, demonstrando a necessidade de uma correta gestão de RCD. É ainda analisada a reutilização e reciclagem dos materiais, onde são descritas algumas operações de reaproveitamento para alguns dos resíduos presentes nos RCD. É feito, também, um enquadramento legal onde são focados os aspetos mais importantes a ter em conta na gestão destes resíduos.

No que respeita ao capítulo 5, foi apresentada uma proposta de um guia de procedimentos a adotar pelo diretor de obra a ter em consideração durante a prevenção e gestão de RCD, funcionando como um complemente à legislação nacional aplicável. Foram definidos um conjunto de indicadores com o objetivo de se avaliar e comparar a sustentabilidade nas obras. Estes indicadores são propostos através de uma análise da legislação aplicável dos RCD, bem como, do estudo de boas práticas a adotar na sua gestão.

Quanto ao conteúdo do capítulo 6, foram selecionadas duas construções para uma análise do guia de procedimentos proposto e dos resultados obtidos na prevenção e gestão de resíduos. Foram calculados alguns indicadores definidos no capítulo anterior, os possíveis de acordo com os dados existentes das duas obras, e posteriormente o cálculo do índice de sustentabilidade de cada uma das obras selecionadas, analisando-se a influência dos critérios utilizados na atribuição da ponderação.

No capítulo 7 são expostas as considerações finais, bem como, algumas melhorias a desenvolver futuramente.

2
Sustentabilidade

2.1 Conceito e Evolução

Atualmente, a palavra sustentabilidade é uma das palavras em maior evidência devido à maior consciencialização por parte do ser humano relativamente aos constantes impactos ambientais provocados por este sobre o planeta, originando uma maior preocupação por parte de todo o mundo relativamente à preservação do meio ambiente. A definição do conceito de sustentabilidade é essencialmente filosófica e política, sendo bastante complexa, que provocou na sociedade uma autoanálise do comportamento do ser humano, existindo a consciência de que os impactos de uma determinada atividade resultam de todo um processo produtivo.

As primeiras aplicações do conceito de sustentabilidade surgem no documento denominado Grande Lei da Paz (a constituição dos Handenosaunee ou seis Nações da Confederação dos Iroquois), na qual os chefes das tribos indígenas avaliavam o impacto das suas decisões através dos efeitos que estas teriam sobre a sétima geração futura [3].

É na década de 70 que este conceito surge na indústria da construção, mais concretamente, na maximização da eficiência energética e minimização do desperdício, a qual surge devido ao uso excessivo das energias não renováveis, nos edifícios não residenciais e residenciais, como é o caso do petróleo para a formação de energia. Como tal, os projetistas começaram a desenvolver soluções para a resolução do problema [3].

O crescimento populacional e o contínuo esforço no sentido de desenvolvimento, associados ao aumento de nível de vida com as imposições tecnológicas e de conforto cada vez mais exigentes e a uma capacidade cada vez maior de mobilização de recursos, potencia o crescimento dos impactos ambientais com um consequente aumento de consumo de recursos.

Surge então, no final da década de 80, a definição do conceito de desenvolvimento sustentável, apresentado no Relatório de Brundtland – " O nosso Futuro Comum", o qual se definiu como " o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades", no qual se veio acrescentar a importância e peso das questões ambientais. Como tal, a integração de medidas de defesa do ambiente na política económica foi um dos objetivos do desenvolvimento sustentável. A constatação dos problemas ambientais de escala planetária causados pelo Homem, tais como as chuvas ácidas, a degradação da camada do ozono estratosférico e o aquecimento global, originou uma maior preocupação e consciencialização da relação do Homem com o planeta, quer ao nível da repercussão dos atos como ao nível dos processos. A constatação de tais problemas esteve na base da origem do conceito de desenvolvimento sustentável. Este documento demonstra a

incompatibilidade entre os padrões de consumo e produção até à data e o desenvolvimento sustentável.

Com o passar do tempo, houve uma maior consciencialização por parte da sociedade relativamente aos impactos originados por uma determinada atividade, resultante de todo um processo construtivo, originada pela constante evolução do conceito de sustentabilidade.

Em 1992, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento no Rio de Janeiro, onde foi elaborado um documento designado por Agenda 21, celebrado por um conjunto de 178 países, onde foi selado o conceito de sustentabilidade e foram descritas recomendações e especificações sobre o modo de obter o desenvolvimento sustentável, devidamente adaptado às características de cada país pelos governos, agências de desenvolvimento e grupos setoriais em todas as áreas cuja atividade humana afete o ambiente.

Este conjunto de recomendações e especificações tinham como objetivo a obtenção de um mundo ecologicamente responsável e equilibrado e promover o desenvolvimento económico com o meio ambiente.

Com o consumo excessivo de recursos, atingiu-se o ponto em que o consumo de recursos naturais supera o volume que o planeta é capaz de renovar, pois estes demoram o seu tempo para se gerarem na natureza através de processos naturais, o que pode ser melhor exemplificado no gráfico da figura 2.1. Prova disso foi em 1997, quando o Earth Council divulgou que, depois de 1980, a humanidade começou a usar recursos de forma abusiva, ultrapassando em 20% a capacidade de suporte global. Como tal, seria necessária uma mudança de comportamento através de um consumo racional e consciente, procurando o equilíbrio entre a necessidade de produtos e o consequente consumo de recursos naturais, o que se foi começando a verificar nos inícios da década de 90, em que as questões ligadas à sustentabilidade começaram a ganhar maior relevo devido à vertente ambiental, pois estavam perante um cenário de crise energética de dimensões mundiais e o impacto gerado pelo consumo da energia fóssil era preocupante devido ao exponencial crescimento das populações e, consequentemente das cidades.

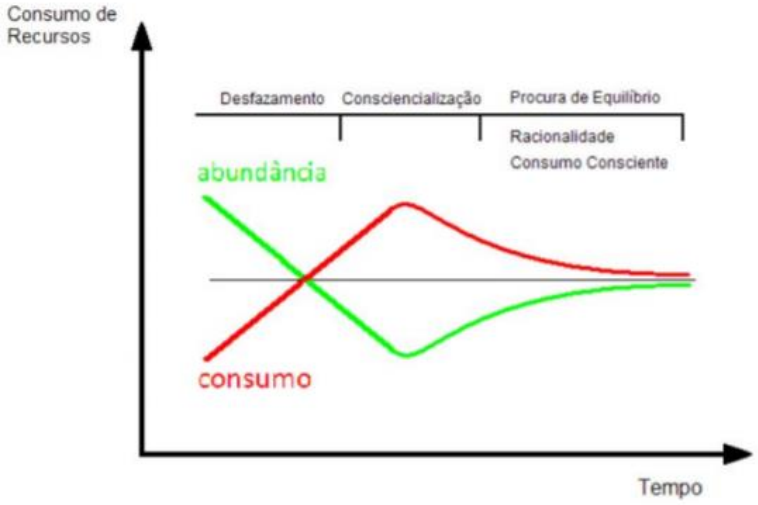


Figura 2.1 – Procura de equilíbrio [53]

Embora este conceito seja vago, contém uma ideia fundamental que consiste no equilíbrio entre o desenvolvimento e o consumo de recursos naturais, para que este não ultrapasse um patamar que seja prejudicial ao ambiente ou às gerações futuras.

Em suma, o desenvolvimento sustentável abrange, para além das preocupações ambientais as relacionadas com a equidade entre as gerações, garantindo-se que no futuro haja uma melhor qualidade ambiental, a que acrescem preocupações sociais relacionadas com o bem-estar humano. No cumprimento destes três objetivos importa garantir que, este desenvolvimento só pode aumentar, desde que balizado pelos limites necessários ao equilíbrio dos sistemas naturais e artificiais.

Em 2002, dá-se a declaração da Política de 2002 da Cúpula Mundial sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo, onde foi definido que o desenvolvimento sustentável é construído sobre "três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores" – desenvolvimento social, desenvolvimento económico e desenvolvimento ambiental, designado também por Triple BottomLine[3].

O principal objetivo desta conferência prendia-se com a análise do ponto de situação dos objetivos e metas propostas na Agenda 21 e consequentemente reajuste das áreas que apresentavam maior entrave para a sua implementação, assim como a definição de novas estratégias para a resolução dos problemas enfrentados através do debate.

Em 2005, na Cimeira Mundial das Nações Unidas, os líderes mundiais reforçam a promessa de desenvolvimento sustentável e destacam a cooperação primordial das políticas nacionais e das estratégias de desenvolvimento para que se alcance o desenvolvimento sustentável, pelo que as Estratégias Nacionais de Desenvolvimento Sustentável (ENDS) ganham maior relevo.

2.2 Dimensões do Desenvolvimento Sustentável

No ano de 1987 aquando a aprovação do Ato Único Europeu, destacam-se os seguintes princípios [1]:

- Preservação, proteção e melhoria da qualidade do ambiente;
- Contribuição para a proteção da saúde das populações;
- Utilização prudente e racional dos recursos naturais.

Na cimeira de Joanesburgo, foi definido que o desenvolvimento sustentável é construído sobre "três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores", sendo eles, a economia, a sociedade e o ambiente. O principal objetivo deste conceito passa pelo equilíbrio e conveniência harmoniosa entre as três dimensões, tendo como objetivo o crescimento económico, a qualidade de vida, a equidade entre as gerações do presente e do futuro com a prevenção do ambiente, tendo em conta também as problemáticas sociais, sanitárias e éticas do bem-estar humano.

O objetivo de satisfazer as necessidades humanas, sem comprometer as gerações futuras, implica o uso racional dos recursos naturais, para não se atingirem pontos de rutura, isto é, os padrões de consumo de recursos naturais não excedam a capacidade de regeneração destes por parte do planeta. Todas as atividades humanas, desde as atividades primárias às altamente tecnológicas, provocam impactos no ambiente [1].

A dimensão económica é aquela, que geralmente, é dada uma maior importância, apresentando um desequilíbrio face às restantes dimensões, colocando em risco as gerações futuras a curto prazo, pois é aquela que participa no Produto Interno Bruto (PIB) de cada país e gere o número de postos de trabalho. [2]

A dimensão social não deverá ser colocada de parte, visto que é nesta que se integra a satisfação das necessidades humanas básicas bem como os outros tipos de necessidades dos indivíduos, assim como a educação, lazer, entre outras. Nesta dimensão, podem estar incluídas questões condicionantes na implementação da sustentabilidade, como é o exemplo da equidade geracional e de problemas socioculturais, a partir da qual se garante que as gerações futuras possuem o necessário para a sua sobrevivência [1].

A outra dimensão do desenvolvimento sustentável que foi no passado colocada de parte, e que não deve ser ignorada é a ambiental, que integra medidas que fomentem a redução do consumo de recursos, a minimização da produção de resíduos, bem como a preservação dos ecossistemas naturais e a sua biodiversidade, assegurando que não são excedidos os limites ambientais. Para evitar e reduzir as implicações na qualidade de vida do ser humano deve ponderar-se o modo de execução das atividades. Um dos objetivos é que a taxa de consumo de recursos, como energia, água e materiais, seja renovada e mantida de forma indefinida e sem impactos ambientais consideráveis. Uma das estratégias definidas para a redução do consumo de recursos referidos é a questão dos 3 R's, reutilizar, reciclar e recuperar os componentes interessantes para outras utilizações, segundo uma hierarquia de preferências ambientais [1].

Nesse contexto, é apresentada a Figura 2.2, na qual estão representadas as três dimensões a considerar no desenvolvimento sustentável, bem como os respetivos objetivos referidos anteriormente.

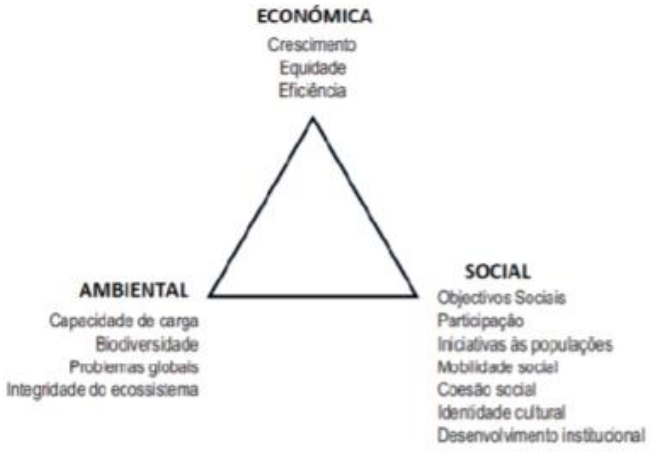


Figura 2.2 – Objetivos do desenvolvimento sustentável [1]

2.3 Construção Sustentável

2.3.1 Atividades humanas e a construção

Desde o aparecimento do Homem, que é necessária a realização das suas diversas atividades de forma a garantir a sua sobrevivência e subsistência, sendo de destacar entre estas, a construção. A construção, assim como todas as atividades humanas, para a sua realização necessita de recursos, isto é, consumo de materiais e energia, para além de medidas de intervenção física nos locais. A construção é uma das atividades humanas que requer um consumo de recursos, requerendo grandes inputs de energia, materiais e solo, originando impactos quer no meio ambiente, quer no ambiente construído [1].

O desenvolvimento, que pode ser definido como a alteração da biosfera para a satisfação das necessidades humanas, implica a necessidade de inputs de materiais, seja para efeitos alimentares,

construtivos e de energia para água para abastecimento, transporte e espaço para o fornecimento de bens e serviços. Existe, assim, uma intervenção física por parte do homem sobre o meio ambiente que gera uma pressão sobre materiais, energia, água e território, com impactos no ambiente natural e no já construído. [1,5].

Tais pressões, resultantes dos consumos, originam grandes quantidades de poluição e desperdícios. Os desperdícios são das principais causas do consumo excessivo de recursos, visto não serem devidamente aproveitados, o que conduz a uma necessidade de extração de novos materiais. Quanto à poluição, esta vai se acumulando nos ambientes em que está inserida, reduzindo assim a sua salubridade e por consequência a capacidade do meio ambiente de a assimilar [5]. Este fluxo das atividades humanas é ilustrado de forma simplificada na figura 2.3.

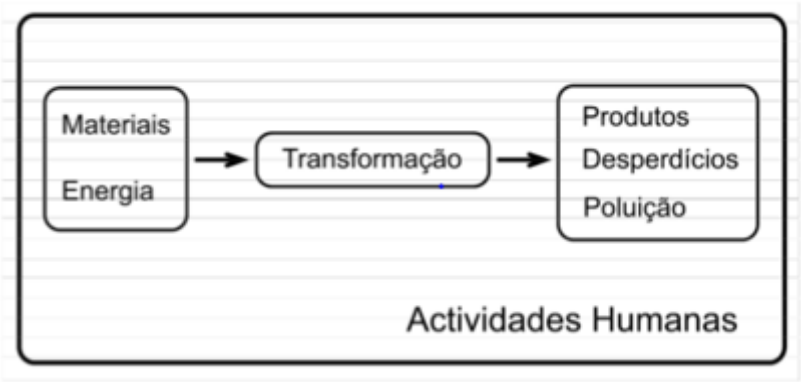


Figura 2.3 – Fluxo simplificado das atividades humanas [8]

Os impactos ambientais, sociais e económicos associados à construção repercutem-se ao longo de todas as fases de ciclos de vida, mas também para além destas. As construções têm um período de vida relativamente significativo, projetadas normalmente entre 50 ou 100 anos dependendo do tipo de construção. Isto significa que as estruturas construídas têm impactos com efeitos muito duradouros. Estima-se que cerca de 90% do tempo de vida da população do mundo ocidental é passado dentro de edifícios, seja na sua habitação ou local de trabalho [1, 6].

2.3.2 Evolução do setor da construção

Inicialmente, as construções serviriam exclusivamente para atender às necessidades básicas de abrigo, mas com o decorrer do tempo, foram sendo incrementadas as exigências acompanhadas de uma evolução as técnicas que lhe são inerentes, proporcionando uma melhor qualidade de vida às pessoas. Na construção tradicional eram tidos como fatores de competitividade exclusivamente a qualidade do produto, os custos associados e o tempo despendido, conforme ilustrado pela figura 2.4. Esta só era competitiva caso se utilizassem sistemas construtivos capazes de incrementar a produtividade durante a fase de construção, e assim, permitir uma recuperação mais rápida do investimento sem alteração dos custos da construção, ou caso se atingisse o nível de qualidade exigida no projeto [3].



Figura 2.4 – Fatores de competitividade na construção tradicional [2]

Foram introduzidas preocupações relacionadas com os impactos ambientais ao conceito de construção sustentável, durante todo o ciclo de vida de uma construção, tendo início no uso e ocupação do solo, passando pelo uso dos recursos produtivos (mão-de-obra, materiais e equipamentos), produção de efluentes e resíduos, até aos impactos gerados pelas construções sobre o ambiente natural e construído onde estas são inseridas. Através da introdução do conceito de desenvolvimento sustentável foram introduzidas novas orientações relativamente ao ciclo de vida das construções para permitir a melhoria do seu desempenho ecológico, evoluindo assim o conceito de construção tradicional para o conceito de construção eco-eficiente, onde ao fator de competitividade qualidade foi associado o conceito de qualidade ambiental, conforme é possível visualizar na figura 2.5 [4].

A construção eco-eficiente visa construir de forma a minimizar os impactos ambientais durante todo o ciclo de vida, onde são incluídas as preocupações relacionadas com os consumos energéticos, consumo de recursos, produção de resíduos, emissão de gases poluentes e biodiversidade [4].

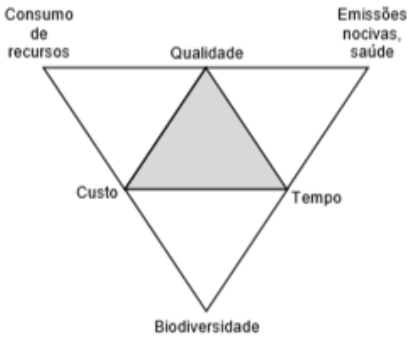


Figura 2.5 – Construção eco-eficiente [2]

Com o decorrer do tempo a construção tem vindo a evoluir, passando da construção tradicional caracterizada pela componente exclusivamente artesanal e de abastecimento local de materiais e soluções construtivas para uma globalização de soluções, materiais e à democratização do conhecimento. Verificou-se também uma evolução ao nível das tecnologias, com o aumento do grau de automatização, não sendo tão significativo quando comparado a outros setores industriais. [8]

A dimensão económica da construção sustentável é incontornável, pelo que não permitirá um desempenho ambiental excecional de forma a evitar a origem de prejuízos para as empresas [1, 9].

Nalguns países onde a preocupação com a sustentabilidade é tida em consideração, através da implementação de projetos cada vez mais ecológicos e sustentáveis, estes acabavam muitas vezes por possuir maiores consumos energéticos do que os que tradicionais, sob uma perspetiva de ciclo de vida, devido à não existência de meios efetivos para verificação da efetiva dimensão ambiental dos mesmos. [1, 9].

As diretrizes necessárias para que um dado país consiga caminhar na direção de uma construção sustentável tem de ter conta o contexto socioeconómico de cada país, pelo que não se poderão adotar as mesmas diretrizes de uma forma global [1].

É necessário ter em conta aspetos como a densidade populacional, demografia, economia nacional, nível de vida, geografia, riscos naturais e humanos, disponibilidade de energia, água, alimentação, materiais, a estrutura do setor da construção ou a qualidade das construções existentes, para que seja elaborada a interpretação nacional de cada país que se refletir-se-á em diferentes paradigmas e consequentemente em diferentes abordagens. As diferenças nas prioridades assumidas nos diversos países relativamente à construção sustentável poderão refletir o grau de desenvolvimento destes [8].

Como tal, é necessário que os Engenheiro e Arquitetos coloquem a sua criatividade, capacidade técnica e liderança ao serviço da sociedade, pois a construção sustentável constitui uma oportunidade para um setor que apresenta tradicionalmente grande resistência a novas práticas. [10]

Os principais desafios para a Engenharia e Arquitetura neste contexto podem ser reduzidos a [10]:
• maximização da economia global do edificado, da qualidade e do conforto;
• minimização do consumo de recursos e energia especialmente através do incremento das medidas de eficiência.

O desenvolvimento sustentável possui três dimensões e por isso, para além da inclusão das condicionantes ambientais e económicas há que incluir as condicionantes relativas à dimensão social, referente à equidade social e herança cultural, originando então um conjunto de novos itens a incorporar no modo tradicional de abordar a construção e consequentemente, um novo paradigma da construção, conforme é ilustrado na figura 2.6 [11].



Figura 2.6 – Construção Sustentável [2]

O conceito de desenvolvimento sustentável deve estar sempre interligado ao setor da construção

civil, abrangendo as suas três dimensões: económicos, sociais e ambientais. Como tal, a construção sustentável pressupõe a interdisciplinaridade destas três dimensões, procurando-se um equilíbrio através da eficiência, reduzindo o consumo de materiais e energia e valorizando a dinâmica ambiental, o que poderá conduzir ao início de uma etapa importante no sentido de uma melhoria do desempenho ambiental das cidades e da qualidade de vida dos cidadãos [11].

A evolução da indústria da construção apela a um novo paradigma, passando do tradicional triângulo qualidade-tempo-custo, característico da construção tradicional, para incluir também o consumo de recursos – biodiversidade – emissões e saúde e qualidade do ambiente construído e equidade social – herança cultural. Os objetivos gerais de qualquer obra de engenharia civil passam assim a incluir fatores como funcionalidade, segurança, ambiente, economia sustentável e durabilidade. Este último fator passa a ser um aspeto de grande relevância no caminho para a sustentabilidade, através do aumento do ciclo de vida da construção, assegurando um maior tempo de utilização do edificado e consequentemente a diminuição substancial da necessidade de novos materiais e dos impactos ambientais [1].

A adição das preocupações relacionadas à sustentabilidade no setor da construção e facto deste setor apresentar bastante inércia a mudanças, é possível evidenciar a complexidade da evolução dos desafios colocados a este setor. Os intervenientes desempenham um papel fulcral para que a sustentabilidade seja atingida neste setor. É necessário que estas preocupações sejam tidas em conta a montante do processo produtivo, isto é, ao nível do projeto. Como tal, é essencial que sejam definidas as escolhas apropriadas tendo em conta o conceito de desenvolvimento sustentável, a escolha de materiais e soluções construtivas, bem como a conceção, manutenção dos equipamentos de climatização, o uso eficiente do solo, o ordenamento do território e o próprio planeamento da desconstrução. A escolha das tecnologias construtivas e dos materiais tornam-se assim pontos fundamentais da construção sustentável.

2.3.3 Impactos associados ao setor da construção

A relação da atividade construtiva com o ambiente dá-se a vários níveis. Em resultados desta atividade construtiva dá-se a transformação do ambiente natural em ambiente construído, onde estão incluídos os edifícios e infraestruturas, envolvendo a operação e manutenção do ambiente construído originando efeitos no meio ambiente ao longo do tempo, conforme ilustrado na figura 2.7 [1].



Figura 2.7 – Atividade construtiva e ambiente [1]

É necessário que se entenda a relação que a construção tem com o Homem e o planeta a todos os níveis para que possa finalmente haver uma consciencialização da necessidade da aplicação do conceito de construção sustentável [5]. Sendo a construção uma atividade humana, através da transformação do meio ambiente são gerados outputs sob a forma de:

1. Resíduos (sólidos e semi-sólidos), designados mais concretamente por resíduos de construção e demolição (RCD);

2. Escorrências e efluentes líquidos;
3. Emissões de poluentes atmosféricos
4. Poluição sonora e vibrações;
5. Poluição térmica e/ou luminosa.

Para além de todos os benefícios que esta atividade proporcionou ao Homem é de realçar os impactos ambientais, sociais e económicos inerentes, tratando-se de uma das principais atividades causadoras da gradual degradação ambiental existente, prejudicando o Homem e todo o ambiente que o rodeia, colocando em causa a sobrevivência das gerações futuras. Assim, pode-se considerar, de forma simplificada, que é da responsabilidade dos intervenientes desta indústria a minimização de tais impactos indesejáveis, através da utilização eficiente e efetiva dos seus inputs (capital social, económico e ambiental), capazes de gerarem outputs capazes de proporcionar a criação de riqueza económica, aumento de qualidade de vida das populações e desenvolvimento social [66].

O desafio de sustentabilidade colocado está intimamente ligado à gestão da pressão provocada sobre o território pelo consumo de materiais, energia, água, segundo as tipologias de impactos dos ambientes construídos e edifícios, durante as suas distintas fases de vida. Além do mais, é importante referir que a prosperidade da indústria da construção é dependente da relação existente com os habitats e as diversas formas de vida do planeta.

Todo o esforço no sentido de repensar a construção, independentemente do prisma pelo qual se faz esta abordagem, seja ele tendencialmente mais focado nos aspetos económico, social, ambiental, ou outros, conduzirão invariavelmente a um campo comum de conclusões extrapoláveis para o novo paradigma denominado de Construção Sustentável, que pretende conciliá-los de um modo integrado e, espera-se, inteligente, sem que os fundamentalismos tomem o lugar da racionalidade característica da sociedade ocidental.

A indústria da construção tem uma enorme influência na economia. De facto, o investimento na atividade é uma das ferramentas utilizadas pelos governos como via para o estímulo da economia, aumento do desenvolvimento e criação de emprego. Em Portugal, o desempenho da atividade da indústria da construção é considerado como um barómetro da situação económica do país, sofrendo períodos de contração e de expansão superiores aos verificados na maioria dos outros setores e em paralelo com o comportamento da economia nacional [65].

Para além dos impactos económicos, são gerados contributos económicos positivos para a sociedade, de difícil quantificação, em consequência das profundas alterações estruturais decorrentes da utilização dos produtos da construção, os quais fornecem, por exemplo, estruturas públicas e privadas e as infraestruturas necessárias para o desenvolvimento das atividades produtivas, comércio, serviços, etc.

Este setor tem um grande impacto nas economias emergentes, sendo um dos maiores e mais significantes impulsionadores destas, o que se verifica pelo volume de dinheiro que é movimentado, pela criação de inúmeros postos de trabalhos a este associados, seja por via direta ou indireta, contribuindo de assim de forma significativa para o PIB dos países e arrastamento da economia. Tal como confirmado pelos seguintes dados [15]:

- Um dos maiores e mais ativos setores em toda a Europa, representando cerca de 30% e 7,5% do emprego, na indústria e em toda economia europeia, respetivamente;

- Apresenta uma faturação anual de cerca de 750 mil milhões de euros, representando cerca de 25% de toda a produção europeia, sendo o maior exportador mundial com 52% do mercado e um dos maiores empregadores da União Europeia;
- Nas nações industrializadas, cerca de 50% da energia consumida é destinada ao parque edificado, sendo que 40% é relativa à operação dos edifícios e os restantes 10% relativos à produção e transporte de materiais e processos construtivos. Estima-se que só se tenha atingido cerca de 1/3 do potencial de poupança energética dos edifícios, o que traduz a inadequada consideração da eficiência nas medidas de remodelação dos edifícios utilizadas;
- Na União Europeia, cerca de 50% da energia primária é importada.

Em 1995, cerca de 10% da economia global era dedicado à operação e construção de edifícios. Em 1999, na União Europeia, a indústria da construção contribuiu cerca de 9,7% para o PIB, 47,6% para a Formação Bruta de Capital Fixo. Os edifícios são o bem mais valioso de uma sociedade, em termos económicos.

Por todos estes dados acima referidos, pode-se concluir que estamos perante um setor que é claramente insustentável.

2.3.3.1 Impactos ambientais

Primeiramente, convém definir o conceito de impacto ambiental, o qual é definido como sendo o conjunto das alterações favoráveis e desfavoráveis produzidas em parâmetros ambientais e sociais, num determinado período de tempo e numa determinada área (situação de referência), originados pela realização de um projeto, nesse período de tempo e nessa área se esse projeto não viesse a ter lugar [14].

A construção é uma atividade humana intimamente ligada aos ecossistemas, necessitando da resiliência destes para a assimilação dos desperdícios e reposição de recursos para que possa aceder a recursos para energia e materiais, necessários em todo o ciclo de vida das construções.
O modo como as construções têm vindo a ser projetadas e materializadas tem um peso muito significativo na salubridade ecológica do planeta, contribuindo para a degradação do meio ambiente. Assim, o setor da construção contribui de forma considerável para a degradação do meio ambiente, tornando-se numa das principais preocupações da sociedade atual, verificado pela crescente preocupação na minimização ou compensação dos impactos negativos originados por este.

Existe uma relação de interdependência entre o ambiente natural e o ambiente construído, a interação entre os dois tipos de ambientes permite a constatação dos impactos inerentes. Assim, para uma minimização dos impactos produzidos pelo ambiente construído no ambiente natural é necessário que a interação entre estes seja minimizada, através da minimização quer de inputs quer de outputs, isto é, diminuição do consumo de recursos assim como a diminuição de resíduos, efluentes e gases poluentes libertados no ambiente natural [2].

As intervenções necessárias no local da construção provocam naturalmente alterações do ambiente natural e ambiente construído, como é o caso da emissão de poeiras, produção de ruído, alterações do uso do solo, consumo de matérias-primas, energia e água, produção de resíduos, aumento do tráfego da área, podendo degradar a sua envolvente também a sua envolvente através

de vibrações ou sujidade. Como tal, o processo construtivo contribui de forma significativa para a ocorrência de impactos ambientais [13].

Estes impactos ocorrem ao longo do tempo, pelo que se terá de considerar estes ao longo do ciclo de vida das construções. Entende-se por ciclo de vida de uma construção, iniciado na sua conceção até à respetiva desativação/fim-de-vida (Figura 2.8), a não ser que haja uma renovação da construção. Muitas vezes, na análise dos impactos ambientais da construção, esta é centrada essencialmente na fase de construção, colocando em segundo plano as restantes fases de ciclo de vida de uma construção, sendo que esta está associada a período bem mais reduzidos (meses) em comparação à fase de operação (anos), tornando-a pouco representativa e redutora. Tal abordagem deve-se ao facto de na fase de construção se produzirem impactos elevados e concentrados num curto período de tempo. Em suma, os impactos originados pela atividade construtiva resultam da totalidade do ciclo de vida das construções, onde se inclui a construção propriamente dita, a operação das estruturas construídas, a sua manutenção e desconstrução, conforme ilustrado na figura 2.8 [1].

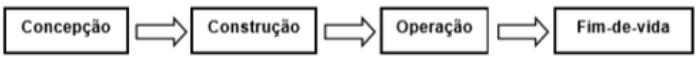


Figura 2.8 – Ciclo de vida das construções [1]

A compreensão das diferentes fases da construção e dos impactos de cada uma, tanto na realização como os que prevalecem durante todo o seu ciclo de vida, permite-nos perspetivar e pensar modos de agir no sentido de mitigar, e mais importante ainda, evitar muito destes impactos.

Seguidamente são apresentados os impactos ambientais mais significativos em cada uma das fases de ciclo de vida de uma construção [11].

1. **Fase de conceção**

De uma maneira geral, na fase de conceção os impactos ambientais são muito reduzidos, estando maioritariamente relacionados a consumos de energia, para transportes e deslocações ao local ou para execução de tarefas nos escritórios, sendo praticamente insignificantes quando comparados com as restantes fases.

2. **Fase de construção**

Esta fase diz respeito à fase de execução do projeto, de onde resultam os seguintes impactos ambientais:

- Consumo elevado de materiais o que origina a extração e consumo de matérias-primas;
- Produção de resíduos e o seu não reaproveitamento;
- Possível contaminação de solos, devido à existência de materiais perigosos nas construções e de materiais combustíveis, quando estes não são devidamente controlados ou armazenados;
- Produção de efluentes que se não tiverem o devido tratamento poderão ter efeitos nocivos nos meios hídricos.
- Produção de emissões poluentes, criação de poluição acústica através das vibrações e degradação estética do local;
- Aumento da probabilidade de ocorrência de cheias e escorrência superficial devido à necessidade de criação de zonas impermeabilizadas;

- Interferências na fauna e flora e respetivas dinâmicas dos ecossistemas quando as atividades construtivas são intrusivas em zonas ambientais naturais.

3. Fase de operação

Na fase de operação podem ser incluídas as operações de manutenção e renovações pontuais. Sendo que esta fase corresponde à fase de utilização, os impactos mais significativos decorrentes desta fase resultam do consumo de água, energia e de materiais, produção de efluentes, resíduos e emissões atmosféricas.

Por exemplo, 80% da água consumida é descarregada sob a forma de efluentes líquidos, exigindo tratamento adequado pela parte de ETAR's o que leva ao consumo de energia e reagentes e à produção de lamas. [1]

4. Fase de fim-de-vida

Na fase de fim-de-vida, os impactos ambientais mais significativos originados são semelhantes aos da fase de construção, sendo de realçar a maior produção de resíduos nesta fase e um menor consumo de materiais. Existindo, porém, importantes impactos referentes às emissões de ruído, vibrações e poeiras e ao consumo de energia.

A maioria das infraestruturas e edifícios projetados na atualidade tem um tempo de vida superior a 50 anos, sendo que alguns edifícios e estruturas existentes podem ultrapassar os 100 anos de vida, traduzindo-se num efeito duradouro dos impactos associados, pelo que se tornam importantes de considerar, seja ao nível das emissões e cargas poluentes, ao nível ou dos consumos ou da acumulação de materiais [1].

O consumo inconsequente e excessivo de matéria prima em conjunto com o não aproveitamento dos resíduos produzidos origina a delapidação dos recursos. Em todo o mundo, os edifícios consomem cerca de 50% de todos os recursos na sua construção e operação, o que equivalente a cerca de 3000 Mt/ano de matérias primas, o que constitui um fator crítico na delapidação de recursos e de impactos no ambiente. Em termos ambientais, é responsável por 30% das emissões de carbono e cerca de 40% dos gases de efeito de estufa resultam da construção e utilização de edifícios. A indústria da construção é responsável pelo consumo anual de aproximadamente 40% de pedra bruta, agregados, areia, aço e cerca de 25% de madeira virgem [15].

Para além dos impactos ambientais induzidos pela atividade construtiva mencionados anteriormente, importa referir também a poluição do ambiente interior pois existem materiais de construção que contêm substâncias tóxicas e não sendo assegurada a ventilação apropriada deste espaço interior poderão advir riscos de saúde para os seus utilizadores. É aconselhável a seleção de mecanismos de ventilação natural em detrimento dos de ventilação mecânica.

O conhecimento, por parte dos intervenientes do setor da construção, da existência de tais impactos negativos gerados por este setor, originou a que houvesse uma maior consciencialização da necessidade de um novo modo de conceber a construção, rever e modificar os seus modos de operação, satisfazendo as necessidades humanas, mas protegendo e preservando simultaneamente a qualidade ambiental e os recursos naturais.

2.4. Princípios da construção sustentável

A construção sustentável surge em consequência da insustentabilidade verificada no setor da construção civil, pois apesar da indústria da construção ser um dos setores económicos mais importantes na União Europeia, esta continua a basear-se excessivamente em sistemas construtivos convencionais e na utilização de mão-de-obra não qualificada, sendo caracterizada pela utilização inconsequente e ineficiente dos recursos naturais e de energia não renovável, pela produção excessiva de resíduos e sendo das indústrias que contribui menos para a reciclagem. Devido a estes fatores, esta indústria é uma fonte de poluição de peso quer a nível local quer a nível global e dada a sua importância na sociedade atual, cada vez mais, a indústria da construção terá um papel fulcral no incentivo de uma dinâmica de mudança, sendo este um desafio fundamental para que se atinja um desenvolvimento sustentável nesta indústria.

Destes valores resulta a necessidade de reequacionar a conceção, a construção, operação e a desconstrução/demolição daquilo que se constrói. Ao novo paradigma afigura-se como principal desafio para a qualidade de vida, o desenvolvimento económico e a equidade social.

Em 1994 é realizada a primeira conferência internacional sobre Construção Sustentável, patrocinada pelo Conselho Internacional da Construção (CIB) em resposta à necessidade de sustentabilidade na indústria da construção civil. Nesta conferência foram estabelecidos sete princípios básicos da construção sustentável:

1. Minimizar o consumo de recursos;
2. Maximizar a reutilização de recursos;
3. Utilizar recursos renováveis e recicláveis;
4. Proteger o ambiente natural;
5. Criar um ambiente saudável e não tóxico;
6. Fomentar a qualidade ao criar o ambiente construído;
7. Aplicação de análises de ciclo de vida em termos económicos.

Estes princípios aplicam-se a todo ciclo de vida de uma construção, desde a fase de projeto à demolição. Aplicam-se também aos inputs necessários para criar e explorar o ambiente construído durante o seu ciclo de vida: materiais, água, energia, solo e os ecossistemas. Como tal, a aplicação destes princípios básicos da construção sustentável deve ser feita através de uma abordagem integrada, a todas as fases de ciclo de vida de uma construção, merecendo a devida atenção a utilização dos diversos recursos nas diferentes fases de ciclo de vida. É sobre este prisma de monitorização e pensamento integrado que os diversos agentes intervenientes deverão ter em consideração. Equacionar de modo consubstanciado a sustentabilidade e a construção prendem-se essencialmente com materiais e energia.

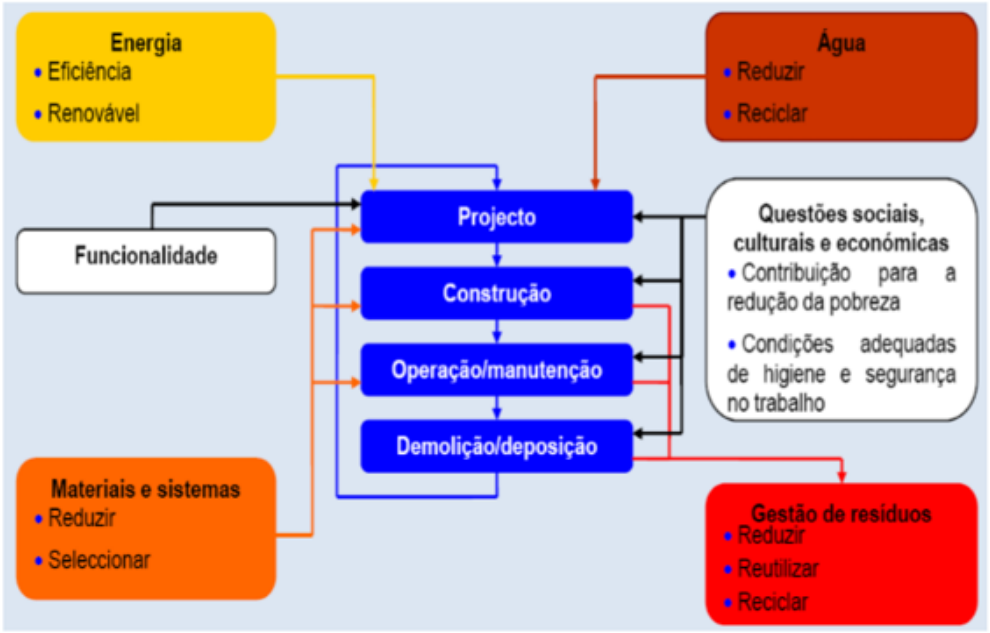


Figura 2.9 – Abordagem integrada e sustentável às fases do ciclo de vida das construções [54]

Para uma maior eficácia na obtenção de uma construção sustentável é necessário que se apliquem os devidos princípios e as devidas precauções o mais a montante possível do processo construtivo, ou seja, na fase de projeto.

De seguida, é apresentado um quadro com a descrição de algumas estratégias a adotar no âmbito da sustentabilidade na construção civil consoante as diferentes áreas de aplicação.

Tabela 2.1 – Estratégias a adotar no âmbito da construção sustentável , adaptado de [1, 55]

Área	Problemas principais	Estratégias
Ocupação do Solo	Uso Eficiente do Solo	Aproveitamento dos edifícios existentes
		Aumento das atividades de reabilitação e recuperação
		Criação de edifícios multifuncionais
	Escolha do local	Consideração do contexto local (clima, topografia, impacte visual, ruído, económica local)
	Proteção da natureza	Proteção da flora e da vida selvagem
		Criação de zonas de boa permeabilidade
	Aumento da utilização de transporte públicos	Criação de zonas de boa acessibilidade aos transportes públicos na proximidade dos edifícios
	Longevidade dos edifícios	Projeto com vista à flexibilidade/adaptabilidade de modo a permitir o ajuste a novas utilizações
		Projeto com vista a um desempenho de elevada qualidade durante todo o ciclo de vida

		Utilização dos instrumentos de Análise do Ciclo de vida (Life Cycle Assessment - LCA) e Life Cycle Cost (LCC)
		Compreensão das necessidades e requisitos dos futuros utilizadores
Energia	Otimização do consumo de energia	Utilização de sistemas de gestão energética
		Utilização de fontes de energia renovável
		Eficiência energética dos materiais de construção utilizados, como por exemplo, a escolha de materiais locais, que permite a diminuição das necessidades de transporte para o local
		Adoção de sistemas de construção/demolição simples
	Otimização da iluminação	Maximização da iluminação natural/iluminação passiva no interior dos edifícios
	Otimização de aquecimento/arrefecimento	Conceção procurando que, devido à orientação do edifício e aos materiais adotados, não seja necessário recorrer exageradamente à utilização de sistemas de aquecimento/arrefecimento, diminuindo assim o consumo energético
	Edifícios energeticamente eficientes	Projeto integrado para a eficiência energética
		Garantia da qualidade do ambiente interior
Água	Poupança de água potável	Reutilização de águas de lavagem
	Otimização do consumo de água	Utilização de sistemas de gestão de água
		Aproveitamento de água da chuva
Materiais	Escolha dos materiais a utilizar	Seleção de materiais com melhor desempenho ambiental, eco eficientes
		Seleção de materiais com maior potencial de reutilização e que potenciem uma redução do consumo energético
	Edifícios recicláveis e reutilizáveis	Projeto e construção com consideração do destino final, ou seja, considerando todas as fases de ciclo de vida
	Utilização eficiente de matérias-primas	Utilização de materiais locais e de métodos de construção tradicionais
		Aumento da utilização de energias renováveis
		Utilização de técnicas de desconstrução apropriadas de forma a otimizar a reciclagem
	Princípio da pureza na sua composição	Utilização de produtos mais elementares, com menos matérias-primas, de forma a reduzir a complexidade do processo de fabrico
	Princípio da baixa energia incorporada	Valorização dos produtos com baixa energia incorporada onde a racionalização de consumos energéticos é realizada desde a extração dos seus componentes, passando pelo processo de fabrico, transporte e

		utilização; geralmente, as tecnologias mais avançadas são benéficas em termos de poupança energética
	Materiais não tóxicos e controlo climático	Maior consideração da toxicidade ambiental e ocupacional dos materiais, incorporação de materiais absorventes CO2 (madeira e aço)
	Aumento da vida útil dos edifícios	Adaptação dos edifícios às necessidades futuras dos seus utilizadores
Resíduos	Gestão de Resíduos	Sistemas integrados de recolha de resíduos
		Minimização da produção de resíduos tendo em conta a política dos 3 R's - reduzir, reutilizar e reciclar
		Realização de planos de prevenção e gestão de resíduos disponíveis no local de obra (já obrigatórios em obras de concessão pública
		Gestão local dos resíduos de construção
Outros	Durabilidade dos edifícios	Maximização da durabilidade dos edifícios através de tecnologias construtivas e materiais de construção duráveis
		Planeamento da conservação e da reabilitação futura, de forma a maximizar a durabilidade da construção através do retardamento de uma futura reabilitação ou demolição, retirando assim os devidos proveitos económico e ambientais
	Otimização do processo edifício	Aumento das parcerias entre projetistas, fabricantes, consultores, etc Minimização dos custos do ciclo de vida (benefícios a todos os níveis) Diminuição do peso da estrutura final para uma maior facilidade de uma futura reabilitação ou demolição Assegurar a salubridade dos edifícios

É ao nível dos projetos que as empresas da construção atuam fundamentalmente sob um ponto de vista operacional, os quais são geralmente dinâmicos e únicos, estando sujeitos a vicissitudes exógenas incontroláveis, resultando em produtos finais não padronizáveis. As características específicas da indústria da construção, como o elevado grau de fragmentação, os múltiplos sistemas de contratação, graus de especialização e a intervenção de um elevado número de partes interessadas, permitiram e contribuíram para o desenvolvimento em paralelo das diferentes especialidades existentes no projeto, no entanto, atualmente apresentam-se como um obstáculo à aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável nesta indústria devido ao incremento de conflitos entre as diferentes partes e pelas dificuldades práticas que se verificam na adoção de abordagens complementares [66].

2.5. Análise do desempenho ambiental

Têm surgido diversas abordagens e sistemas de avaliação do desempenho ambiental dos edifícios, assim como de apoio à implementação de medidas, práticas e soluções mais sustentáveis em consequência da maior consciencialização por parte dos diversos intervenientes do setor da

construção civil dos impactos ambientais originados por este setor. Para o desenvolvimento destas ferramentas foi necessária a definição dos principais aspetos de sustentabilidade de forma a que sejam assegurados nos empreendimentos e numa fase posterior a elaboração de uma avaliação qualitativa e quantitativa, assegurando a sua avaliação e reconhecimento. Atualmente, existem abordagens que identificam os seus aspetos-chave na empreitada como sendo variáveis consoante a sua fase de ciclo de vida.

A avaliação de projetos em ambientes construídos, tem vindo a ser efetuada através de múltiplos processos, que abrangem:

- A avaliação de impacto ambiental;
- Sistemas de indicadores ambientais;
- Avaliação de desempenho ambiental;
- Recentemente, sistemas de avaliação integrados para projetos de construção civil, dispondo de requisitos, orientações e formas de avaliação.

A fase inicial referente ao planeamento e conceção é de extrema importância visto ser nesta fase que se selecionam e dimensionam grande parte das medidas. Este tipo de sistemas abrangem as áreas ambientais, sociais e económicas, sendo que a ambiental é a que é destacada em virtude do atual paradigma. No desenvolvimento destes métodos, são utilizadas escalas temporais e espaciais. As escalas espaciais podem ser muito diferenciadas, desde uma escala global a uma escala do material utilizado numa construção.

No âmbito da construção sustentável de empreendimentos as principais abordagens têm assentado nos seguintes pilares:

- A avaliação ambiental estratégica (no que respeita aos planos);
- A avaliação de impacto ambiental (no que respeita aos projetos);
- A avaliação do ciclo de vida (no que respeita aos materiais).

2.5.1 Estudos de avaliação ambiental estratégica (AAE)

Estes estudos pretendem estabelecer um elevado nível de proteção do ambiente e contribuir para a integração das considerações ambientais na preparação e aprovação de instrumentos de gestão territorial (como os planos municipais de ordenamento do território) com vista a promover um desenvolvimento sustentável, onde as consequências ambientais de um determinado programa são previamente identificadas e avaliadas durante a sua fase de elaboração antes da sua aprovação, melhorando assim a qualidade de políticas, planos e programas e contribuindo para um processo de decisão ambiental e sustentável [16, 17].

Este instrumento de apoio tem como objetivo principal a integração das considerações ambientais na preparação e aprovação de planos e programas, com envolvimento de público e autoridades ambientais, sendo uma perspetiva estratégica e de longo prazo, assentando numa lógica de definição da estratégia em causa e das possibilidades de decisão, assumindo como base de análise a diferenciação dos efeitos de cada uma destas, através de indicadores chave, de modo a avaliar os efeitos ambientais. Com base nos efeitos ambientais estratégicos e na respetiva compatibilidade com planos ou programas, é possível contribuir para selecionar ou melhorar a alternativa estratégica proposta, através da consideração de medidas específicas, bem como da definição de uma forma de medir o respetivo desempenho e os eventuais efeitos.

Procura-se assim alcançar um elevado grau de sustentabilidade ambiental na proposta global, através de uma abordagem holística, onde se identificam as oportunidades e riscos de índole estratégica, quer nas componentes biofísicas, quer na económica e social [16].

2.5.2 Avaliação de impacte ambiental

A AIA é o instrumento de carácter preventivo das políticas de ambiente e ordenamento de território, sustentado na realização de estudos e relatórios, com efetiva participação pública e análise de possíveis alternativas para verificação da viabilidade ambiental dos projetos. O seu principal objetivo é o de elaborar uma avaliação sistémica integrada, isto é, considerar os efeitos ambientais de uma forma global, incluindo os efeitos físicos socioeconómicos e biológicos. São identificados e previstos os efeitos ambientais de determinados projetos, assim como a identificação e proposta de medidas para os respetivos impactos, tendo em vista a eliminação ou minimização dos impactos negativos inevitáveis e a potenciação dos impactos positivos. As consequências ambientais de um dado projeto deverão ser analisadas e tomadas em consideração no seu processo de aprovação.

Em suma, o seu objetivo é o de avaliar, de forma integrada, os possíveis impactos ambientais significativos, diretos e indiretos decorrentes da execução dos projetos e das alternativas apresentadas, tendo em vista suportar a decisão sobra a viabilidade ambiental dos mesmos. Pode ainda funcionar como um processo de verificação, a posteriori, da eficácia das medidas adotadas, designadamente, através da monitorização dos efeitos dos projetos avaliados.

2.5.3. Análise do Ciclo de Vida - ACV

A ferramenta capaz de comparar materiais, componentes, tecnologias e serviços utilizados ou prestados é a Análise de Ciclo de Vida – ACV, internacionalmente aceite. Esta identifica o estado e as necessidades gerais de uma obra que pretende ser sustentável [3].

Este método de avaliação inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo como: "processo para avaliar as implicações ambientais de um produto, processo ou atividade, através da identificação e quantificação dos usos de energia e matéria e das emissões ambientais; avaliar o impacto ambiental desses usos de energia e matéria e das emissões; e identificar e avaliar oportunidades de realizar melhorias ambientais".

Na compreensão do impacto da construção em cada área ambiental, a avaliação do ciclo de vida é fulcral para uma intervenção fundamentada e tangível em cada fase do ciclo. ACV é um procedimento de análise formal da complexa interação de um sistema (material, componente ou conjunto de componentes) com o ambiente, ao longo de todo o seu ciclo de vida, i.e., do 'berço ao túmulo'.

Esta análise inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo:

- A extração e o processamento de matérias-primas;
- A transformação, o transporte e a distribuição;
- O uso, a reutilização, a manutenção;
- A reciclagem e a deposição final.

Esta análise é aplicada nas fases de projeto e anteprojeto, utilizada na avaliação do desempenho ambiental das edificações ao longo das diferentes fases de ciclo de vida, fornecendo dados importantes para avaliação da sustentabilidade, pois os edifícios deixam uma pegada ecológica ao longo do seu ciclo de vida, gerando impactos ambientais. [1]

A aplicação de ACV ao setor da construção e aos materiais da construção, em particular, exige a existência de um levantamento exaustivo, onde são identificados fluxos de materiais, energia e resíduos gerados pelas edificações ao longo de toda a sua vida útil, de forma a determinar os impactos ambientais antecipadamente. Para além da comparação de diferentes produtos a utilizar na construção de um edifício também poderá comparar os diferentes tipos de tratamentos de resíduos [3]. Dependendo da profundidade do estudo, esta análise poderá não ser benéfica, visto consumir de forma significativa recursos financeiros, humanos e tempo, sendo que o resultado poderá ser afetado dependendo da recolha e fiabilidade dos dados, pelo que deverá ser analisada a sua relação custo-benefício [18].

As metodologias de ACV têm como base diversas categorias de impactos, cada qual com o seu peso. É, portanto, compreensível que as ponderações das categorias de impacte possam variar consoante a realidade ambiental de cada país. Atualmente, existem diversas ferramentas informáticas que utilizam a ACV e que permitem fazer uma avaliação do impacte ambiental de produtos e materiais de construção, como pode ser verificado na Tabela 2.2.

Ferramenta	BEES	BRE. Envest	ATHENA EcoCalculator for assemblies	ECO-QUANTUM
País	EUA	R. Unido	Canadá	Holanda

Tabela 2.2 – Ferramentas para ACV de materiais e produtos

Este tipo de análise é simplicista pois considera de forma individual os diferentes produtos e materiais de construção civil, analisando de forma sistemática o seu impacte ao longo do tempo, sendo que na construção civil estes são utilizados em conjunto com outros, pelo que são descartados os efeitos que um produto poderá ter noutro. No entanto no método holandês ECO-QUANTUM, é obtida o máximo de informação relativamente aos impactos ecológicos que envolvem uma edificação ao longo da sua vida útil, sendo dividida em 4 partes [19]:

- Extração de matérias-primas, resíduos;
- Impacto sobre a saúde, toxicidade;
- Impacto do transporte e uso dos materiais;
- ACV das instalações e dos equipamentos.

A aplicação de análises de ciclo de vida encontra-se regulamentada pela série de normas ISO 14 000, onde o meio ambiente foi introduzido como uma variável importante. A ACV envolve 4 fases distintas, as quais estão representadas na Tabela 2.2. Na tabela 2.3 estão apresentadas as séries de normas ISO 14000.

Tabela 2.3 – Fases de ACV [13]

Fase ACV	Descrição
Definição do objetivo e do âmbito	Estes devem ser definidos claramente para assegurar que a extensão, a profundidade e o grau de detalhe do estudo sejam compatíveis e suficientes para atender ao objetivo estabelecido.
Inventário do ciclo de vida	Durante esta fase devem ser registados todos os dados de entrada e saída em relação ao sistema em estudo.
Avaliação de impacte do ciclo de vida	Deve ser fornecida informação extra que auxilie a avaliação dos resultados do inventário de um sistema de produto.
Interpretação	São discutidos os resultados de um inventário ou avaliação de impacte isoladamente, ou em conjunto para futuras recomendações, conclusões e tomadas de decisões consoante o objetivo e âmbito proposto.

Tabela 2.4 – Normas ISO na análise ACV [13]

ISO	Descrição
ISO 14040	Princípios e estrutura geral.
ISO 14041	Definições de objetivos e análise do inventário.
ISO 14042	Avaliação do impacto do ciclo de vida.
ISO 14043	Interpretação do ciclo de vida.
ISO TR 14047	Exemplos para a aplicação da ISO 14042.
ISO TS 14048	Formato da apresentação de dados.
ISO TR 14049	Exemplos de aplicação da ISO 14041 para definição de objectivos e análise de inventário.

O anexo 3116 elaborado pela comissão da CIB W10015 para a Agência Internacional de Energia identifica os instrumentos nos diferentes países e principais métodos de apoio e avaliação à construção sustentável [8]:

• ACV Ambiental para os edifícios e produtos de edifícios (Environmental LCA Tool for Building or Building Product);

• Declaração ambiental do produto, rotulagem, informação de referência (Environmental Product Declaration, Catalogue, Reference Information, Certification, Label);

• Guias Ambientais ou Listas de Verificação para Projecto e Gestão dos Edifícios (Environmental Guideline or Checklist for Building Design / Management);

• Avaliação Ambiental integrada, Sistema de Ponderação de todo edifício ou partes do mesmo (Environmental Assessment Framework, Rating System (Whole Buildings or Building Stocks)).

Existem diversos guias para a construção sustentável, realizados para diferentes regiões e tipos de usos do edificado, propondo áreas de intervenção e, em alguns casos, listas de produtos a serem adotados.

De forma a possibilitar escolhas ambientalmente mais apropriadas e a inclusão deste critério em avaliações de sustentabilidade do edificado, foram utilizadas abordagens de ciclo de vida para os componentes e materiais. Os sistemas de avaliação ambiental integrados podem integrar soluções propostas nos guias ou nas análises de ciclo de vida, com sugestão do emprego de produtos com rótulo ecológico ou declaração ambiental, assim como a adoção de sistemas de gestão ambiental [8]. De seguida apresentar-se-ão de forma sucinta instrumentos existentes em todo mundo,

incluindo o sistema português, acompanhados de uma breve descrição dos sistemas mais importantes.

2.6. Principais Métodos de Avaliação da Sustentabilidade de Edifícios

Nos últimos anos, a nível nacional e internacional, foram desenvolvidas várias ferramentas informáticas dirigidas especificamente à avaliação da sustentabilidade da construção que procuram seguir os diversos princípios da construção sustentável. Ao nível internacional destacam-se:

- No Reino Unido – o sistema BREEAM (Building Research Establishment Assessment Method);
- Nos Estados Unidos da América – o sistema LEED (Leadership in Energy & Environmental Design);

Estas ferramentas de avaliação da sustentabilidade surgem com o objetivo da obtenção de índices de sustentabilidade, a partir dos quais é possível obter valores para os diferentes parâmetros da sustentabilidade, facilitando então a sua quantificação e análise, possibilitando assim uma comparação entre as diferentes soluções.

Como foi possível verificar acima, não existe nenhum método com uma aplicação e aceitação universal, tal se deve aos diferentes contextos ambientais, sociais e económicos que cada país apresenta. Os métodos de avaliação de sustentabilidade apresentam como base de estudo uma série de indicadores de sustentabilidade, a maioria deles comuns ao conjunto de metodologias que existem no mercado. Devido a essa heterogeneidade, cada método atribui um peso ou fator de ponderação diferente adaptado e contextualizado com as condicionantes e os fatores ambientais inerentes dos locais onde se inserem as construções.

A avaliação da sustentabilidade depende, essencialmente, dos seguintes aspetos a considerar [2]:
- Da importância relativa que se confere a cada uma das questões do desenvolvimento sustentável;
- Da lista de parâmetros e indicadores ponderados na avaliação;
- Do tipo de utilização do edifício;
- De fatores socioculturais, económicos, e dos problemas ambientais particulares de uma determinada região.

De seguida, apresenta-se uma breve descrição dos principais métodos que estão em vigor atualmente no universo da construção.

2.6.1. Método BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method)

Este método foi desenvolvido pelo Building Research Establishment em Inglaterra por volta de 1992. Atualmente, este sistema de certificação britânico é o mais utilizados a nível global, tendo sido o primeiro sistema de avaliação da sustentabilidade de edifícios. Devido à sua globalização, este método de avaliação ambiental foi-se adaptando aos diversos países nos quais é utilizado, possuindo várias versões, como é o caso da Noruega, Suécia, Holanda, Alemanha e Brasil.

Caracteriza-se por ser um método com uma larga abrangência desenvolvido para projetos a nível internacional podendo ser utilizado na indústria, construção residencial (BREEAM Code for Sustainable Homes/Ecohome), edifícios comerciais, desde construções novas (BREEAM New Construction) a reabilitações (BREEAM Refurbishment). Ao nível da gestão das fases de utilização, existe também o BREEAM In Use e na área de avaliação de planos de urbanização, pormenor e projetos de loteamento apresenta a metodologia BREEAM Communities.

As avaliações BREEAM são fornecidas por organizações independentes, licenciadas pela BREEAM, recorrendo a especialistas reconhecidos e acreditados (BREEAM Acredited Professional) para avaliar da melhor maneira possível as fases do ciclo de vida de um edifício, sendo auxiliados por guias onde constam todos os critérios a analisar, procedimentos e formas de medição para avaliar os diversos parâmetros. Estes para além da avaliação independente dos critérios poderão auxiliar a equipa de projeto, transmitindo o seu conhecimento relativo a processos de construção sustentável e sugerindo as devidas alterações para se atingirem mais facilmente os critérios pretendidos.

A metodologia BREEAM é baseada em 10 categorias, as quais possuem diversos critérios, designados por créditos.



Figura 2.10 – Categorias da metodologia BREAM [56]

O BREEAM tem como objetivos [56]:

- Diminuição dos impactos ambientais do ciclo de vida das construções, garantindo uma qualidade ambiental destas através de medições acessíveis, internacionalmente aceites e equilibradas dos impactos ambientais;
- Permitir que as construções sejam reconhecidas de acordo com os seus benefícios ambientais através de um rótulo ambiental credível, obtendo assim o seu devido reconhecimento de mercado;
- Estimular a procura por construções sustentáveis através do uso das melhores práticas ambientais ao longo do ciclo de vida das construções;
- Adoção de uma abordagem flexível, adaptando-se ao contexto local, tendo em conta as vertentes de legislação, clima e as práticas construtivas, ter em consideração os benefícios sociais e económicos que resultam do cumprimento das metas ambientais estabelecidas;
- Utilização de um sistema direto de pontuação simplista, transparente, fácil de entender e flexível baseado em comprovação científica e pesquisas;
- Auxílio na minimização de custos de funcionamento melhorando o ambiente e a qualidade de vida;
- Desafiar o mercado a fornecer soluções inovadoras e economicamente eficazes que minimizem os impactos ambientais das construções;
- Definir um padrão robusto e de performance económica eficaz ultrapassando os requisitos regulamentados;

- Permitir que organizações demonstrem progresso em direção a objetivos ambientais coletivos.

O nível de desempenho e a respetiva classificação BREEAM são obtidos através da soma total de créditos que advenham da avaliação BREEAM, abrangendo todo o ciclo de vida da empreitada. As medidas de avaliação de desempenho utilizadas pela certificação BREEAM são reconhecidas internacionalmente e aplicadas a partir de uma ampla gama de critérios de avaliação e de categorias.

Em termos de classificação das construções certificadas, estas podem ser, de Excecional (6 estrelas) a Aceitável (1 Estrela).

2.6.2 Método LEED

Desenvolvido nos Estados Unidos da América pelo US Green Building Council (USGBC), nos anos 90. Este sistema de avaliação tem como foco principal o incentivo à construção de edifícios ambientalmente conscientes e como tal, foi definido o conceito de "edifícios verdes" através do estabelecimento de um padrão comum de medição, sensibilizando os consumidores para os diversos benefícios destes e promovendo práticas de projeto e de construção integrativas. É o mais utilizado por terceiros que queiram recorrer à certificação de edifícios verdes, tornando-o num dos mais reconhecidos e utilizados mundialmente. Este sistema destaca-se pela sua flexibilidade, sendo capaz de avaliar qualquer tipo de projeto em qualquer fase de vida da construção e em qualquer lugar do mundo. Como tal, existem vários tipos de sistemas de classificação LEED, onde são apresentados de seguida os principais tipos.

Tabela 2.5 – Sistemas de classificação LEED

Building Design and Construction (BD+C)	Construções novas ou grandes obras de renovação
Interior Design and Construction (ID+C)	Projetos de remodelações de interiores
Building Operations and Maintenance (O+M)	Construções totalmente operacionais e ocupados pelo menos há um ano
Neighborhood Development (ND)	Projetos de desenvolvimento de novas zonas, ou projetos de renovação local, que contenham usos residencial, não-residencial ou ambos
LEED for Homes (H)	Habitações unifamiliares, edifícios baixos multifamiliares (1-3 pisos) ou edifícios altos multifamiliares (4-6 pisos)

Os projetos com certificação LEED são classificados tendo em conta uma série de critérios padrão, sendo necessário que se atinja uma pontuação mínima, de 40 pontos, sendo bastante prática a aplicação desta certificação. Esta pontuação é obtida através da satisfação de diversos requisitos de Construção Verde, que são divididos nas seguintes Categorias de Crédito:

- Localização e Transporte
- Eficiência e proteção da Água
- Eficiência Energética e Energias Renováveis
- Conservação de recursos naturais e materiais
- Qualidade do ambiente interior
- Inovação e Prioridades Regionais

Cada categoria mencionada anteriormente possui pré-requisitos e créditos, sendo que para se obter certificação é obrigatório o cumprimento dos pré-requisitos, sendo que os créditos distinguem os diferentes níveis de certificação. Existem 4 níveis de classificação, platina (acima de 80 pontos), ouro (60-79 pontos), prata (50-59 pontos) e certificada (40-49 pontos). Este sistema de certificação está constantemente em evolução, sendo a sua versão mais recente a LEED v4.1, onde os padrões de construção, como, eficiência energética, seleção de material, conservação de água e redução de resíduos, são mais exigentes.

Os elementos denominados LEED AP, com formação cedida pela USGBC, poderão incorporar a equipa de projeto, de forma a auxiliar esta, mais especificamente, na recolha de documentos e informações necessárias para o cumprimento de critérios e para o processo de certificação.
Para além das diversas vantagens e benefícios ao nível da sustentabilidade na área ambiental, esta certificação também apresenta vantagens ao nível da sustentabilidade nas áreas económicas e sociais, tais como:

- Custos de operação reduzidos;
- Aumento da reutilização/reciclagem de resíduos e consequentemente dimunição de resíduos enviados para aterro;
- Conservação de energia e água;
- Maior garantia de Saúde e segurança para os utilizadores;
- Redução de Gases de Efeito de Estufa;
- Apoios do governo através de Benefícios fiscais e licenças de urbanização, dependendo dos programas de cada país, através do cumprimento de determinadas especificações ambientais definidas pelos programas nacionais.

2.6.3. Método LiderA

Criado em 2005, o método Liderar pelo Ambiente (Lider A) consiste num sistema voluntário português que serve apoio para a procura, avaliação, certificação da sustentabilidade dos ambientes construídos, tendo como referência o sistema de certificação LEED, abordado anteriormente. Esta procura da sustentabilidade assenta em seis princípios:

- Valorização da dinâmica local e promoção de adequada integração;
- Incentivar o consumo eficiente de recursos;
- Minimização do impacto das cargas ambientais seja em toxicidade e em quantidade;
- Garantir o conforto ambiental;
- Promoção de melhores vivências socioeconómicas sustentáveis;
- Utilização de uma boa gestão ambiental e da inovação, assegurando uma melhor sustentabilidade dos ambientes construídos.

Destes seis princípios fundamentais enumerados há uma subdivisão, a qual é apresentada de seguida:



Figura 2.11 – Áreas de análise do método LiderA

Este sistema de certificação é bastante flexível, sendo aplicável a todo o tipo de projetos em qualquer fase do seu ciclo de vida, podendo incluir o empreendimento como um todo, zonas construídas, edifícios e/ou fogos. O sistema LiderA assenta essencialmente na componente estratégica, projeto e gestão do ciclo de vida do edifício, sendo essencial acompanhar as diferentes fases do desenvolvimento da obra.

Os principais objetivos deste sistema de avaliação da sustentabilidade são:

- Auxílio no desenvolvimento de projetos e planos que procurem a sustentabilidade no setor da construção
- Análise e avaliação do posicionamento do desempenho nas seguintes fases de ciclo de vida do edifício, conceção, execução em obra e período de utilização ;
- Auxílio na gestão nas diversas fases do ciclo de vida (fase de construção, fase utilização);
- Utilização de uma marca portuguesa registada para atribuição de uma classificação através de uma avaliação independente;
- Diferenciar-se dos diferentes instrumentos semelhantes no mercado e ser útil para os construtores e para os utilizadores.

Com a atualização deste sistema, é possível com a versão mais recente, certificarem-se zonas amplas do tecido urbano, tais como bairros ou quarteirões e espaços exteriores para além dos edifícios que já seria possível.

Após a avaliação dos diversos critérios, o desempenho ambiental do projeto pode ser categorizado em sete níveis distintos, dependendo do seu desempenho habitual (A a G), sendo que a classificação dos projetos vai piorando alfabeticamente, isto é, a classificação G representa a pior classificação possível, sendo uma classificação bastante mais específica pois verificam-se mais níveis de desempenho em relação aos sistemas de certificação que foram abordados anteriormente, possibilitando uma distinção mais específica de cada edifício alvo desta certificação.



Figura 2.12 – Sistema classificação LiderA

2.6.4 Método SBToolPT

Método originalmente designado por GBTool (Green Building Tool), criado pela colaboração internacional de equipas de mais de 20 países promovida pela International Inititiative for a Sustainable Built Environment (iiSBE). Esta colaboração internacional torna este método distinto dos restantes, possibilitando que os utilizadores reflitam nele as diferentes prioridades associadas a cada um dos pilares do desenvolvimento sustentável, tais como o contexto sociocultural, económico, ambiental e tecnológico de cada região. O SBTool é uma ferramenta de certificação e avaliação voluntária do desempenho sustentável de edifícios e outros projetos, quer sejam edifícios novos e renovados, situados preferencialmente em zonas urbanas, sendo possível efetuar a avaliação destes em todas as fases do ciclo de vida destes.

Mais tarde, em 2009, foi criado o SBToolPT direcionado ao panorama português em resultado da colaboração entre o representante do iiSBE em Portugal, de uma empresa portuguesa especializada em construção sustentável (ECOCHOICE) e da Universidade do Minho.

Os seus principais objetivos para além do enquadramento desta ferramenta no contexto português é o de auxílio aos projetistas no desenvolvimento de um ambiente construído mais sustentável, desde as fases mais embrionárias de projeto, formar entidades para a elaboração de uma avaliação da construção sustentável para a certificação e reconhecimento da sustentabilidade dos edifícios, a consciencialização dos diversos intervenientes no mercado da construção portuguesa para a promoção da adoção de soluções que se traduzam numa maior sustentabilidade no desenvolvimento de edifícios, criação de uma lista de indicadores e parâmetros que englobem os impactos mais importantes dos edifícios, análise e compreensão das três dimensões do desenvolvimento sustentável, utilização da metodologia de avaliação do ciclo de vida, proporcionando resultados fidedignos aos seus utilizadores e empresários. Visto que a grande parte do setor da construção em Portugal é referente ao setor habitacional foi desenvolvido um esquema direcionado para as habitações denominado de SBToolPT-H.

Este sistema de avaliação tem como base um Guia de Avaliação, assentando num conjunto de 25 indicadores e 9 categorias dispostas nos 3 pilares do desenvolvimento sustentável (economia, sociedade, ambienta) que traduzem o comportamento de um projeto em relação a alguns aspetos-chave da sustentabilidade em relação a dois níveis de referência (devidamente adaptados ao contexto nacional): prática convencional e melhor prática. Em suma, a avaliação consiste na verificação dos processos de construção e a sua comparação com os valores de referência para as práticas correntes, tornando possível classificar o desempenho de um edifício relativamente as práticas adotadas e as soluções implementadas no projeto.



Figura 2.13 – Dimensões e categorias do sistema SBTool^{PT}



Figura 2.14 – (a) rótulo utilizado na comunicação do nível de sustentabilidade global através do sistema SBTool^{PT} ; (b) certificado utilizado para comunicar a sustentabilidade de um edifício avaliado através da metodologia SBTool^{PT}

Dentro deste sistema é possível classificar os diferentes projetos em 6 níveis diferentes, variando do nível A+ para o E, correspondendo respetivamente, ao melhor desempenho praticado e a um desempenho inferior à prática convencional.

3
DIREÇÃO DE OBRA

3.1 Enquadramento

O Diretor de Obra, é o responsável máximo no estaleiro de obras, sendo o representante do Dono de Obra em conjunto com a equipa de fiscalização de obras. É fulcral a cooperação entre o dono de obra e o diretor de obra para uma efetiva realização dos serviços que lhes são adjudicados. Os donos de obras responsáveis pela atribuição de autoridade e de os meios necessários para que o Diretor de Obra alcance a meta traçada. É possível que o dono de obra não delegue todas as responsabilidades ao diretor de obra, tendo, no entanto, que garantir que as funções delegadas ao diretor de obra sejam devidamente definidas para que não haja qualquer dúvida relativamente ao papel de cada um [21].

Existem diversas definições do conceito de Diretor de Obra de diferentes fontes, pelo que segundo a Lei 31/2009, art.º 3 alínea g), entende-se que o DO é "o técnico habilitado a quem incumbe assegurar a execução da obra, cumprindo o projeto de execução e, quando aplicável, as condições da licença ou comunicação prévia, bem como o cumprimento das normas legais e regulamentares em vigor". Outra das fontes utilizadas é a da Diretiva Europeia 92/57 de 2001 que define como sendo "uma entidade singular ou coletiva, é DO por força da ação que esta definição atribui a este título. Há dois elementos a considerar, se é encarregado da conceção e/ou do controlo da execução da obra e, em caso afirmativo, se estão a agir nesse sentido por conta do Dono de Obra".

Sendo esta entidade o responsável máximo num estaleiro de obras, é necessário que este coordene todos os campos e frentes de obra, sendo uma das suas maiores responsabilidades a garantia de uma boa comunicação entre todos os intervenientes, pois apesar de todos terem o objetivo comum da realização da empreitada, todos estes têm os seus próprios interesses, salvaguardando-os. Como tal, o diretor de obra terá de levar isso em consideração nas tomadas de decisão para a minimização da existência de conflitos em obra, defendendo sempre os interesses do dono de obra. A ocorrência de conflitos entre os diferentes intervenientes acarreta geralmente algumas desvantagens como: atraso na duração da obra, desvio de custos ou em situações mais gravosas a interrupção da construção. Assim, o diretor de obra deverá possuir competências de liderança e de comunicação para compreender e lidar com os mais variados intervenientes de uma empreitada, pois é necessário que este interaja e trabalhe com diversas pessoas, bastantes diferentes quer ao nível de educação e formação. Em suma, é da responsabilidade do DO articular da melhor forma possível todos os intervenientes em cada fase de construção, de modo a que esta possa ter o maior rendimento possível nas melhores condições de higiene e segurança, cumprindo os prazos, os custos estabelecidos inicialmente e respeitando ainda os condicionalismos ambientais [20, 22].

Dada a complexidade e extensão das responsabilidades do diretor de obra, quando a empreitada se trata de uma obra de grandes dimensões, é normal que algumas das suas responsabilidades

sejam delegadas para outras entidades como, engenheiros de qualidade, Coordenador de Segurança em Obra (CSO), Técnico superior de Segurança no Trabalho (TSTT), engenheiros de fiscalização entre outros técnicos de diversos ramos, pois tratando-se de uma empreitada de maiores dimensões as suas funções serão menos generalizadas e mais complexos serão os processos.

O DO deverá gerir uma dada empreitada tendo em vista o seu melhor aspeto económico e financeiro, tornando precisos os objetivos a atingir, selecionar e acionar os meios que permitem alcançar esses mesmos objetivos através de uma gestão e controlo apropriado de materiais, equipas, mão-de-obra, subempreitadas e processos construtivos. A gestão das obras nasce da conciliação do controlo, otimização, conjugação e garantia de obtenção de melhores rendimentos de variados recursos como dos fatores produtivos. O objetivo da gestão da obra é o incremento da produtividade na construção, como tal, devem ser controlados e interligados fatores como a qualidade da construção, resíduos de construção, segurança e saúde, prazos, custos e cuidados ambientais, com uma importância crescente refletida na legislação existente [20].

De um modo geral, o DO tem de dirigir a obra em todos os aspetos técnicos, económicos e administrativos, pois também é o responsável pelo cumprimento de todas as cláusulas do contrato, caderno de encargos e de todas as peças do projeto [20].

Em suma, sendo o diretor de obra o principal responsável pela coordenação de toda a atividade da obra, terá de tomar todas as decisões, sendo a entidade com um papel fulcral na aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável na indústria da construção. No momento da tomada de decisão este deverá ter em consideração as três dimensões do desenvolvimento sustentável, economia, ambiente e sociedade. Sendo este um tema bastante vasto e não sendo este o principal objetivo da dissertação, optou-se por fazer um breve resumo das diferentes tarefas desenvolvida pelo Diretor de Obra ao longo do ciclo de vida de uma construção onde poderão ser implementadas medidas para o incremento de sustentabilidade na construção civil.

3.2. Áreas de influência da direção de obra

3.2.1. Planeamento

Previamente ao início da fase de execução e após as fases de concurso, adjudicação e consignação de uma obra, deverão ser realizados os seguintes procedimentos [20, 32, 33]:

- Compilação de toda a documentação do projeto, pormenores de execução. De seguida deverá ser analisada e completada, quando exista a falta de algum elemento relevante na fase de preparação da proposta.
- Revisão cuidada das medições e proposta de preços entregues referentes às diferentes especialidades. Elaboração de uma reorçamentação da obra para uma previsão mais fiável dos proveitos, custos e resultados da obra e verificação dos desvios relativamente ao orçamento inicial.
- Efetuar o planeamento da obra, no que se refere a instalações do estaleiro, equipamento de acordo com as disponibilidades do empreiteiro geral, programas de execução, etc., representando-os numa forma gráfica com auxílio de alguns softwares (MS Project, Candy, Primavera Software, Sistemas Integrados tipo SAP, Construction Computer Software, etc).

Deverá ser elaborada a organização da produção, controlando de forma eficiente os meios de produção básicos: mão de obra, equipamentos, subempreitadas e custos. A organização da produção parte do planeamento definido e da designação da equipa de gestão da obra, do recrutamento e distribuição da mão de obra, da utilização das máquinas, viaturas e restantes

equipamentos, da aquisição, armazenamento e distribuição dos materiais a aplicar. Deve ficar ainda definido nesta fase quais as responsabilidades e tarefas de cada um dos intervenientes na obra, ou seja, quais os limites do seu campo de ação e responsabilidades de forma a minimizar os erros, obtendo assim o máximo rendimento [32].

Esta fase é bastante crucial no desenvolvimento de uma empreitada, visto que um mau planeamento desta poderá conduzir a consequências desastrosas, tais como aumento do tempo da empreitada, interrupções, repetições e outros problemas, representando um aumento dos custos e podendo também influenciar a qualidade desta, pelo que é necessário que o diretor de obra proceda à definição da melhor ordem e forma de execução da empreitada de modo a evitar tais consequências. Como tal, é necessário que este elabore um estudo organizado, metódico e aprofundado de todos os pormenores na procura de soluções e das situações de desvio. Este estudo pode ser alcançado através da análise das consequências dos atrasos e impulsionando, desta forma, a tomada de decisões de reforço ou transferência de pessoal (e/ou equipamentos) ou, em última estância, proceder à reformulação do plano [23].

O diretor de obra deverá proceder à divisão do projeto a executar em diversas tarefas, definindo a sua sequência cronológica e a dependência entre elas. Assim, é definido o plano de trabalhos, que além da listagem e sequência cronológica das tarefas envolvidas na construção da obra, é definida a sua duração em função dos rendimentos associados, obtendo os recursos necessários para a sua execução [24]. Através do plano de trabalhos deverá ser possível obter informação bastante valiosa, como os materiais a adquirir, respetivas quantidades e datas; tipo e quantidade de equipamentos e mão-de-obra necessários nas diferentes tarefas; cronogramas financeiros; diagramas-recurso-tempo e gráficos custo-tempo [34].

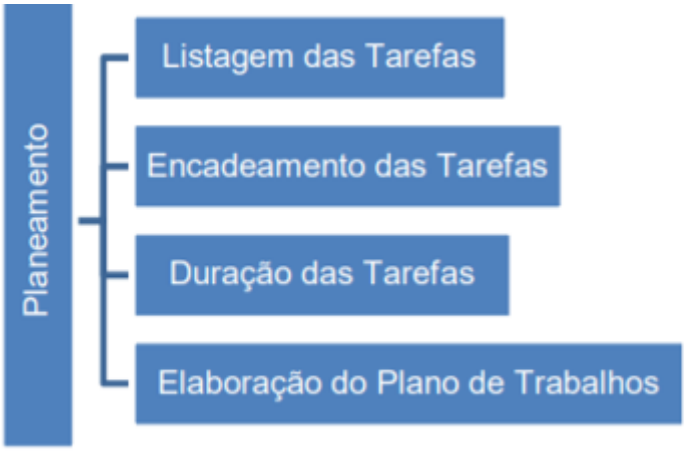


Figura 3.1 – Procedimentos a realizar na elaboração do plano de trabalhos [32]

De acordo com o artigo 361º do Decreto-Lei nº 18/2008 de 29/01, o plano de trabalhos destina-se, com respeito pelo prazo de execução da obra, à fixação da sequência e dos prazos parciais de execução de cada uma das espécies de trabalhos previstas e especificação dos meios com que o empreiteiro se propõe executá-los, bem como à definição do correspondente plano de trabalhos.
O DO aquando da seleção dos processos construtivos deverá ter em conta as ações a empreender no decurso da obra para que não existam alterações drásticas do planeamento da obra que poderão levar ao atraso desta.

3.2.2. Controlo de custos

Os custos em conjunto com os prazos são os fatores mais decisivos no controlo e gestão de uma obra. O diretor de obra tem como função fazer o devido controlo dos custos, uma vez que o dono de obra define inicialmente um orçamento disponível para a empreitada e como tal, não deverá querer ultrapassar este valor, pois esta entidade tem como principal objetivo o lucro do investimento realizado.

Como é normal, ocorrem sempre imprevistos devido às mais variadas condicionantes, pelo que o diretor de obra terá de definir as alterações a efetuar no plano de trabalhos inicialmente definido, tendo em conta o orçamento disponibilizando, originando por vezes o replaneamento de todas as tarefas remanescentes das obras. O ato de monitorizar uma obra abrange a verificação cuidadosa de todas as despesas e respetiva duração, de acordo com os planos de trabalhos da obra em questão, assim como a qualidade e a realização atingidas [24].
Para um correto controlo dos custos em obra, geralmente são adotados os seguintes procedimentos [25]:

- Autos de medição mensais, onde são elaboradas as medições dos trabalhos executados num determinado mês, devendo ser incluídos os trabalhos realizados a mais e/ou a menos, para que se possa proceder à estimativa dos seus valores orçamentais. Através da elaboração destes autos e das fórmulas da revisão de preços são elaborados os pagamentos devidos ao empreiteiro;
- Preparação da conta corrente da obra, tendo em conta as normas legais em vigor, tendo de ser submetido à aprovação do promotor;
- Controlo e análise de todas as faturas emitidas pelo empreiteiro, sugerindo a respetiva aprovação ou rejeição ao promotor;
- Elaboração de cronogramas esperados e a consequente análise do "cash-flow", com base nos dados fornecidos pelo promotor;
- Atualização constante do mapa de saldos para um maior controlo de todos os artigos existentes no orçamento;
- Elaboração da conta final da obra.

Estes procedimentos servem para visualizar os custos relativos à empreitada, fazer a devida monitorização e comparar com o orçamento previamente estabelecido e, em casos de desvios, se implemente ações corretivas de forma a ir ao encontro do inicialmente definido [24].

Mensalmente, o DO deve avaliar as percentagens de obra realizada em função da dificuldade de execução e comparar com o plano de trabalhos e orçamentação realizados inicialmente de forma a realizar uma análise concisa e verificar quais as atividades que não estão a ser realizadas no prazo previsto e quais os desvios que estão a ter. Os desvios acarretam custos, os quais poderão alterar toda a viabilidade da obra [20].

Para um efetivo controlo dos custos deverá ser definido um sistema de controlo de custos. Os sistemas convencionais têm como regras, o registo da totalidade dos custos só quando são adotados dispositivos de organização e a definição de um padrão em relação ao qual todos os custos são reportados. A maioria dos sistemas de controlo de custos exige tempo para encontrar as soluções adequadas. Outro dos factos que merece ser realçado é o de possibilitarem o controlo dos custos ao nível da faturação prevista e real, sem qualquer ligação aos recebimentos, ou comparação a recebimentos com custos reais, assemelhando-se a um controlo financeiro.

3.2.3. Materiais

Na fase de preparação de obra, o diretor de obra deverá inicialmente verificar as especificações patentes nas peças contratuais, especialmente no Caderno de Encargos e só após a conclusão do levantamento do exigido deverá proceder à seleção de fornecedores e à negociação de preços, faseamento e prazos de entrega [20]. Os materiais têm uma grande influência no custo das empreitadas e geralmente é necessário um estudo mais pormenorizado e complexo devido à enorme variedade de materiais utilizados na construção civil, excetuando as grandes obras de engenharia civil que geralmente são caracterizadas por consumos profundamente maioritários de materiais elementares [23].

A principal tarefa do diretor de obra neste contexto é essencialmente assegurar o fornecimento atempado, regular e de preferência aos melhores preços para a empreitada, os quais não poderão chegar a obra nem muito cedo devido à possível incapacidade do armazém para os receber nem muito tarde originando atrasos na obra, pelo que deverá ser tido em consideração o tempo de chegada dos materiais no momento da seleção dos fornecedores. Assim, a obra poderá funcionar normalmente através de um serviço básico, designado como aprovisionamento. Aprovisionamento é o "o conjunto das operações que permite por à disposição da obra em termo oportuno, ao menor custo e na quantidade e qualidade desejadas, todos os produtos e materiais necessários ao seu funcionamento", o que lhe confere duas funções principais: a compra e a armazenagem [23]. Este fim pode ser alcançado por meio de diversas linhas de controlo, sobretudo [22, 23, 25]:

- Cálculo das quantidades necessárias de material e respetiva previsão de consumo para determinados períodos da obra, bem definidos no tempo e o tipo de material necessário para a realização da empreitada. Este cálculo deverá ser efetuado baseando-se no planeamento e nos consumos unitários das folhas de orçamentação, adicionando a correspondência entre as quantidades previstas de materiais e o período de tempo tomado como referência, obtendo-se assim as necessidades desses recursos multiplicando as unidades de produção pelas quantidades unitárias de consumo;
- Eventual construção de armazéns de materiais, aquando da definição do plano do estaleiro, sendo apenas considerado nos casos em que não seja possível receber o material na hora de início dos trabalhos correspondentes ou em trabalhos morosos, que as quantidades não permitam uma entrega gradual ao longo do curso dos trabalhos;
- Procura de fornecedores para os diversos materiais, tendo em conta o preço mais económico e em quantidades que permitam satisfazer continuamente as necessidades da obra;
- Compras dos materiais (encomendas, amostras, contratos fixos com validade temporal, negociações esporádicas, entre outros);
- Transporte, dos fornecedores, até à obra;
- Receção dos materiais em obra, e nos armazéns gerais, caso existam. O armazém é o responsável por registar as entradas e saídas em obra dos materiais. Na receção é realizado o primeiro controlo, onde é verificado o estado do material, as medidas e classes, os pesos e qualidades e finalmente é procedida a verificação da conformidade das respetivas faturas, em conjunto com a equipa de fiscalização;
- Controlo de possíveis quebras e desperdícios;
- Verificação e pagamento de faturas;
- Gestão dos armazéns gerais, armazenamento em obra, sobras e stocks – ainda que pouco importante dada à recorrência frequente a outsourcing;
- Planear o fornecimento.

Os critérios de seleção de materiais deverão ser para além das especificações técnicas dos materiais como o custo, critérios funcionais e estéticos, para uma construção sustentável, considerando procedimentos de seleção de materiais com base na sua sustentabilidade. Esta avaliação da sustentabilidade dos materiais de construção é complexo pois existem dificuldade na especificação das características de cada produto da construção; nas questões ambientais, económicas e sociais envolvidas , que deverão ser consideradas de uma forma integrada e a complexidade dos processos, cadeias produtivas e variáveis ao longo do ciclo de vida destes produtos [37].

Muitas vezes, nos critérios de seleção dos materiais são desvalorizadas as questões ambientais e sociais envolvidas em detrimento da maior consideração da questão económica, pois o objetivo do dono de obra é o de obtenção do maior lucro possível. A seleção dos materiais é uma tarefa da equipa projetista não fazendo parte da responsabilidade do diretor de obra, mas sendo este o representante do dono de obra, seria importante que este incorpora-se a equipa projetista para implementação de medidas de sustentabilidade na fase de conceção, mais concretamente, na seleção dos materiais de construção, definindo os critérios de seleção mais adequados para além das especificações técnicas normalmente utilizadas, pois estes recursos de produção originam efeitos diretos e indiretos no meio ambiente desde a sua extração, causando danos à paisagem e aos ecossistemas, até à fase de ocupação, onde estes realizam a sua função, podendo originar a deterioração dos elementos construtivos, problemas de humidade, criação de poeira e mofo e ainda a possibilidade de emissão de substâncias tóxicas [37].

Para além dos requisitos mínimos utilizados nos critérios de seleção utilizados normalmente como são as especificações técnicas de um dado material, forma, peso, resistência mecânica e de desgaste, deverão ser considerados requisitos relacionados as variáveis de operação, facilidade de fabricação, requisitos de durabilidade, número de unidades e disponibilidade do material, custo, existência de especificações sobre o material, viabilidade de reciclagem e grau de normalização.

Dado os diversos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, como o consumo excessivo de recursos naturais, produção elevada de resíduos e o elevado consumo energético é importante que nesta fase, o diretor obra seja capaz de incorporar e auxiliar a equipa projetista na seleção dos materiais necessários para a realização da empreitada tendo em consideração os impactos ambientais gerados por estes, por isso deverá definir critérios para a seleção de materiais com vista à minimização de impactos ambientais, isto é, selecionando materiais com maiores potencialidades de reutilização, materiais ecológicos com menores pegadas ecológicas e mais duráveis. Quando não for possível o diretor de obra incorporar a equipa projetista, este deverá elaborar uma análise cuidada dos materiais selecionados para a realização da empreitada tendo em consideração a minimização dos recursos naturais e a minimização da produção de resíduos e caso não sejam os mais adequados deverá entrar em contacto com o dono de obra para que sejam feitas as devidas alterações nos materiais selecionados pois é necessária a sua aprovação e como tal deverá ser justificada convenientemente. De realçar que os donos de obra têm um único objetivo, o de lucrarem o máximo possível pelo que será uma tarefa complicada, no entanto o diretor de obra deverá apresentar as devidas justificações para a necessidade de alterações na seleção dos produtos tendo em consideração uma análise do ciclo de vida da construção e as três dimensões do desenvolvimento sustentável, a economia, a sociedade e o ambiente [37].

No projeto de edificações, a especificação dos materiais é uma das práticas mais frequentes e de suma importância para a edificação sustentável, pois a seleção adequada de materiais e componentes, aliada a um correto detalhamento de projeto, possibilita a geração de um volume de resíduos notoriamente inferiores, devido ao aumento do tempo de vida útil e funcional de uma

edificação, diminuição de perdas e etc. Por esse motivo, a adoção de critérios para seleção de materiais se faz necessária para diminuição de possíveis impactos ambientais causados pelo setor [37].

3.2.4. Mão-de-obra

Estes representam uma percentagem significativa do custo total da empreitada. Na indústria da construção, a mão-de-obra é bastante variada, quer ao nível da formação como ao nível da educação. Devido a estes factos é necessário haver um controlo constante ao longo das diferentes fases da construção e um estudo das suas necessidades. Cabe ao DO reunir semanalmente com encarregados e subempreiteiros com o intuito de criar um bom ambiente de trabalho, ouvindo as suas ideias, motivando-os para o cumprimento do plano de trabalhos e falar acerca dos problemas técnicos enfrentados para implementação de medidas corretivas. Cada trabalhador deverá saber exatamente a sua função, concentrando-se exclusivamente nesta com o maior rendimento possível, como tal o diretor de obra deverá elaborar a gestão adequada da movimentação interna de pessoal para que não existam equipas paradas ou caso existam deslizamentos numa atividade seja capaz recuperar a situação movimentando unidades operárias de uma secção para outra. A preparação cronológica e do trabalho contribui para a aplicação dos meios de trabalho da empresa e assegura a continuidade do emprego do pessoal, aumentando por sua vez a produtividade [20, 22, 23].

Para que o diretor de obra seja capaz de quantificar a mão-de-obra necessária para concluir a empreitada no prazo estipulado, este deverá ter em consideração para além da dificuldade das diferentes tarefas constituintes do plano de execução, os rendimentos esperados, sendo que este poderá ser bastante variável devido à dependência de inúmeros fatores, sendo de destacar o elemento humano, pelo que será de esperar um desfasamento entre a quantidade realmente necessária para a concretização de determinada tarefa no prazo previsto. Após o cálculo da quantidade de mão-de-obra necessária para a execução das tarefas do plano de trabalho, é necessário que sejam atribuídos os respetivos custos [23, 24]. De maneira a se alcançar a realização da obra dentro do prazo inicialmente estabelecido é necessário definir as diferentes equipas independentes para a execução das diferentes tarefas constituintes do plano de trabalho.

Nalgumas obras, quando os trabalhos a realizar são mais específicos, necessitando de mão-de-obra ou equipamentos especializados, ou quando é economicamente mais vantajoso, a mão de obra poderá ser subcontratada, passando as responsabilidades de gestão para o subempreiteiro, matéria que será explorada mais pormenorizadamente em 3.2.5.

Em suma, é da responsabilidade do diretor de obra fazer a contratação e quando necessário o despedimento de mão-de-obra, definindo as diversas equipas necessárias para a concretização da empreitada, dando as condições necessárias (formação profissional, quando seja necessário, garantir condições de segurança e higiene, disponibilizando os equipamentos de proteção necessários para a execução das tarefas) a estes para fazerem o seu trabalho com o maior rendimento possível e sem riscos. Aquando do planeamento do estaleiro de obras, ter consideração a logística de apoio aos funcionários, isto é, construção de instalações para que estes possam se alimentar, dormir. É necessário também elaborar um controlo de gestão (baixas, subsídios, seguros, pagamentos, segurança social, finanças) e deve também recompensar os elementos merecedores com prémios de produtividade para um maior incentivo da mão-de-obra na realização do seu trabalho, pois quando são garantidas todas as condições aos trabalhadores, estes geralmente apresentam um maior rendimento [22,25].

Deverão ser disponibilizadas todas as formações necessárias para a concretização da empreitada aos diferentes intervenientes, sendo da responsabilidade do diretor de obra o seu planeamento e elaboração. Com a realização de formações, haverá um aumento da produtividade por parte da mão-de-obra, pois serão disponibilizadas todas as informações necessárias à realização das diferentes tarefas executadas por esta, onde poderão ser mencionados os riscos inerentes a estas, refletindo-se assim num menor número de acidentes durante a fase de execução, demonstração de como executar as diferentes tarefas de forma a aumentar a produtividade da mão-de-obra, definição dos equipamentos necessários à execução da tarefa e o seu correto manuseamento, definição de medidas de proteção ambiental, etc. Deverá ser elaborada uma formação inicial no momento anterior ao início dos trabalhos e sempre que o diretor de obra ache conveniente, como por exemplo, no momento prévio à realização de tarefas mais especializadas ou quando existam não conformidades, definindo as medidas corretivas necessárias. Para além destas formações, deverá existir um controlo constante por parte do diretor de obra da execução das diferentes tarefas para uma verificação do cumprimento na íntegra do plano de execução.

Através da realização de formações e de uma correta monitorização da mão-de-obra é possível caminhar no sentido da sustentabilidade no setor da construção civil.

3.2.5. Subempreitadas

3.2.5.1 Definição e vantagens

Subempreitada é definida como sendo todos os trabalhos efetuados por uma terceira parte, entidade exterior à obra, que se compromete com o empreito a realizar a obra (ou parte dela), estabelecidos em contrato entre estes. Geralmente, as subempreitadas são uma boa opção por se traduzir num processo mais económico e curto, dado que a produtividade frequentemente não é a mais desejada. São de destacar os dois tipos de subempreitadas existentes, as que resultam de uma especialização técnica elevada da mão de obra seja devido a complexidade dos trabalhos a executar ou à utilização de equipamentos específicos que necessitam de especialização na sua utilização e as que prestam apenas serviços de mão de obra.

Para além da redução de custos, a subcontratação de mão-de-obra apresenta mais vantagens, porém também tem as suas desvantagens. De forma a minimizar as desvantagens das subempreitadas, é necessário que o diretor de obra selecione o subempreiteiro adequado e elabore uma constante monitorização dos trabalhos executados por este, tornando assim mais vantajosa a seleção de subempreitadas na concretização da empreitada [32]. Para além da consideração dos aspetos económicos, o diretor de obra terá de ter em consideração os aspetos ambientais e sociais no momento de seleção do subempreiteiro e assim aumentar a sustentabilidade na construção civil.

As principais vantagens de se recorrer a uma subempreitada são [35]:

- Melhoria da flexibilidade e redução de custos - aumento da flexibilidade nos contratos de trabalho, bem como a redução de encargos sociais, conseguindo assim responder de uma melhor maneira às constantes mudanças que se verificam no mercado. A subempreitada garante à empresa uma maior flexibilidade funcional (diversificação das funções dos operários), um menor número de trabalhadores e uma melhoria financeira, obtida através de uma redução de custos com os trabalhadores e equipamentos, visto que estes são fornecidos pelo subempreiteiro, não necessitando assim de um grande número de equipamentos no estaleiro central. O custo da realização destas é definido no início

dos trabalhos e à partida os custos associados à futura manutenção dos trabalhos executados serão menores;

- Aumento da produtividade e melhoria da qualidade nos produtos e serviços – a repetição de tarefas, continuidade no trabalho e uma aprendizagem contínua, resulta numa maior produtividade por parte das subempreitadas em relação à empregabilidade de mão de obra própria por parte das empresas contratantes. Ao utilizar uma subempreitada, esta garante a utilização de trabalhadores especializados e qualificados e de equipamentos adequados à realização das tarefas, otimizando assim a realização da mesma, quando aplicados critérios rígidos na procura e escolha dos subempreiteiros, garantindo assim uma melhoria na qualidade dos produtos e serviços. Contudo é necessária uma monitorização constante para garantir que este aumento de produtividade acontece mesmo;
- Controlo do processo de produção – terá de existir uma monitorização constante ao longo da realização das diferentes tarefas para verificação da conformidade dos trabalhos executados pois caso esta não exista, como acontece muitas vezes, advêm daí algumas desvantagens que serão de seguida mencionadas;
- Redução dos prazos – quando é realizado o correto planeamento das tarefas e a correta escolha da subempreitada especializada de uma maneira geral ocorrerá uma redução dos prazos da obra;
- Dispersão geográfica – através do recurso às subempreitadas, as empresas do setor da construção civil ficaram possibilitadas de alargar a sua área geográfica de influência, conquistando novos mercados e negócios pois não necessitam da recolocação dos recursos produtivos necessários à concretização de uma dada empreitada.

Associado à utilização das subempreitadas pode-se identificar como principais desvantagens os seguintes aspetos [32]:

- Não cumprimento dos prazos;
- Não cumprimento do que está estipulado nos contratos;
- Falta de documentos por parte dos subempreiteiros;
- Falta de documentos dos trabalhadores dos subempreiteiros;
- Dívidas dos subempreiteiros relacionadas com encargos sociais;
- Má qualidade dos trabalhos executados;
- Mão de obra insuficiente;
- Falta de mão de obra qualificada.

O processo de adjudicação das subempreitadas e do acompanhamento dos trabalhos deve passar pelas seguintes etapas [23]:

- Planeamento da adjudicação;
- Realização de consultas e pedidos de resposta;
- Seleção do subempreiteiro
- Acompanhamento dos trabalhos;
- Receção dos trabalhos.

3.2.5.2 Planeamento da adjudicação

Deverão ser definidos os trabalhos que serão realizados por subempreitada e a respetiva fase da execução da obra, através do respetivo plano de trabalhos. No plano de trabalhos deverá constar o prazo para a procura e adjudicação dos subempreiteiros, visto que os prazos de execução das obras são cada vez menores e para não serem esquecidas algumas etapas na procura e adjudicação de subempreitadas [32].

3.2.5.3 Realização de consultas e pedidos de resposta

Após o planeamento da adjudicação e receção de todas as propostas dos subempreiteiros deverão ser verificadas todas as condições que os subempreiteiros possuem para a realização dos trabalhos a executar, através da reunião de referências sobre os mesmos para averiguar a capacidade dos subempreiteiros tendo em conta a sua experiência e capacidade na realização dos trabalhos a executar, devendo ser efetuadas visitas a trabalhos realizados por estes caso seja possível [32].

Os subempreiteiros deverão receber o mapa de quantidades e trabalho e ser esclarecidos relativamente a qualquer dúvida que possa surgir relativamente ao contrato da subempreitada. Para além do mapa de quantidades e trabalho deverá ser enviada uma lista de equipamentos e materiais necessários à execução dos trabalhos, e os procedimentos padronizados pela empresa para a execução do trabalho.

3.2.5.4 Seleção do subempreiteiro

Nesta fase, deverá ser verificada toda a documentação de cada subempreiteiro e respetivos trabalhadores, sendo que a fase de negociação de preços é aquela fase que geralmente acaba por ter mais influência na escolha do subempreiteiro para a execução dos trabalhos. Para que o subempreiteiro forneça o preço correto na proposta apresentada é necessário que sejam enviados sem quaisquer erros ou omissões o mapa de quantidades e trabalhos, assim como a lista de equipamentos e materiais necessários à execução dos trabalhos a executar, para além da descrição dos procedimentos padronizados pela empresa para a execução do trabalho. Como tal, o levantamento destes dados deverá ser realizado em fase de orçamentação e planeamento de obra, sendo aconselhável que os responsáveis pela gestão da produção da obra verifiquem estes dados de forma a minimizar os erros e omissões [36].

Deverão ser definidos os métodos de medição de trabalho assim como os respetivos prazos de execução e pagamento. Através da correta e cuidada elaboração do plano de trabalhos, deverão ser definidos prazos realistas para a execução dos trabalhos pretendidos, assim como etapas intermédias, minimizando assim a ocorrência de atrasos e prazos impossíveis de cumprir, podendo ser estipulado em contrato as multas caso o subempreiteiro não cumpra com os prazos estipulados exclusivamente por sua responsabilidade.

Existem várias formas de adjudicação de subempreitadas, pelo que deverá ser definido o tipo de subempreitada a adjudicar consoante os trabalhos a executar. São de destacar, a adjudicação por séries de preços e a adjudicação por valor global, sendo as mais comuns [32].

Em relação ao tipo de subempreitada esta pode ser do tipo: mão de obra; mão de obra e materiais; mão de obra, materiais e projeto; mão de obra, materiais, projeto e manutenção. As adjudicações são feitas com base em articulados, onde se referem quais as unidades que os trabalhos são realizados: m; m2 ; m3 ; ml; horas; dias; semanas; meses; Kg; ton; etc. Sendo o tipo de adjudicação mais comuns, a adjudicação por séries de preços e a adjudicação por valor global.

Geralmente, é a fase de negociação de preços que acaba por ser aquela que mais influência tem na escolha de quem irá executar os trabalhos, onde o diretor obra procura que os trabalhos sejam realizados, se possível, abaixo do previamente definindo, gerando assim lucro. No entanto deverá ser elaborada uma média ponderada de alguns fatores como os custos, experiência do subempreiteiro, qualidade de execução destes, medidas de proteção ambiental, estrutura da empresa, etc, conseguindo assim obter o grau de sustentabilidade previamente definido.

3.2.5.5 Acompanhamento dos trabalhos

Nesta fase controla-se a execução dos trabalhos de uma forma periódica. Deverão ser realizadas reuniões periódicas de forma a discutir os seguintes pontos [32, 67]:

- Verificação do cumprimento do plano de segurança e saúde por parte do subempreiteiro;
- Situação atual da obra;
- Avaliação dos trabalhos já executados em conformidade com o plano de trabalhos, nomeadamente ao nível dos prazos custos, qualidade, segurança e ambiente;
- Estudo e avaliação da dos trabalhos em andamento ou ainda por começar;
- Realiza-se avaliações de desempenho;
- Definição dos trabalhos a realizar;
- Negociação de trabalhos a mais, que não constam no contrato;
- Definição das estratégias corretivas a implementar caso existam não conformidades.

Geralmente, não existe um controlo adequado das subempreitadas na execução da obra, pelo que normalmente é nesta fase que se originam diversos conflitos, levando a quebras na produtividade e consequentemente, atraso na conclusão da empreitada o que leva a um aumento do custo da empreitada.

3.2.5.6 Receção dos trabalhos

A receção dos trabalhos geralmente é elaborada em duas fases, sendo a primeira referente a uma receção provisória, onde existe uma aceitação dos trabalhos executados pelo subempreiteiro, a qual é efetuada de forma periódica, ou seja, à medida que os trabalhos vão sendo concluídos poderão ser rececionados, sendo que depois só será necessário rececionar os trabalhos finais. A segunda fase diz respeito à receção definitiva, onde deverá ser realizado um protocolo de encerramento de contas. Este protocolo serve como prova da liquidação de todos os trabalhos executados pelo subempreiteiro [32].

Uma vez concluída a obra deverá ser feita uma análise ao trabalho realizado pelo subempreiteiro e retirar as conclusões acerca da forma como os trabalhos foram executados e se cumpriram todos os pressupostos definidos, sendo necessário o posterior registo desta informação para a elaboração de uma base de dados de subempreiteiros com as respetivas avaliações, de modo a serem utilizadas em obras futuras, contribuindo assim para uma melhoria contínua, podendo se retirar informações de melhorias a implementar no tipo de trabalhos executados no futuro.

3.2.6. Equipamentos

Atualmente, estes recursos produtivos são bastante importantes, sendo necessário, na generalidade dos concursos de empreitadas, a definição dos equipamentos e/ou máquinas necessárias para a execução de todos os trabalhos, garantindo que o preço e qualidade da obra se mantêm inalteráveis. Com o passar dos tempos, houve um aumento da variedade dos equipamentos e com a crescente competitividade entre as empresas da construção civil, houve uma maior necessidade na utilização de máquinas e/ou ferramentas na construção, levando a uma maior rapidez na conclusão de alguns trabalhos e substituindo a mão-de-obra em trabalhos considerados pesados, como é verificado nas restantes indústrias [24].

Estes recursos produtivos, poderão ser divididos em duas categorias, o equipamento de movimentação de terras (ou terraplanagem) e o equipamento de construção civil. Relativamente ao equipamento de terraplanagem fazem parte integrante, os bulldozers, dragas, dumpers, camiões, entre outros. Quanto aos equipamentos de construção civil, geralmente são utilizadas,

gruas, máquinas de distribuição de betão e argamassa, instalações de betonagem, entre outras [22].

A tarefa do diretor de obra relativo à gestão dos equipamentos consiste [22, 25]:

- Compra, ou aluguer de equipamentos. A seleção de um equipamento deverá ser feita tendo em conta as características específicas de cada empreitada a conduzir;
- Prever atempadamente a utilização dos diferentes equipamentos nas diferentes fases de desenvolvimento da empreitada e da respetiva logística de apoio às obras, seja ao nível de lubrificantes, peças para reparação, ou combustíveis para o funcionamento das diversas máquinas;
- Construção aquando da fase de planeamento referente ao plano de estaleiro de obra de um parque central de máquinas, onde estes possam ser armazenadas nas condições adequadas;
- Manutenção e reparação, para que não haja uma grande depreciação dos equipamentos, por isso são estabelecidas condições de uso e manutenção para o cuidado adequado destes, pois no caso destes serem alugados haverá uma avaliação do referido equipamento, sendo possível obter uma parte do investimento feito. Quando estes são comprados existe então a possibilidade de os reparar quando existam avarias para que haja a maior durabilidade possível destes;
- Movimentação de equipamentos;
- Gestão de controlo (custos, avaliação económica de alternativas, controlo de produtividade);
- Gestão de manobradores;
- Gestão da oficina;
- Investigação e desenvolvimento, para uma posterior atualização dos técnicos em relação às especificidades, rendimentos e imposições de cada equipamento, podendo ser uma mais valia para obras futuras, onde se constatam os benefícios na utilização dos equipamentos;
- Formação de utilização de certos equipamentos, quando estes exigem uma elevada especialização técnica.

A gestão dos equipamentos é da responsabilidade do diretor de obra, mas este pode delegar tais tarefas para um técnico interno responsável por todas as áreas relacionadas, o que é geralmente verificado em obras de grandes dimensões [22]. A seleção dos diferentes equipamentos e ou máquinas deverá ter em consideração os impactos ambientais, económicos e sociais que poderão decorrer da utilização destes, de forma a aumentar a sustentabilidade na construção civil através da minimização dos diferentes impactos induzidos pela utilização destes, seja a criação de poeiras e vibrações, emissão de gases poluentes, o seu custo, etc.

3.2.7. Qualidade

Para o sucesso de um empreendimento nos dias de hoje, não é suficiente garantir o cumprimento do prazo e orçamento estipulado assim como a qualidade do produto final, que seriam os fatores de competitividade da construção tradicional, pelo que nos dias de hoje e segundo o conceito de construção sustentável, as exigências são cada vez maiores e como tal é necessário que a empreitada se desenvolva nas melhores condições de segurança e saúde para os trabalhadores, como ainda cumprir todos os requisitos dos utilizadores que, no essencial, se enquadram na qualidade do produto final [20].

Visto que é o dono de obra que define as regras de controlo de qualidade e que existe cada vez mais um incremento das exigências de qualidade na construção, o diretor de obra deverá efetuar o respetivo controlo e providenciar a respetiva realização dos ensaios previstos, com equipamento adequado e pessoal tecnicamente capaz de modo a que se possa verificar a conformidade dos ensaios com as normas exigidas [20].

Devido à falta de atenção dada à prevenção da falta de qualidade, especialmente na fase de conceção do projeto, normalmente surgem logo nas fases iniciais da fase de construção falhas o que vai originar a necessidade de trabalhos de retificação/reconstrução e consequentemente um aumento de custos. Como tal, a falta de ponderação deste fator originou que as falhas de qualidade se tornassem uma característica intrínseca a esta atividade, pois, frequentemente, os intervenientes no processo de construção não conseguem assegurar o cumprimento de todos aqueles requisitos, refletindo-se isso em deficiências na qualidade das obras. As causas mais comuns que originam a falta de qualidade na construção são [20]:

- Falta de qualidade dos documentos de projeto devido a não consideração das solicitações de clientes e utilizadores e/ou devido a documentação/informação pouco específica e/ou incompleta;
- Fraca comunicação de decisões, resultante da natureza sequencial da cadeia de fornecimentos;
- Alterações feitas ao projeto, resultando na retificação do mesmo e consequentemente dos honorários dos consultores, originando demoras no processo de transmissão de informação;
- Falta de competências técnicas, como negligência ou falta de conhecimento;
- Falta de coordenação e integração entre os membros da equipa projetista, complicando o fluxo de informação entre os mesmos;
- Tempo improdutivo, resultante da demora na transmissão da informação, como esclarecimentos ao adjudicatário devido a discrepâncias na documentação contratual ou alterações solicitadas pelos clientes, retificação de erros e de componentes danificados, limpezas, etc.;
- Pressão crescente resultante do cumprimento de prazos e orçamentos;
- Falta de implementação de um sistema de qualidade do projeto por parte dos gestores de projeto e constante monitorização dos trabalhos para verificação da conformidade;
- Falta de coordenação e verificação da documentação do projeto;
- Ausência de controlo das alterações;
- Escolha de processos construtivos inadequados;

Assim, o Diretor de obra deve estudar e definir os canais formais e informais de comunicação de forma a obter a melhora colaboração, coordenação e comunicação possível entre os membros das equipas. Para além disso é necessário que seja elaborado o correto e apropriado planeamento de modo a evitar surpresas desagradáveis no decorrer da fase de construção, contribuindo assim para o sucesso das suas obras [20].

O diretor de obra deverá realizar a correta monitorização da qualidade dos trabalhos executados, sendo que estas expectativas são definidas pelo dono de obra em conjunto com a equipa de projetistas na fase de projeto, com o objetivo de satisfazer os requisitos impostos pelo cliente relativamente à qualidade do produto. É através dos desenhos e especificações técnicas fornecidos pela equipa projetista que são definidas as exigências e parâmetros, existindo vários níveis de qualidade consoante o tipo de edificação a construir. Este controlo da qualidade é elaborado de forma a alcançar ou superar as exigências e parâmetros estabelecidos no projeto, sendo que o seu objetivo é de minimizar a ocorrência de erros e falhas, o incremento da eficácia e a contínua melhoria dos processos adotados. A monitorização dos trabalhos executados deverá ser realizada ao longo de todo o processo construtivo. Para além do controlo da qualidade, a constante monitorização dos trabalhos executados, assegura também a conformidade com as exigências de

outros campos mencionados neste capítulo, tal como, a segurança, saúde, ordenamento, ambiente, conforto, etc.[22, 27].

Este controlo poderá ser delegado pelo diretor de obra, a um técnico interno da obra que trabalha em conjunto com o diretor de fiscalização, quando seja conveniente, sendo necessário naturalmente a supervisão por parte do diretor de obra de forma a garantir que o trabalho está a ser realizado e da maneira definida. Existem várias formas de elaborar o controlo da qualidade da obra e dos trabalhos em curso, seguidamente descritas [25]:

- Realização de reuniões e formações com o objetivo de transmitir aos diversos intervenientes as recomendações convenientes relativamente à qualidade da execução dos trabalhos pretendida e a sua demonstração, para além da transmissão de informação relativa ao plano de estaleiro e das demais instalações assim como informações que sejam relevantes para a realização dos trabalhos;
- Verificação de conformidade dos trabalhos com as condições previamente estabelecidas em projetos através de mapas de vistoria, boletins de controlo e ensaios;
- Avaliação antecipada do nível de comportamento profissional da mão-de-obra e respetiva qualificação para averiguação da capacidade destes na realização dos trabalhos a executar com o nível de qualidade pretendida;
- Averiguar a qualidade dos materiais, equipamentos e processos utilizados através da realização de ensaios de controlo em laboratório, sempre que seja necessário, pois estes acarretam um custo significativo;
- Avaliação dos planos de mobilização do empreiteiro (mão-de-obra, equipamentos e materiais);
- Verificar a implantação das partes integrantes da obra e a sua geometria antes e ao longo da sua realização;
- Realização dos desenhos das alterações introduzidas no projeto e respetiva transmissão da informação aos intervenientes;
- Elaborar e participar ativamente segundo as normas do promotor nos processos conducentes à consignação, receção provisória e definitiva da obra.

O aparecimento das normas da família ISO 9000 veio facilitar o controlo da qualidade dos produtos através da certificação de fabricantes de materiais, empresas de engenharia e empreiteiros que cumpram as indicações. Esta certificação é realizada por uma entidade competente e devidamente acreditada assegurando assim que as empresas desenvolvem e implementam um sistema de qualidade apropriado, assegurando a satisfação das exigências e requisitos impostos pelos clientes. De destacar as seguintes normas da família ISO 9000:

1. ISO 9000 – sistemas de gestão de qualidade;
2. ISO 9001 – requisitos de um sistema de gestão de qualidade, a utilizar sempre que uma empresa tem a necessidade de provar a sua capacidade em fornecer produtos que cumpram os requisitos do cliente bem como os regulamentos aplicáveis;
3. ISO 9004 – linhas de orientação que têm em conta a eficiência e a eficácia do sistema de gestão de qualidade implementado.
4. ISO 19001 – orientação para o modo de execução de auditorias a sistemas de qualidade, o que facilita a compreensão mútua no comércio, seja este nacional ou internacional.

Para além da certificação por via das normas, é possível ser obtida por via de empresas acreditadas para desempenhar tal tarefa, como é o caso de institutos, associações ou laboratórios. No setor da construção civil, existem alguns materiais que necessitam obrigatoriamente de serem certificados,

como é o caso dos varões de aço para betão armado, acessórios de aço ou ferro fundido maleável para canalizações ou mesmo material cerâmico de construção e cimentos [24].

3.2.8. Segurança

Sendo o setor da construção civil, caracterizado por um elevado número de acidentes de trabalho é necessário assegurar a existência de sistemas de gestão capazes de assegurar a segurança e saúde dos trabalhadores [28]. Os custos sociais associados aos acidentes graves ocorridos neste setor e os problemas de saúde dos trabalhadores representam um encargo significativo pelo que é imperativo que o Diretor de Obra seja capaz de evitar estes acontecimentos, pois é a entidade máxima no que respeita à responsabilidade no estaleiro de obras e acompanha a obra na sua totalidade pelo que se encontra numa posição de proximidade diária em relação aos trabalhadores. Os encargos associados a estes acidentes são enormes para as entidades patronais, trabalhadores envolvidos, seguradoras e para a sociedade em geral, pelo que deverão ser implementadas medidas de prevenção [20].

O Decreto Lei 273/2009 é o documento primordial da legislação em Portugal que define os parâmetros a seguir no que respeita à segurança e saúde no trabalho, onde é estabelecida a obrigação da elaboração de três documentos de prevenção de riscos profissionais aquando da execução de um projeto de construção, Comunicação Prévia - CP; Plano de Segurança e Saúde - PSS; Compilação Técnica – CT [20]. Como tal, o diretor de obra tem como funções [21, 29]:

- Gestão dos riscos inerentes aos diferentes processos construtivos necessários para a construção da obra, ou seja, avaliando os diferentes riscos associados ao processo construtivo e evitando-os sempre que possível, de preferência o mais antecipadamente possível, sendo ideal, na fase de projeto. Quando estes riscos não podem ser evitados, devem ser combatidos na sua origem. Posteriormente à avaliação dos riscos associados às diferentes tarefas a executar, deverão ficar definidas as medidas de prevenção;
- Adaptação do trabalho ao homem, principalmente no que se refere à conceção dos postos de trabalho, evitando o trabalho monótono e cadenciado, adotando os melhores métodos de trabalho e produção e a adoção de equipamentos que auxiliem o trabalho do homem, tendo em consideração o estado de evolução técnica;
- Dar a devida formação aos trabalhadores através de indicações objetivas e concisas relativamente a trabalhos em que estão inerentes grandes riscos para a segurança e saúde destes e providenciando os devidos equipamentos de proteção necessários para a realização destes, priorizando os equipamentos de proteção coletiva em detrimento dos equipamentos de proteção individual,
- Elaboração do correto planeamento de prevenção tendo em conta os diferentes aspetos como as condições de trabalho, a influência dos fatores ambientais, a organização do trabalho, a técnica e as relações sociais,
- Propor o desenvolvimento e adaptação do Plano de Segurança e Saúde (PSS), assim como a elaboração da Ficha de Procedimento de Segurança (FPS), publicitando e assegurando a aplicação destes documentos, através de reuniões e da constante monitorização dos trabalhos realizados;
- Garantir o cumprimento das obrigações dos empregadores e dos trabalhadores em matéria de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (SHST) e colaborar com o Coordenador de Segurança em Obra (CSO)
- Implementação das medidas necessárias à adequada organização e gestão do estaleiro, incluindo um plano de emergência, bem como a respetiva reserva de acesso;
- Fornecimento ao dono de obra, das informações necessárias à elaboração e atualização da comunicação prévia;

- Fornecimento dos elementos necessários à elaboração da compilação técnica da obra (CTO).

Para além dos regulamentos e normas referentes à segurança no trabalho vinculados à construção civil, existem outros regulamentos que não referem diretamente o setor da construção civil, mas não deverão ser esquecidos, como é o caso das leis 91/2003 e 35/2004 (regulamentação geral do trabalho), o Decreto-lei 441/91 (regulamentação geral de segurança e saúde no trabalho) e a Lei 100/97 (acidentes de trabalho). Ficam também por referir as normas de segurança portuguesas, europeias e internacionais (ISO), direta ou indiretamente relacionadas com a segurança [26].

3.2.8.1 Plano de Segurança e Saúde (PSS)

Define-se Plano de Segurança e Saúde (PSS) como um documento destinado à definição das medidas necessárias à prevenção e minimização de todos os riscos para higiene, segurança e saúde dos trabalhadores e outros, terceiros, durante toda a fase de desenvolvimento da obra. O P.S.S. é elaborado pelo coordenador se segurança em projeto antes do início da obra, e é um documento genérico que serve de bitola aos documentos a preparar pelas diversas entidades executantes, durante a execução da empreitada, com vista a garantir a segurança dos trabalhadores, tendo a sua estrutura definida no Anexo II do Decreto-Lei 273/2003. Deve ter um caráter evolutivo e ser objetivo de uma profunda revisão antes da abertura do estaleiro. Este documento deve avaliar os riscos associados a cada uma das tarefas elementares e identificar medidas preventivas para os riscos identificados, eliminando-os ou minimizando-os, avaliando assim a conformidade do projeto de execução com as recomendações de segurança e saúde [20, 22].

O Coordenador de Segurança e Saúde é um individuo externo à obra que tem como responsabilidade intrínseca a segurança e saúde associada a toda a empreitada, tendo como função primordial a verificação e análise da documentação relativa às medidas de segurança implementadas em obra, através da realização de visitas regulares à obra e respetiva elaboração de relatórios, cujo intuito é o da promoção da comunicação e implementação de medidas que não estejam estabelecidas quando seja necessário, complementando o PSS [22].

A elaboração de um Plano de Segurança e Saúde nem sempre é obrigatória mas dentro destes casos, quando existam riscos especiais associados, é necessário que a entidade executante elabore as correspondentes Fichas de Procedimento de Segurança (FPS) transmitindo o devido conhecimento a todos os trabalhadores intervenientes na obra [63]. Nestas fichas devem ser identificados todos os intervenientes relevantes para os trabalhos afetos à obra, a identificação, caracterização e duração da obra, a identificação dos riscos associados aos trabalhos necessário para a concretização da obra e as respetivas medidas de prevenção destes riscos, procedimentos a adotar em caso de emergência, além das informações referentes às condições existentes no estaleiro e na área envolvente que possam ter implicações na prevenção dos riscos profissionais associados à execução dos trabalhos.

3.2.8.2 Compilação Técnica

Este documento é um manual que tem como objetivo a garantia da segurança dos trabalhadores envolvidos em operações de reabilitação e manutenção na fase de utilização, o qual deverá ser preparado inicialmente pelo CSP e posteriormente preparado pelo CSO. Na sua versão final deverá constar a informação relativa aos coordenadores de segurança e das diversas entidades executantes [22].

3.2.9 Ambiente

3.2.9.1 Vertentes do domínio ambiental

O fator ambiental diz respeito a uma das áreas de controlo imprescindível em obras de construção civil, sendo que a tendência futura dificilmente será contrária. Regra geral, trata-se de um domínio que sumariamente pode ser alvo de descrição nas seguintes vertentes, onde são referidas algumas ações de monitorização e controlo para cada uma destas [26]:

- **Uso do solo**
  - Validação do plano de estaleiro relativamente à ocupação do terreno;
  - Avaliação dos efeitos da construção nas diferentes fases de ciclo de vida quanto às redes enterradas existentes, às paragens de transportes públicos e do desvio de tráfego automóvel;
  - Verificação da adequada circulação de peões na zona do estaleiro e respetiva envolvente.

- **Gestão da água**
  - Realização de um inventário hidrológico de parâmetros na área a ser construída e na sua envolvente, com o objetivo de proteger este importante recurso. São alguns exemplos de controlo a realizar neste âmbito, os consumos de água, as águas residuais, as águas pluviais, a identificação de outros efluentes líquidos, etc.

- **Qualidade do ar**
  - Verificação do cumprimento da legislação em vigor através da avaliação analítica da qualidade do ar;
  - Minimização de poeiras, através da avaliação do estado de conservação ou manutenção das vias de comunicação.

- **Ruído e vibrações**
  - Consulta prévia ao início da construção dos mapas de ruído da zona onde vai ser feita a construção e zona envolvente para que depois se elaborem testes relativamente ao nível de ruído e seja possível verificar a variação deste com o início da construção, garantindo também o cumprimento da legislação referente;
  - Identificação das tarefas potencialmente produtoras de vibrações significativas;
  - Avaliação do cumprimento legislativo ao nível das emissões de ruído, provenientes de equipamentos utilizados no estaleiro ao longo do desenvolvimento dos trabalhos;
  - Manual de medidas mitigadoras da emissão de vibrações e respetivo plano de implementação.

- **Gestão de resíduos de construção e demolição (RCD)**
  - Cumprimento da legislação em vigor, nomeadamente decreto-lei 46/2008 (licenciamento das instalações necessárias, devida separação dos resíduos);
  - Definição do adequado destino para os RCD, tendo na fase de projeto sido selecionados, preferencialmente, os produtos com maior possibilidade de virem a ser reutilizados e reciclados, ou seja escolher os materiais segundo uma perspetiva de ciclo de vida e não ter em conta exclusivamente o aspeto económico;

- Quantificação e classificação dos diferentes tipos de RCD, de acordo com a norma europeia. Esta tarefa será abordada mais pormenorizadamente nos seguintes capítulos desta dissertação.

- **Fauna e flora**
  - Análise da envolvente do estaleiro quanto à existência de fauna e flora, tendo como objetivo minimizar os efeitos provocados pela empreitada nestes e respetiva classificação quanto à raridade (ou não) das diferentes espécies existentes e fazer a respetiva enumeração das espécies existentes.

- **Património**
  - Verificação prévia dos elementos de carater patrimonial existentes na envolvente da obra e a respetiva garantia de proteção destes quando existirem.

- **Desmontagem de estaleiro**
  - Realização de uma visita no final da desmontagem do estaleiro para uma verificação da limpeza do espaço deste para que seja possível o restabelecimento de todas as circulações de veículos ou peões que tenham sido afetadas pela construção do estaleiro para que tudo volte as condições de funcionamento normal;
  - Verificação da contaminação e/ou recuperação dos solos afetados.

O controlo desta vertente é feito através da elaboração de um plano de gestão ambiental. É da responsabilidade da equipa de fiscalização e dos técnicos do empreiteiro dedicados ao ambiente elaborar um plano de monitorização dos referidos fatores para a obra. Muitas das ações de controlo e monitorização necessitam da realização de ensaios in situ para que se alcance uma monitorização satisfatória [22].

3.2.9.2 ISO 14000

A criação desta família de normas surgiu com o intuito de minimizar os impactos ambientais decorrentes das atividades das empresas através da padronização de processo, ajudando também a obedecer a regulamentos, leis ou outros exigências ambientais, a melhorar continuamente as anteriores [30].

Foi criada assim uma certificação ambiental para as empresas da construção civil, oferecida por esta norma, sendo que é necessária que as empresas se submetam a auditorias periódicas, realizadas por empresas acreditadas pelos organismos nacionais e internacionais. Através da certificação ambiental fica comprovada a responsabilidade ambiental das empresas na construção [22].
Nas auditorias é verificado o cumprimento de vários requisitos, tais como [31]:

- Cumprimento da legislação ambiental;
- Diagnóstico atualizado dos aspetos e impactos ambientais de cada atividade;
- Procedimentos padrões e planos de ação seguidos de modo a eliminar ou diminuir os impactos sobre alguns aspetos ambientais;
- Qualificação e formação do pessoal.

3.2.10. Organização do estaleiro

O estaleiro da obra é o espaço físico que serve de apoio à execução de uma determinada obra. O objetivo principal do estaleiro é de tornar possível a execução de uma obra no prazo previsto e nas melhores condições técnicas e económicas. Uma boa organização do estaleiro poderá incrementar consideravelmente a sustentabilidade de uma obra, assegurando um determinado nível de qualidade, de segurança e saúde dos envolvidos e uma minimização do custo da obra e dos seus impactos ambientais e sociais [32].

Os principais meios utilizados usualmente nos estaleiros podem ser agrupados nos seguintes conjuntos: instalações administrativas; instalações de apoio à direção de obra (apoio); instalações de apoio social (dormitório, posto de primeiros socorros, sanitários, vestiários, duches, lavatórios e refeitório de acordo com a normalização do país em que se encontra a obra); instalações fixas de produção; meios de carga/descarga e transporte interno; redes de infraestruturas provisórias. Durante o planeamento do plano de estaleiro são escolhidos quais os meios mais indicados e necessários para a execução da obra. Esquematiza-se na figura 2.5 o agrupamento efetuado.



Figura 3.2 – Principais meios a instalar num estaleiro local [32]

O plano de estaleiro da obra deve ser elaborado por fase. Na primeira fase elabora-se uma pequena definição dos diversos elementos constituintes do estaleiro, por forma a ser possível numa fase final realizar um estudo pormenorizado para executar a sua implantação. O estaleiro deve ser estudado em função das condicionantes existentes e dos critérios de otimização.

Durante a elaboração do plano de estaleiro, os aspetos mais importantes a ter em conta são:

- A organização do estaleiro é dinâmica, isto é, evolui no tempo. Para cada fase de obra é necessário estudar uma nova implantação, pois as instalações a implantar no estaleiro variam consoante esta;
- No arranjo físico do estaleiro, o estudo das gruas e da movimentação dos materiais é a operação essencial e que não pode falhar;
- Os critérios fundamentais de análise de cada solução de estaleiro são a minimização das distâncias a percorrer em obra, a redução do número de operações de carga/descarga com cada material ou equipamento, do número de operações de montagem/desmontagem das instalações fixas de produção, existência de redes de serviços (água, energia, telefone) e facilidade de acessos para viaturas pesadas;
- Área disponível para estaleiro e a sua relação com o tipo de construção;

O plano de estaleiro consiste para cada fase da obra no seguinte [25]:

- Definição das instalações a implantar no estaleiro (instalações relativas ao fabrico de betão, armazenamento e oficina de corte e dobragem de ferro, armazéns para proteger os materiais, armazenamento ao ar livre para madeira, tijolos, entre outros, armazém de ferramentas, parque de recolha de máquinas, etc)
- Atribuição das respetivas áreas;
- Definição da localização das diferentes instalações necessárias e elaboração de matrizes de correlação, onde são definidas e comparadas entre si a importância das diferentes instalações do estaleiro.

4
RCD

4.1 Enquadramento

Os resíduos de construção e demolição, vulgarmente designados por RCD, são resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição, incluindo os fluxos específicos de resíduos neles contidos. Os resíduos urbanos ou similares e a mistura de resíduos provenientes da obra com outros resíduos de origem distante não estão incluídos nesta categoria [38].

A gestão dos RCD foi a tarefa selecionada para um maior aprofundamento no âmbito desta dissertação devido à sua relevância na obtenção da sustentabilidade na indústria da construção, pois esta indústria não parará de modificar o ambiente construído existente seja sob a forma de construção, intervenção ou demolição, gerando enormes quantidades de resíduos, principalmente nas fases de reabilitação e demolição, tornando imprescindível que seja elaborada uma correta gestão dos RCD durante todas as fases de ciclo de vida.

A correta gestão de RCD implicará uma maior diminuição do consumo de recursos naturais, um dos principais impactos ambientais gerados pela indústria da construção. É necessária a adoção de outros destinos para os resíduos, para além da sua deposição em aterros, pois caso contrário haverá uma sobrelotação destes, tornando o Planeta mais limpo e menos explorado. Grande parte destes resíduos ainda é depositada em aterro, pelo que o seu volume ultrapassa claramente o ocupado pelos RSU [63].

Um dos fatores-chave para se atingir a sustentabilidade na construção é a minimização do consumo de recursos naturais, sendo que segundo alguns especialistas, a forma mais eficiente para atingir esse objetivo passa pela adequada gestão de RCD, isto é, a incorporação dos RCD nos materiais de construção. Os RCD têm um elevado potencial de recuperação, sendo que 80% destes poderão ser reciclados [63].

Em Portugal, foi criado um regime jurídico próprio para o fluxo de RCD, onde é incentivada a reciclagem e reutilização destes em detrimento da tradicional deposição em aterro. No entanto, ainda são verificadas algumas situações indesejáveis, como a incorreta triagem de RCD em obra, despejos ilegais, derrames de óleo e gasóleo no estaleiro, incumprimento do plano de prevenção e gestão de RCD e o registo de dados relativos à gestão de RCD [63]. Assim, verifica-se que ainda

existem algumas lacunas na legislação existente como será analisado posteriormente nesta dissertação.

Para uma melhor gestão dos RCD, é necessário que seja elaborado o registo do máximo de informação, o mais preciso possível, como em qualquer método de planeamento, para uma boa adequação aos dados existentes de facto e assim adotar os melhores caminhos a seguir.

4.2 Fontes e causas de desperdícios na construção

É importante conhecer as principais causas e fontes de desperdício na construção para a elaboração de uma correta gestão de RCD para que estas sejam eliminadas ou reduzidas e assim contribuir para uma minimização dos resíduos produzidos. É praticamente impossível a eliminação da produção de resíduos pois existem resíduos que não podem ser evitados, mas através da prevenção de produção de desperdícios produzidos na obra existe um substancial potencial de redução de custos, que deverá servir de incentivo a todos os intervenientes nas várias fases do ciclo de vida de uma obra. Os desperdícios podem ser produzidos devidos a inúmeros fatores, que podem ser divididos em 4 categorias, consoante a fase de ciclo de vida de uma obra, fase de projeto, fase de execução, manuseio de materiais e aspetos contratuais, conforme ilustrado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 – Fontes e causas de desperdícios na construção [63]

Fase de projecto	Fase de execução	Manuseio de materiais	Aspectos contratuais
• Falta de atenção na coordenação dimensional dos produtos • Alterações realizadas no projecto durante o decorrer dos trabalhos • Inexperiência do arquitecto na sequência e método da construção • Falta de atenção aos tamanhos padrão existentes no mercado • Falta de conhecimento do arquitecto quanto a produtos alternativos • Falta de informação nos desenhos • Erros no contrato • Contrato incompleto no início do projecto • Selecção de produtos de pouca qualidade	• Erros cometidos durante o transporte ou pelos trabalhadores • Acidentes devido a negligência • Danos no trabalho concluído causados por operações posteriores • Uso incorrecto do material que, por sua vez, exige substituição • Aquisição de quantidades inexactas devido à falta de planeamento • Atrasos na entrega de informação ao construtor relacionada com o tamanho e tipo dos produtos a serem utilizados • Mau funcionamento dos equipamentos • Condições climatéricas adversas	• Danos durante o transporte • Armazenamento inapropriado que leva à deterioração ou dano dos materiais • Materiais fornecidos em embalagens separadas (por exemplo, sacos de cimento) • Utilização do material existente nas proximidades do local de trabalho, mesmo que não seja o mais indicado • Conflitos entre a equipa de projecto e os trabalhadores • Roubo	• Erros de encomenda (por exemplo, encomendar materiais a mais ou a menos) • Falta de possibilidade de encomendar menores quantidades • Adquirir produtos que não cumprem as especificações

O diretor de obra é o responsável máximo no estaleiro de obras, assim sendo, desempenha um papel fulcral na elaboração de uma correta gestão de RCD. Segundo as fontes e causas referidas no quadro anterior, o correto planeamento das diferentes fases, a constante monitorização dos trabalhos executados para implementação de medidas corretivas quando existam não conformidades e o registo da informação o mais precisa possível poderão eliminar a maioria das causas referidas.

As perdas relativas à produção excessiva de resíduos começam a ocorrer na fase de projeto, onde as decisões tomadas nesta fase têm grande influência neste âmbito, sendo que estas perdas só se tornam visíveis na etapa construtiva, tendo um nível de desperdícios considerável. A partilha de informação deve ser elaborada de forma flexível e através de uma comunicação eficiente durante todo o processo construtivo, sendo necessária a definição dos meios de comunicação a adotar para a partilha de informação relevante aos diferentes intervenientes, com intuito de minimizar a quantidade de desperdícios no local da construção pois influencia diretamente a gestão de RCD [63].

A definição dos locais de armazenamento devidamente apropriados dos materiais, a elaboração de um correto aprovisionamento dos materiais, a definição e controlo dos processos construtivos e a elaboração de formações são algumas das responsabilidades do diretor de obra que têm uma grande influência na gestão de RCD, pelo que este deverá ter em consideração a produção de resíduos, no sentido de minimizar a sua produção e quando não seja possível, na sua reutilização ou reciclagem.

No entanto para que seja possível efetuar-se uma correta gestão dos resíduos é necessário que todos os intervenientes modifiquem a sua forma de pensar relativamente aos resíduos, não os vendo como desperdícios, mas sim com uma opção de valorização e de potencial redução dos custos, servindo de incentivo a todos os intervenientes nas diferentes fases do ciclo de vida de uma obra, para que se juntem esforços na minimização da produção de resíduos na construção, sendo o diretor de obra o elemento de união entre estes.

Os resíduos podem ser produzidos durante as diferentes fases de ciclo de vida de uma construção, na construção, remodelação, renovação, reabilitação e demolição de construções. Sendo que é nos trabalhos de demolição que a quantidade de resíduos produzidos é mais significativa devido ao não reaproveitamento da grande maioria dos materiais removidos através de processos de demolição ou reabilitação, seja na obra de origem ou fora dela. A quantidade de produção de RCD é bastante variável, dependendo do grau de seletividade da demolição e do desmantelamento que o projeto de execução permite, pelo que na conceção de um projeto deverão ser tidas em conta todas as fases de ciclo de vida de uma obra.

No entanto, em certos países a atividade de demolição não é a aquela onde são produzidos a maior quantidade de resíduos. Na Dinamarca, os trabalhos de demolição representam 70% a 75% do total de RCD produzidos, enquanto que na Europa Ocidental 20% dos resíduos produzidos são provenientes da atividade de construção e 80% do total de RCD são produzidos a partir de processos de demolição e remodelação e nos EUA é estimado que 48% do total de RCD sejam provenientes da atividade de demolição, sendo que a atividade de reabilitação representa também um grande peso, produzindo 44% do total de RCD. Estas diferenças entre países, refletem a importância de cada segmento na economia nacional, da taxa de desperdício, do nível de manutenção dos edifícios e da tecnologia empregue [63].

Os resíduos produzidos durante os trabalhos de remodelação, renovação e reabilitação, onde são melhoradas ou alteradas frações de determinada construção, corrigidas anomalias e removidos componentes que se encontrem obsoletos, que tenham atingido o seu final de vida útil, necessitando de substituição, resumem-se a resíduos de construção e de demolição.

Numa obra de construção a quantidade de resíduos é mais reduzida, relativamente aos outros dois tipos de obra, pois a sua produção está relacionada com desenvolvimento da obra, métodos

construtivos, controlo de qualidade de materiais e da execução dos trabalhos, conforme é verificado na tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Tipo de RCD e Percentagem no Espaço Comunitário [50]

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

4.3 Importância de uma correta gestão de RCD

A recuperação dos materiais dentro do ambiente construído seja sob a forma de reciclagem ou reutilização não são técnicas recentes, pois na época dos romanos, estes desmantelavam frequentemente colunas e coliseus de pedra e posteriormente reutilizavam estes blocos de pedras de edifícios antigos em novas construções. No Cairo, muitos dos antigos palácios e mesquitas reutilizaram blocos de pedra removidos da superfície externa das grandes pirâmides de Gizé. A maioria dos trabalhos de reconstrução da Europa pós II Guerra Mundial foi realizada com os resíduos de demolição. Com o constante aumento de complexidade das construções e o rápido aumento do espaço construído deixou-se de dar a devida importância à reutilização e reciclagem dos RCD [64]. Como tal, há que seguir o exemplo das antigas civilizações e modificar o nosso modo de visualizar os resíduos e passar a visualizá-los como sendo um subproduto ou recurso possível de se transformar em novos produtos através da reutilização e reciclagem que podem ser utilizados para uma variedade de fins.

É estimado que em 2012 na Europa se tenham gerado 461 milhões de toneladas de RCD, sendo excluídos os materiais escavados, segundo a Eurostat, com tendências para um aumento crescente [42]. Em Portugal, são produzidos cerca de 7,5 milhões de toneladas de RCD a cada ano, representando cerca de 20% do volume total de resíduos gerados no país [63]. Através da visualização da figura 4.1 é possível verificar que os RCD dizem respeito a mais de 30% de todos os resíduos originados pelos diferentes setores económicos da UE, representando um total de 31% do total de resíduos produzidos na UE.

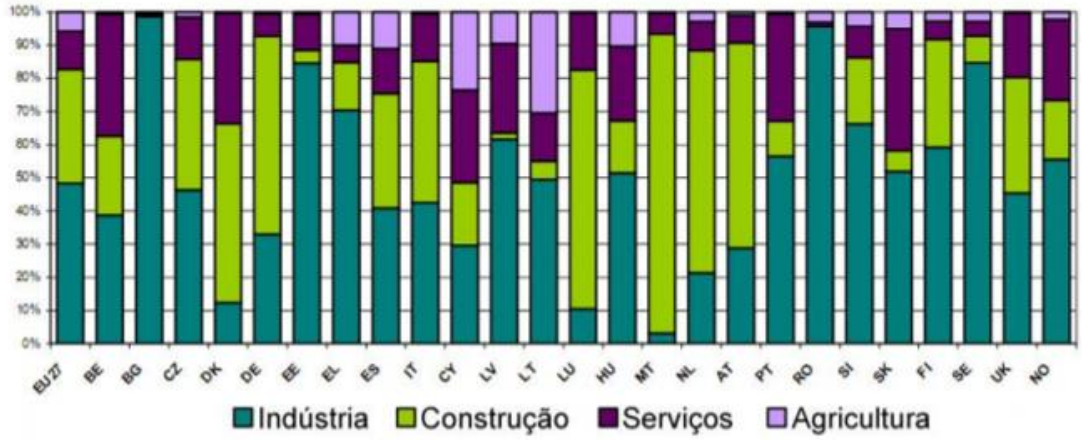


Figura 4.1 – Resíduos produzidos por atividade económica em 2006, em percentagem do total de resíduos produzidos [63]

Conforme referido anteriormente, o facto de uma grande parte da fração dos resíduos ser inerte,

os quais devido às suas propriedades, não acarretam problemas de lixiviação, propagação de matérias tóxicas inconvenientes de putrefação de matérias orgânicas faz com que não seja dada a devida relevância à gestão de RCD, como é verificado em Portugal. Apesar de já existir regulamentação relativamente a este assunto, a sua deposição em aterro continua a ser o seu destino final predileto, existindo também situações em que são depositados de forma ilegal, seja em espaços abertos ou ao longo das vias de comunicação, sem qualquer aproveitamento ou tratamento [50]. Estas soluções adotadas, aliadas ao facto do volume de RCD ultrapassar significativamente o volume ocupado pelos RSU, tornar-se-ão insustentáveis, pois chegará o momento em que será necessário um número de aterros superior ao disponível.

Existem outras soluções para o seu destino final, como a incineração ou deposição ilegal dos RCD, que para além da origem de impactos ambientais, mais especificamente, a contaminação do sol, água e do ar devido à possibilidade de existência de substâncias tóxicas presentes nos resíduos, como é o caso dos designados resíduos perigosos, poderão originar também consequências para a saúde pública. Exemplos disso são a contaminação dos recursos hídricos através da drenagem de lixiviados, o desenvolvimento de nichos ecológicos portadores de doenças e a afetação do tráfego rodoviário e pedestre, sendo estes dependentes da natureza dos materiais [40, 41].

O setor da construção civil adota claramente um modelo de desenvolvimento que não é sustentável a longo prazo, pois é responsável por induzir grandes alterações no ambiente, ao longo de toda a sua cadeira produtiva, causando impactos ambientais proporcionais à sua dimensão. O consumo excessivo de matérias-primas, consumindo cerca de 50% de todas matérias-primas, a emissão de gases poluentes, como o CO2, sendo a terceira maior emissora de CO2 do sector industrial a nível mundial e da UE, representando cerca de 10% das emissões totais de CO2 e a produção significativa de resíduos, gerando cerca de 35% dos resíduos industriais produzidos em todo o mundo são exemplos do modelo atual de desenvolvimento adotado pelo setor da construção civil [63].

É necessário que haja uma consciencialização dos diferentes intervenientes da necessidade de modificação do seu modo de pensar, o que é talvez o maior desafio que este setor enfrenta atualmente. É então necessária a substituição do atual modelo de desenvolvimento deste setor de forma a permitir a este que se torne mais sustentável. De forma a acelerar esta substituição, é necessário que as seguintes condições sejam satisfeitas [42, 63]:

- demonstração do valor dos RCD, os quais podem ser reutilizados tal e qual como são, ou reprocessados num novo produto, através da elaboração projetos-piloto, campanhas informativas, investigações, etc.
- rentabilidade da reutilização e reciclagem dos RCD em detrimento do tradicional depósito em aterros. Esta é uma das principais condições a ser satisfeita visto que o principal objetivo neste setor é o de obtenção de lucro, o que por sua vez, origina que os diferentes intervenientes possuam uma visão a curto prazo, desvalorizando estes resíduos. Um mecanismo eficaz para tornar esta condição possível é a imposição de taxas elevadas na deposição em aterros dos resíduos e pesadas multas para os despejos ilegais, como é verificado em países como a Holanda, e beneficiar as empresas da construção civil que possuam elevadas taxas de reciclagem e reutilização através de subsídios e isenções fiscais. Países como a Holanda possuem valores médios de 107,49 €/ tonelada e como Bulgária ou mesmo Portugal entre 3 e 4 €/tonelada.
- garantia de qualidade dos produtos reciclados, visto esta ser uma das grandes dúvidas por parte do setor, contribuindo para o reforço de confiança dos compradores. Deverá ser garantida uma qualidade igual ou superior à dos novos produtos, caso não seja possível,

as especificações e normas deverão ser ajustadas de maneira a que estes produtos de menor qualidade possam ser utilizados em outras aplicações menos exigentes. Um mecanismo eficaz para satisfazer esta condição é a criação de um sistema de certificação de qualidade para os produtos reciclados, feita através de empresas devidamente habilitadas através da utilização de testes/ensaios.

- planeamento cuidado da demolição dos edifícios através da DS, com mão de obra qualificada e motivada para uma maior taxa de reciclagem e reutilização de RCD.
- criação de um mercado alternativo para apoiar a utilização destes materiais e subprodutos, onde os preços destes deverão ser suficientemente baixos para atrair compradores e, ao mesmo tempo, rentável para quem os recicla.
- a correta separação por fileiras e triagem na origem de RCD, sendo que cada fração de resíduo deverá ser armazenada e transportada separadamente, de forma a evitar qualquer contaminação ou mistura com outros resíduos e a dificuldade em reciclar materiais com qualidade suficiente para assumir outros tipos de valorização.
- Devem ser previstos os métodos que beneficiem e permitam uma desconstrução seletiva de modo a reduzir-se significativamente a produção de RCD, visto se tratar da fase de ciclo de vida de uma empreitada onde são produzidos mais resíduos.
- implementação de certificações de boas práticas, semelhantes à certificação ISO 14001 para sistemas de gestão ambiental, com o intuito de incentivar a reutilização e reciclagem de RCD

Os inertes são os principais constituintes da fração de RCD geralmente produzidos e devido às suas características, apresentam um potencial de reaproveitamento enorme, sendo uma melhor alternativa à deposição destes resíduos em aterros. A incorporação destes resíduos em determinados produtos pode ser bastante benéfica, proporcionando uma economia no consumo de energia e matéria prima.

Através da elaboração de uma correta gestão dos RCD é possível minimizar os impactos ambientais decorrentes destes resíduos, como a menor necessidade de matéria prima, em consequência do maior reaproveitamento dos resíduos, além de apresentar benefícios ao nível económico, existindo uma diminuição de custos associados à não necessidade de lidar com os resíduos produzidos e de novas aquisições para substituição dos materiais desperdiçados [2, 63].

É necessário então que sejam adotadas práticas e metodologias nas fases de projeto e execução, com o intuito de minimização dos impactos ambientais gerados pela gestão de RCD e de maximizar todas as intervenções que gerem oportunidades de reintegração de materiais usados ou fáceis de realizar dada tarefa. Na figura 4.2 são enunciadas as principais vantagens possíveis de se obter, ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável, económica, social e ambiental, através de uma correta gestão dos RCD.

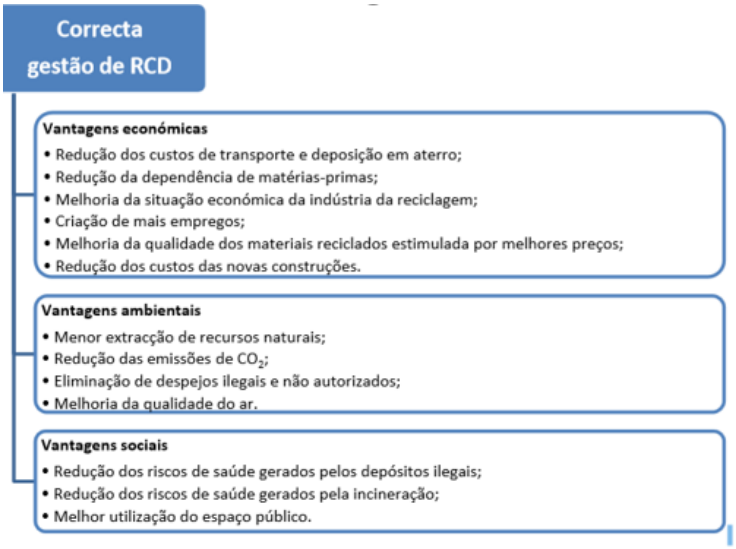


Figura 4.2 – Vantagens económicas, ambientais e sociais da correta gestão de RCD [63]

Na fase de projeto, deve ter-se a preocupação com a escolha do tipo de materiais a utilizar na empreitada, isto é, não ter só em conta o seu impacto monetário mas sim os impactos ambientais negativos que este poderá originar, bem como o seu potencial de reutilização ou reciclagem, definindo onde serão posteriormente vir a ser reutilizados/reciclados e as técnicas necessárias para que os resíduos provenientes destes se transformem novamente num produto, minimização da utilização de materiais perigosos, que poderão vir a contaminar resíduos não perigosos senão forem adotadas as medidas necessárias, em detrimento de matérias sem conteúdo tóxico.

Na fase de execução, deverão ser monitorizadas as principais tarefas geradoras de resíduos, se estão a ser cumpridas as medidas previamente estabelecidas para a minimização destes, deverão ser verificadas as quantidades de materiais necessárias para evitar o excesso deste que resultam em sobras, ter sempre como base a hierarquia da gestão de resíduos, dando preferência à reutilização dos materiais para a devida valorização dos RCD, sendo a última opção, o encaminhamento destes para aterros, opção que ainda é muito utilizada no panorama nacional.

É necessário que sejam definidos e implementados instrumentos normativos sólidos, apoiados por ações de fiscalizações rigorosas, de forma a garantir que os produtores assumem a responsabilidade pelos resíduos resultantes dos trabalhos executados e de forma a proteger a saúde pública e o ambiente. Atualmente na UE, existe uma grande diversidade relativamente à relevância que é dada a esta problemática nos diferentes países, na Holanda e Dinamarca foram tomadas medidas governamentais eficazes para fazer face a este problema dos resíduos, o que é facilmente verificado através da percentagem de reciclados existentes nestes dois países, cerca de 95% e 94% respetivamente, ao contrário de países como Portugal em que a sua opção preferencial continua a ser a deposição em aterros, mais especificamente a zona litoral norte, conforme é ilustrado no Figura 4.3 e Tabela 4.3.

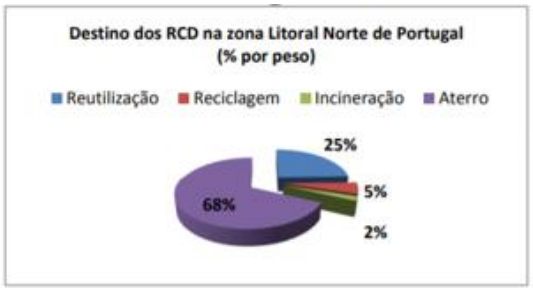


Figura 4.3 – Destinos dos RCD na zona litoral Norte de Portugal [63]

Tabela 4.3 – Destino dos RCD na Holanda e na Dinamarca [63]

Destino dos RCD	% por peso	
	Holanda	Dinamarca
Reciclagem	95,3	94,0
Incineração	1,2	2,0
Aterro	3,5	4,0

Em Portugal, não existem dados fiáveis relativamente à produção de resíduos, seja devido à utilização de diferentes métodos de análise de dados, como por exemplo, poderão se considerar ou não os solos e rochas não contaminados resultantes dos trabalhos de escavação ou devido à não declaração dos resíduos por parte dos intervenientes na sua produção, o qual pode vir a ser solucionado através do registo de dados do Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos, SIRER, efetuado através do Sistema Integrado de Resíduos da Agência Portuguesa do Ambiente [42].

4.4 Caracterização e classificação de resíduos de construção e demolição

De forma a selecionar o destino final adequado para os RCD de forma a minimizar o risco para a saúde pública e para o ambiente é necessário que estes resíduos sejam devidamente separados e classificados na origem, pelo que, em 2004, surgem os diplomas aplicáveis à classificação de resíduos designados por Lista Europeia de Resíduos, LER, publicado na Decisão da Comissão 2014/995/EU e Regulamento EU nº 1357/2014, de 18 de dezembro.

A LER é uma lista harmonizada de resíduos que os classifica consoante a atividade geradora destes e a sua composição, obrigatória e diretamente aplicável aos Estados-Membros pertencentes à União Europeia. A classificação dos resíduos é elaborada através de um código de 6 dígitos, sendo os dois primeiros indicativos da área da atividade geradora destes, e os restantes quatro dígitos dizem respeito ao resíduo específico. Esta lista faz ainda a distinção entre resíduos não perigosos e perigosos, sendo que os segundos são facilmente identificáveis através da presença do asterisco «*», apresentando pelo menos uma das características de perigosidade apresentadas pelo Regulamento (EU) nº 1357/2014. A classificação dos resíduos deverá ser elaborada pelos seus produtores visto que são os que melhor conhecem as especificidades dos mesmos, e por tipologias, ou seja, os produtores devem proceder à separação de resíduos na origem, tanto quanto possível, em diferentes tipologias e só depois será possível se proceder à sua classificação.

No capítulo 17 estão mencionados grande parte dos RCD onde se incluem os solos escavados de locais contaminados, no entanto devido à grande variedade de materiais utilizados na construção civil e aos serviços de apoio à execução da obra será necessária a utilização de outros capítulos na classificação dos RCD, tal como apresentado pela tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Capítulos da LER nos quais estão incluídos os resíduos provenientes do setor da construção, RCDs [50]

Capítulos da lista	Definição
8	Resíduos de fabrico, formulação, distribuição e utilização (FDDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão
13	Inclui todos os óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos não urbanos com exceção dos óleos alimentares
14	Resíduos de solventes, fluídos de refrigeração e gases propulsores orgânicos
15	Inclui todos os resíduos de embalagens (só poderá ser considerado embalagem se estiver vazio), absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção não especificados nos capítulos anteriores
16	Resíduos não especificados nos outros capítulos desta lista
17	Capítulo de classificação de resíduos de construção e demolição: RCDs, onde se enquadram todos os resíduos desta tipologia provenientes de todas as fontes geradoras, incluindo resíduos com proveniência urbana. Estão incluídos também os solos escavados de locais contaminados

Os RCD possuem uma constituição heterogénea, sendo compostos por frações de diversas dimensões e diferentes níveis de perigosidade [39]. A sua composição vai variar em função de vários fatores, tais como, a localização e fase de ciclo de vida da obra, os materiais de construção e equipamentos utilizados, os processos construtivos selecionados, o desenvolvimento tecnológico e exigências e complexidade de projetos. Estes fatores influenciam a quantidade, característica e constituição dos resíduos, pelo que uma seleção adequada dos métodos construtivos e o planeamento adequado de uma obra são muito importantes, pois através de uma boa gestão destes dois fatores é possível minimizar a produção de resíduos. É extremamente importante que sejam conhecidos os materiais de construção utilizados e as suas respetivas propriedades para que seja elaborada a mais correta gestão de RCD.

A diversidade na composição de RCD é ilustrada no quadro 2.7, onde são apresentadas diferentes composições de RCD de vários países e no quadro 2.8 através da apresentação de diferentes composições de RCD na Noruega por tipo de atividade (Statistics Norway, 2006). Na Figura 2.8, apresenta-se a constituição dos RCD produzidos na zona Litoral Norte de Portugal.

Tabela 4.5 – Composição dos RCD em percentagem por peso [63]

Composição dos resíduos	Índia	S. Paulo	Dinamarca	Holanda
Solos de escavação, areia e cascalho	35,0	32,0	37,0	n.c.
Alvenaria e tijolos	30,0	30,0	5,0	25,0
Betão e argamassas	25,0	33,0	22,0	40,0
Metais	5,0	n.d.	n.d.	1,0
Asfalto	2,0	n.d.	14,0	26,0
Madeira	2,0	n.d.	n.d.	1,5
Outros	1,0	5,0	22,0	6,5

n.c. - não contabilizado; n.d. - não disponível.

Tabela 4.6 – Composição dos RCD por tipo de atividade em percentagem por peso [63]

Composição	Construção	Reabilitação	Demolição	Total
Betão e tijolos	45,79	47,69	84,16	67,24
Madeira	13,67	30,31	6,42	14,58
Metal	1,32	3,59	4,33	3,63
Gesso	6,25	5,72	0,15	2,77
Papel, cartão e plásticos	4,50	0,89	0,27	1,14
Vidro	0,47	0,41	0,12	0,26
Isolamentos	1,87	0,51	0,07	0,49
Amianto	-	0,70	0,32	0,38
Outros resíduos perigosos	0,23	0,04	0,04	0,07
Outros	25,89	10,13	4,13	9,44

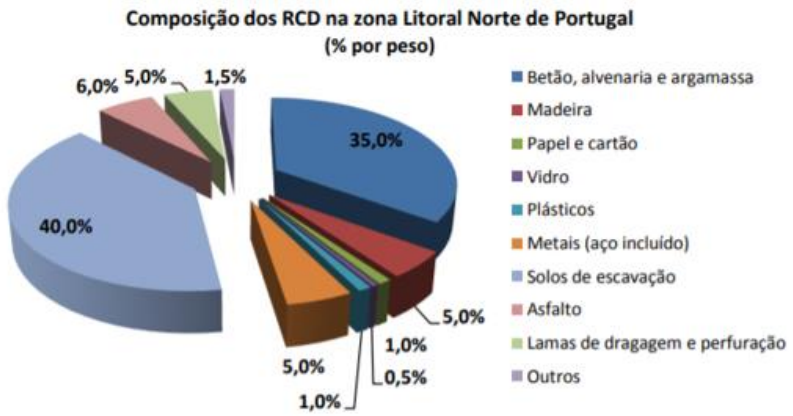


Figura 4.4 – Composição dos RCD na zona Litoral Norte de Portugal [63]

Os RCD podem ser classificados em três categorias Inertes, Perigosos, Não Perigosos, é também reconhecido que existem RCD com percentagens de materiais reutilizáveis e recicláveis [63].

- Inertes: Betão, materiais cerâmicos, tijolos, vidro, solos e rochas;
- Perigosos: Amianto, misturas betuminosas contento alcatrão, telas asfálticas, tintas e vernizes;
- Não Perigosos: misturas betuminosas, gesso, fibrocimento, fibra de vidro, lã de rocha; Recicláveis: cartão, plástico, madeira, metais.

Os materiais inertes dizem respeito à fração mais relevante dos RCD, representando a maior parte do volume total destes (quando não são contabilizados solos de escavação e lamas de dragagem e perfuração), sendo o betão e os materiais cerâmicos as principais fontes destes, podendo também se encontrar vidros, pedras e metais. Estes tipos de resíduos apresentam certas características

específicas, como o facto de não serem biodegradáveis, não sofrem transformações físicas, biológicas ou químicas significantes, que em contacto com outro tipo de resíduos não origina substâncias perigosos, colocando em perigo a saúde pública e o ambiente [38]. Os principais materiais cerâmicos encontrados nos RCD são as telhas, azulejos, tijolos e porcelanas. Os materiais cerâmicos dizem respeito a cerca de cinquenta porcento do material utilizado na construção de edifícios [63].

De destacar ainda os vidros presentes fundamentalmente nas janelas exteriores e devido à sua natureza siliciosa pode afetar o desempenho dos resíduos que poderão vir a ser utilizados como agregados reciclados para betão, pelo que se deverá proceder primeiramente à sua remoção antes do início da atividade de demolição, através da remoção das armações de janelas com vidro ou do corte do vidro da estrutura [50].

Os ferros e aços, como geralmente, costumam ser encomendados nas medidas e quantidades extremamente necessárias, pelo que não costumam gerar quantidades consideráveis na fase construtiva, excetuando quando existam erros de cálculo das quantidades. Estes materiais são utilizados fundamentalmente nas estruturas dos edifícios. No entanto, na fase de demolição poderão aparecer resíduos deste tipo de materiais, mas devido às suas propriedades magnéticas são facilmente separados dos restantes materiais.
/
A madeira é um material que foi utilizado em grande escala no passado, pelo que atualmente é utilizada em estruturas provisórias para execução de cofragens, pelo que deverão surgir resíduos deste tipo de material durante a fase de execução e na fase de demolição, quando se tratar de edificações antigas. Este material poderá ser muitas vezes tratado como um resíduo perigoso visto que é tratado geralmente com produtos químicos, tendo outros problemas associados devidos aos diversos elementos que poderão vir neste incluído, como os parafusos, buchas e pregos.

Normalmente, as embalagens dos diferentes materiais e equipamentos utilizados na empreitada são de papel e cartão, daí serem usualmente encontrados como resíduos na fase de construção, não sendo muito significativos na fase de demolição.

O poliestireno (PS), o cloreto de polivinilo (PVC) e o polietileno (PE) são os principais plásticos utilizados na construção, geralmente presentes em condutas de água e esgotos, isolamentos e embalagens e películas aderentes. Estes têm uma particularidade de serem termoplásticos o que facilita a sua reciclagem.

No que diz respeito aos resíduos perigosos, estes têm de ter uma atenção especial e redobrada pelo que deverão ser separados dos restantes RCD para não os contaminando pois inviabilizaria o reaproveitamento destes, e devidamente processados e transportados. Existem diversos materiais presentes na construção que fazem parte deste grupo, seja pela reunião de componentes perigosos como as colas, revestimentos e selantes, ou pela ação do meio onde permaneceram durante anos ou pelas características intrínsecas do material em si. Os resíduos perigosos geralmente encontrados numa obra dizem respeito a tintas e materiais de revestimento, aditivos para betão à base de solventes, resinas, placas de gesso cartonado, equipamentos elétricos com componentes tóxicos, madeira tratada, etc.

4.5. Boas práticas na gestão de RCD

4.5.1. Desconstrução ou demolição seletiva

Face à evolução das preocupações ambientais da população aliado ao rápido crescimento da demolição de edifícios surge recentemente e ao facto de esta fase de ciclo de vida de uma construção ser aquela onde são produzidas maiores quantidades de resíduos, surge o conceito de desconstrução, assente na possibilidade de contribuir para a construção sustentável. A desconstrução ou demolição seletiva de um edifício é um processo de desmantelamento seletivo e de remoção dos materiais antes da estrutura ser demolida, com o intuito de maximizar a recuperação dos materiais e componentes da construção, promovendo a sua reciclagem e reutilização [45].

Na Figura 4.5, apresenta-se a importância da desconstrução, visando a valorização de resíduos e possibilitando cumprir com os princípios de hierarquia das operações de gestão de resíduos.

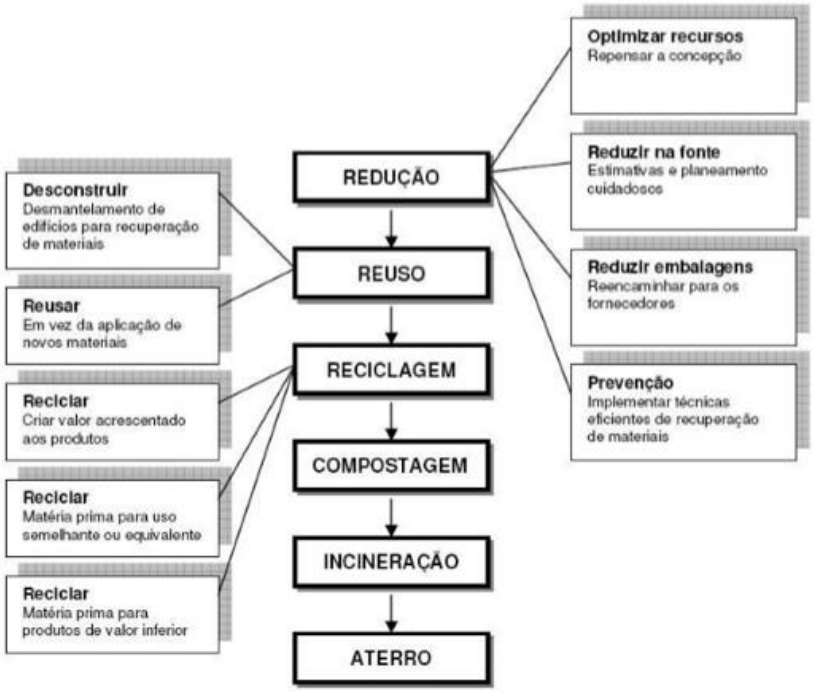


Figura 4.5 – Hierarquia da gestão de resíduos para a demolição e operações de construção [46]

A DS é realizada em duas fases distintas: a fase dos trabalhos prévios, a fase da desconstrução.

Numa primeira fase, referente à fase dos trabalhos prévios, são estabelecidas as medidas gerais de segurança como a desativação das instalações existentes, a previsão dos meios de proteção coletiva, a evacuação dos materiais e elementos recuperáveis, os escoramentos prévios e da previsão da proteção pessoal, e assegurados meios para a realização dos trabalhos de demolição, como a eletricidade para a alimentação de equipamentos necessários a execução dos trabalhos e de água para controlar a dispersão de poeiras resultantes destes trabalhos [47].

Terminados os trabalhos prévios, poderá então dar-se início à fase de desconstrução. Esta fase é dividida em duas fases: primeiramente é efetuado o desmantelamento dos materiais de revestimento da construção e só após esta, a demolição da estrutura. A fase da demolição da estrutura do edifício deve ser realizada com o recurso a métodos e técnicas que facilitem a seleção

in situ dos materiais para potenciar uma maior valorização posterior [48]. As várias etapas que constituem a fase de desmantelamento são apresentadas na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Etapas da fase de desmantelamento da demolição seletiva [50]

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

A DS deve ser realizada de acordo com alguns critérios prioritários de execução, sendo um deles, o desmantelamento e a demolição do edifício executados no sentido inverso ao da sua construção lógica, conforme representado na Figura 4.6. Assim, devem ser retirados primeiramente os equipamentos industriais e a demolição da cobertura, finalizando no primeiro piso da construção ou nas fundações, ou seja, o processo deverá começar pelo topo, desenvolvendo-se no sentido descendente de maneira simétrica [47].

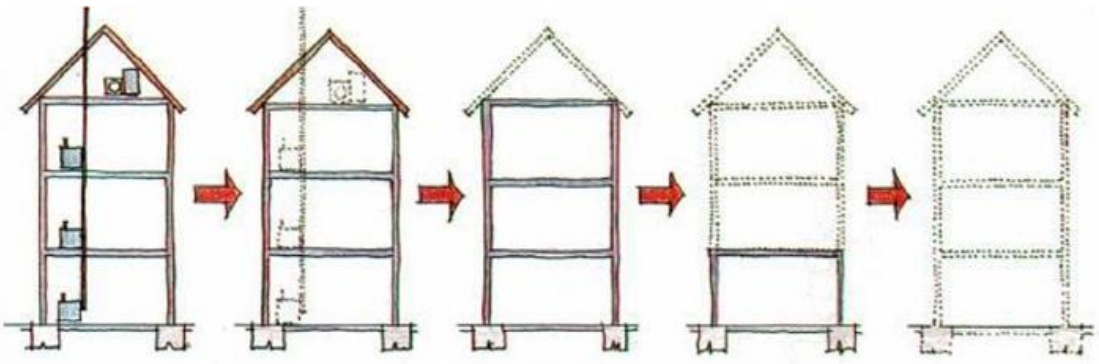


Figura 4.6 – Ordem de demolição de edifício [48]

A desconstrução [44]:

- permite que os materiais recuperados possam ser reutilizados, reciclados ou reprocessados, devido ao maior cuidado que é tomado na remoção destes;
- promove o crescimento de um novo mercado de materiais usados ou reciclados, pois o valor de mercado para os materiais recuperados da desconstrução é maior do que o dos da demolição;

- gera benefícios ambientais, já que a recuperação de materiais ajuda a reduzir os encargos nos aterros, elimina a necessidade de gastar energia adicional na manufatura de novos materiais e reduz o consumo de matérias-primas;
- cria postos de trabalho, pois é um processo que envolve uma quantidade significativa de trabalho, através da remoção, preparação, classificação e transporte dos materiais recuperados.



Figura 4.7 – Cenários possíveis para a recuperação de materiais dentro do ambiente construído [57]

Para uma maximização de reaproveitamento de materiais e componentes do edifício é necessário que esta fase de ciclo de vida, a demolição, seja levada em consideração logo na fase de conceção do edifício, visto ser nesta fase que são definidos os materiais e os processos construtivos adotados, determinando a substância e característica dos RCD deste edifício. Os projetos devem ser elaborados de forma a permitir a sua desconstrução e capacidade de adaptação a novos componentes e materiais, incluindo os reciclados. Atualmente, as novas construções dificultam o desmantelamento destas e consequentemente o processo de separação dos RCD, não permitindo que se faça um processamento eficiente destes [47].
Certas características dos edifícios simplificam a utilização da DS, através da redução do tempo e do custo de recuperação dos materiais [49]:

- transparência – criação de sistemas que são visíveis e fáceis de identificar;
- regularidade – criação de sistemas e materiais que são semelhantes em todo o edifício e definidos em comum (padrões de repetição);
- simplicidade – criação de sistemas e interligações que são simples de entender, com um número limitado de diferentes tipos de materiais e tamanhos de componentes;
- número limitado de componentes – maior facilidade de desmontagem de estruturas que são compostas por grandes elementos do que as com elementos menores, pois elementos de maior dimensão tendem a resistir a danos mais facilmente durante o processo de desconstrução e podem ser removidos mais rapidamente da estrutura;
- materiais facilmente separáveis - os materiais devem ser facilmente separáveis em componentes reutilizáveis.

Contudo, apesar de todos os benefícios inerentes à desconstrução, esta ainda não angariou a compreensão e a aceitação geral, necessitando de continuar a ser desenvolvida e promovida. Em Portugal, devido à abundância de matéria prima existente para o fabrico de materiais de construção, nomeadamente o betão, não é dado o devido valor a esta técnica de demolição.

4.5.2. Reutilização e reciclagem: conversão dos resíduos em recursos

Uma das principais estratégias a adotar como estratégia de minimização de resíduos é a adoção preferencial da reciclagem e reutilização como destino final dos resíduos, sendo que a opção mais desejável é a reutilização, visto ser mais eficaz na redução do desperdício e na procura de recursos e não necessitar de qualquer tipo de processamento, ao contrário da reciclagem. A adoção desta estratégia apresenta benefícios como, a redução da procura sobre novos recursos naturais e a redução do consumo de energia na produção de novos materiais, representando uma melhor alternativa ao tradicional depósito em aterro.

Apesar dos esforços na promoção da reciclagem e reutilização de RCD, verificado através existência de uma quantidade significativa de sistemas recomendados de reciclagem, a atual reciclagem destes resíduos é limitada a alguns tipos de resíduos.

Na análise a um material reciclável, é necessário que sejam levadas em consideração, três grandes áreas, como a economia, as propriedades do material e a compatibilidade com outros materiais [63].

Conforme visualizado no Tabela 4.3, existem países onde as taxas de reciclagem de RCD são bastante elevadas, isto devido à escassez de matérias-primas nestes. As regiões onde exista uma falta de locais de deposição, a reciclagem torna-se também uma opção mais viável.

Uma das medidas implementadas, no sentido de contribuir para uma construção sustentável, foi a criação de especificações técnicas, as quais definem recomendações para o processamento e armazenamento de RCD, condições gerais de utilização de RCD reciclados, propriedades e requisitos mínimos, classificação e identificação de RCD e regras de aplicação dos materiais.

Em Portugal, existem até à data, quatro especificações técnicas definidas pelo LNEC, homologadas pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas das obras públicas e do ambiente:

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

Os resíduos de betão possuem elevadas potencialidades de valorização e são os principais constituintes dos RCD, representando cerca de 60% a 70% da totalidade dos RCD, o equivalente a 320 a 380 milhões de toneladas. A presença do betão é usualmente notória nas diversas estruturas, sendo que a sua produção anual é sensivelmente de 1350 milhões de toneladas segundo o relatório de 2008 [43]. Perante estes factos, a reciclabilidade dos resíduos de betão é fulcral no incremento das taxas de reciclagem dos RCD.

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

De seguida, são referidas algumas técnicas de reciclagem ou reutilização para os resíduos inertes, resíduos não perigosos e resíduos perigosos, para além das suas principais fontes de produção, ilustradas nas Tabelas 4.8, 4.9 e 4.10, respetivamente.

Tabela 4.8 – Principais fontes de produção e técnicas de reciclagem ou reutilização de resíduos inertes [61]

Resíduos	Principais fontes de produção	Reciclagem ou reutilização
Betão	Estruturas em betão armado ou caixas de esgotos	Betão triturado resultante de demolições, pode ser reutilizado com material de aterro, base de enchimento para valas e tubagens e pisos térreos de edifícios; betão crivado com poucas impurezas, pode ser utilizado como sub-base n construção de estradas, agregados reciclado para o fabrico de betão e base de enchimento para sistemas de drenagem betão triturado e crivado, limpo de impurezas e com menos de 5% de tijolo (construção de estradas, produção de betão, material de aterro estrutural e base de enchimento para valas de tubagens.
Materiais cerâmicos	Alvenaria de tijolo, azulejos, porcelanas	Tijolos: Material para enchimento para valas e tubagens, material de enchimento para estabilização de caminhos rurais, revestimento de campos de ténis, Reutilização de tijolos inteiro (quando possível) Azulejos: Utilizados para ornamento quando intactos e material de enchimento quando triturados.
Vidro	Janelas e Portas	Em obras de demolições, estes devem ser removidos durante a fase de desmantelamento, para evitar mistura com outros resíduos. Reutilização do vidro é difícil. Pode ser reciclado para utilização em construção de estrada e fabrico de novo vidro.

Tabela 4.9 – Principais fontes de produção e técnicas de reciclagem ou reutilização de resíduos não perigosos [61]

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

Tabela 4.10 - Principais fontes de produção e técnicas de reciclagem ou reutilização de resíduos perigosos [61]

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

4.6 Legislação aplicável aos RCD em Portugal

Desde 1996 que foram aprovados documentos e normas legislativas referentes aos RCD em Portugal, os quais têm vindo a sofrer constantes alterações a nível de classificação e conteúdo, o que se veio a tornar num obstáculo na correta separação e valorização dos resíduos, pelo que em 2008 foi aprovada a legislação atualmente em vigor, para a regulamentação do fluxo de RCD, onde são estabelecidas as regras gerias de gestão de RCD. Os principais documentos legislativos aprovados aplicáveis aos RCD em Portugal são enunciados na Tabela 4.11.

Tabela 4.11 – Principais documentos legislativos, que podem incidir sobre os RCD, aprovados em Portugal, nos últimos anos [63]

Legislação	Descrição geral
Portaria n.° 15/96, 23 de Janeiro de 1996	Aprova as operações de gestão de resíduos (revogado pela Portaria n.° 209/2004)
Portaria n.° 335/97, 16 de Maio de 1997	Estabelece as regras de transporte de resíduos
Portaria n.° 818/97, 5 de Setembro de 1997	Aprova a lista europeia de resíduos (revogado pela Portaria n.° 209/2004)
Decreto-Lei n.° 239/97, 9 de Setembro de 1997	Estabelece as regras gerais de gestão de resíduos (revogado pelo Decreto-Lei n.° 178/2006)
Portaria n.° 961/98, 10 de Novembro de 1998	Legisla a autorização de processos de gestão de resíduos industriais, urbanos e de outros tipos (revogado pelo Decreto-Lei n.° 178/2006)
Portaria n.° 792/98, 22 de Setembro de 1998	Aprova a lista de resíduos industriais não perigosos (revogado pela Portaria n.° 1408/2006)
Decreto-Lei n.° 321/99, 11 de Agosto de 1999	Regula a instalação e a gestão de aterros de materiais não perigosos (revogado pelo Decreto-Lei n.° 152/2002)
Decreto-Lei n.° 516/99, 2 de Agosto de 1999	Aprova o Plano Estratégico para os resíduos industriais não perigosos
Decreto-Lei n.° 152/2002, 23 de Maio de 2002	Regula a instalação, utilização, encerramento e pós-encerramento de aterros (revogado pelo Decreto-Lei n.° 183/2009)
Portaria n.° 209/2004, 3 de Março de 2004	Lista europeia de classificação de resíduos
Decreto-Lei n.° 178/2006, 5 de Setembro de 2006	Estabelece as regras gerais de gestão de resíduos
Portaria n.° 1408/2006, 18 de Dezembro de 2006	Aprova o Regulamento de Funcionamento do Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos
Decreto-Lei n.° 46/2008, 12 de Março de 2008	Estabelece as regras gerais de gestão de RCD
Decreto-Lei n.° 183/2009, 10 de Agosto de 2009	Regime jurídico da deposição de resíduos em aterro

Posteriormente a estes documentos legislativos, foi publicado o Decreto-Lei nº73/2011, que veio alterar e sobrepor o Decreto-Lei nº46/2008, o qual deve ser consultado sempre que o Decreto-Lei nº 46/2008 não incluir regulamentação suficiente e plausível a ser aplicada. A diretiva nº 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de novembro foi transporta para a legislação portuguesa através destes Decretos.

Existem ainda alguns documentos legislativos mais específico no âmbito dos RCD tais como a Portaria nº 417/2008, de 11 de Março, onde é definido o conteúdo das guias de acompanhamento para o transporte dos RCD, para que seja realizado um transporte adequado dos resíduos; a Portaria nº40/2014, de 17 de Fevereiro, no âmbito dos RCD que possuam na sua composição amianto, onde são definidas as disposições relativas à sua remoção, triagem e gestão.

A legislação definida no Decreto – Lei n.º 73/2011 pormenoriza a hierarquia dos resíduos em forma da sua existência, onde a prevenção e redução ocupa o lugar primordial para a atividade da construção, seguida de organização para a reincorporação, reciclagem e outras formas de valorização e finalizada com a eliminação que deverá ser a tarefa com menor trabalhabilidade neste universo. Dentro deste registo estão estabelecidas as metas de reciclagem que deverão ser atingidas até ao ano de 2020, e que traduzem a preparação para reutilização de 70% em peso dos RCD produzidos. A reincorporação dos materiais reciclados em obra, deve ser feita no mínimo em 5% relativamente à totalidade de matérias utilizadas em obra no âmbito de trabalhos abrangidos pelo Código dos Contratos Públicos.

4.6.1 DL 46/2008

O DL 46/2008 foi efetivamente o primeiro passo para a correta gestão dos RCD, servindo como incentivo à modificação do paradigma português relativamente a esta questão, consciencializando os diversos intervenientes que lidam com estes resíduos, indicando-lhes os passos a seguir. Sendo este setor caracterizado por conter uma mão-de-obra não qualificada e da utilização de técnicas e processos bastante tradicionais não é de esperar que seja efetuada uma evolução rápida, dado não existirem incentivos e cujas vantagens económicas imediatas não são percetíveis para a maioria dos intervenientes. Além da falta de incentivo por parte deste DL, este carece de meios e instrumentos para que seja feito o progresso necessário na indústria da construção, como a falta de indicadores para a quantificação real dos resíduos a ser produzidos.

Com a conjunção do Decreto-Lei nº 46/2008 e do Código dos Contratos Públicos – CCP ficou estabelecida a obrigatoriedade da execução de um Plano de Prevenção e Gestão de RCD como sendo uma parte integrante do Projeto de Execução, o que se veio a traduzir num maior controlo das diversas entidades intervenientes no processo de produção de resíduos. Esta obrigatoriedade da execução do PPGRCD não abrange obras particulares sujeitas a licenciamento ou comunicação prévia, sugerindo-se somente algumas recomendações, sendo, no entanto, obrigatório o produtor destes resíduos assegurar um sistema de acondicionamento apropriado que permita uma gestão seletiva, assim como metodologias de triagem e registo de dados de RCD. A elaboração de tal documento é da responsabilidade do dono de obra e pretende promover todos os tipos de valorização aptos para a utilização de reciclados em obra.

No enquadramento do Decreto-Lei nº46/2008 estão definidos os princípios de hierarquia de gestão de resíduos e a sua logística, isto é, operações de recolha, transporte, valorização e eliminação de resíduos, e monitorização dos locais de descarga e planeamento destas operações. Para que haja uma gestão integrada dos resíduos é necessário conjugar a gestão dos resíduos com a hierarquia de prioridades previamente estabelecida pela política comunitária em matéria de

resíduos, ilustrada na figura 4.8. Esta hierarquia traduz-se na prevenção, reutilização, reciclagem, outros tipos de reciclagem (por exemplo, valorização energética) e por último a sua eliminação.



Figura 4.8 – Hierarquia da gestão de resíduos [39]

No enquadramento do Decreto-Lei nº46/2008 é estabelecida a responsabilidade da gestão dos RCD a todos os intervenientes no ciclo de vida dos materiais, pelo que para que haja uma correta gestão dos RCD será necessário haver uma consciencialização de todos os envolvidos e não só o produtor do resíduo final. Neste processo as responsabilidades estão divididas de acordo com a situação em que se encontram os resíduos. O pensamento hierárquico traduz que todos os membros envolvidos no ciclo de produção dos resíduos estão responsabilizados pela sua logística, contudo se não for possível identificar o produtor a incumbência de gestão é transferida para o proprietário dos terrenos onde estiver depositado o resíduo. O compromisso termina quando os operadores licenciados de gestão de resíduos validam a sua entrada.

Neste DL estão discriminadas as etapas para a reutilização de solos e rochas que não contenham substâncias perigosos na obra de origem ou em outras obras, uma medida importante, visto que estes são uma percentagem considerável do total de RCD. Estão descritas também as indicações das normas técnicas nacionais e comunitárias aplicáveis para a descrição da utilização de RCD mais comuns em trabalhos, ou especificações técnicas fixadas pelo LNEC. A reincorporação de solos e rochas é a tarefa que possui maior sucesso no processo de reciclagem e reintegração especialmente devido à fácil execução e vantagem económica [42].

A obrigatoriedade da triagem dos RCD em obra, ou em local afeto à mesma, foi uma das grandes medidas deste DL para a correta gestão dos RCD, sendo definidos alguns requisitos técnicos relativamente às instalações de triagem e de operação de corte e ou britagem de RCD. Mesmo os RCD que terão como destino a deposição em aterro são obrigados a ser submetidos a triagem, pelo que originará uma minimização das quantidades de RCD depositados em aterro e consequentemente uma maximização da reutilização, reciclagem e outras formas de valorização de RCD.

Foram impostas taxas de gestão de resíduos, relativamente a deposição de resíduos inertes depositados em aterro, desencorajando os seus produtores a selecionarem esta opção em conformidade com a hierarquia da gestão de resíduos.

5
PROPOSTA

5.1 Introdução

Para que se implemente uma correta gestão de RCD ao longo do processo construtivo é necessário que todos os intervenientes envolvidos neste tipo de gestão ao longo da atividade construtiva estejam devidamente informados e coordenados, a qual é uma das principais responsabilidades do diretor de obra. Atualmente existem dificuldades na implementação de uma correta gestão de RCD. Visto que a sua produção é inevitável, é necessário que seja elaborada uma correta e eficaz gestão seguindo a hierarquia de gestão de resíduos, para que os impactos ambientais, sociais e económicos associados a este tipo de gestão sejam minimizados.

No presente capítulo, são apresentadas um conjunto de medidas a adotar por parte do Diretor de Obra ao longo do ciclo de vida de uma obra para que seja implementada uma correta gestão de RCD. Para uma maior monitorização do impacte destas medidas serão elaborados um conjunto de indicadores, os quais permitirão posteriormente avaliar determinadas obras e compará-las em termos de sustentabilidade quanto à gestão de RCD, através do cálculo do índice de sustentabilidade.

Este modelo foi baseado no ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), onde primeiramente é necessário se planear (plan) como se irá reduzir a produção de resíduos num dos seus processos. Após o planeamento são colocadas em prática (do) as medidas necessárias para efetivamente haver uma redução da quantidade de resíduos produzidos. De seguida, a organização planeia (plan) como reduzir a geração de resíduos em um de seus processos. De seguida, é necessária a devida monitorização dos resultados apresentados (check), para averiguar se houve redução do volume e se foram cumpridas todas as medidas estabelecidas à priori. Verificados os resultados, serão efetuadas as correções necessárias e tomadas as decisões (act) necessárias para empregar o programa de redução. Sendo que a organização da norma e os requisitos da ISO 14001 estão organizados para a criação de um sistema de gestão ambiental num formato PDCA para todos os seus processos [51].

5.2. Guia de procedimentos na gestão de RCD

Sendo o diretor de obra o principal responsável no estaleiro de obra, o guia de procedimentos na gestão de RCD consiste na tomada de decisões por parte deste, ao longo das diferentes fases de ciclo de vida de uma obra, de forma a elaborar uma correta gestão dos resíduos produzidos durante a empreitada. No entanto, como já foi referido anteriormente, para que haja uma boa gestão de RCD é necessário que todos os intervenientes percebam que a correta gestão de RCD é do interesse de todas as partes, sendo da responsabilidade do diretor de obra a consciencialização dos diversos intervenientes na procura da sustentabilidade da empreitada, em que a gestão de RCD é uma das partes integrantes.

Apesar da globalização do conceito de sustentabilidade na construção civil, a qual é verificada pelo número crescente de artigos e dissertações acerca deste conceito, em Portugal, ainda não é verificado o desenvolvimento sustentável esperado deste setor. De seguida, são apresentadas algumas medidas a ser tomadas por parte do diretor de obra para uma correta gestão de RCD.

5.2.1 Fase de projeto

Fase de tomada de decisões que irão influenciar a quantidade de RCD produzidos nas fases subsequentes, pelo que se pode considerar a fase do ciclo de vida de uma construção mais importante relativamente à gestão de RCD. Em obras públicas, é nesta fase que será elaborado o Plano de Prevenção de Gestão de Resíduos, documento essencial para a monitorização e implementação de medidas de prevenção de RCD.

5.2.1.1 Seleção de Materiais de construção

A seleção dos materiais de construção não diz diretamente respeito ao diretor de obra, mas sim à equipa projetista e ao dono de obra. No entanto, é essencial que o diretor obra tenha a sua influência na escolha destes, visto que a seleção dos materiais de construção afeta consideravelmente a gestão de RCD.

Tradicionalmente, o dono de obra só tem como objetivo o lucro gerado através da empreitada pelo que o seu objetivo é o de obter maior lucro com a menor quantidade possível de investimento. Como tal, a escolha de materiais reciclados ou a reutilização de materiais é colocada de parte pois geralmente não são competitivos financeiramente relativamente aos materiais primários, pois é necessário o processamento destes para a transformação de um resíduo em material. Em suma, o dono de obra geralmente negligencia a dimensão ambiental e social.

Como o diretor de obra tem de zelar pelos interesses do dono de obra será necessária a sensibilização deste para que tenha em consideração todas as dimensões da construção sustentável, sendo que nos dias de hoje, este é um dos fatores de competitividade diferenciadores de algumas das empresas. Como tal, o ideal será a análise do ciclo de vida dos diferentes materiais.

Visto a principal preocupação do dono ser referente ao aspeto financeiro e os produtos reciclados e/ou reutilizados apresentarem geralmente um preço superior ao das matérias primas, o que poderá ser um obstáculo para a seleção adequada dos materiais de construção necessários, o diretor de obra necessita de elaborar uma análise do ciclo de vida dos diferentes materiais e apresentar os benefícios decorrentes da seleção destes produtos ao dono de obra para caso seja necessário efetuar alterações nos materiais de construção selecionados.

O diretor de obra necessita de demonstrar a necessidade de seleção de materiais com maiores potencialidades de reutilização e reciclagem, para que seja possível obter um retorno financeiro através da reintrodução destes resíduos na obra de origem ou noutras obras, além da minimização de custos referentes à gestão de RCD obtidos através da diminuição do pagamento de taxas para deposição de resíduos em aterro, visto este ainda ser o destino final predileto de muitas empresas de construção. Em Portugal, estas taxas continuam a ter um valor pouco significativo pelo que ainda se continua a verificar o depósito dos resíduos em aterros.

Ao nível ambiental, a seleção de produtos ecológicos resolve por si só os impactos negativos tradicionalmente existentes através da seleção de produtos tradicionais, visto que estes produtos possuem durante todo o seu ciclo de vida um baixo impacte ambiental, além de serem duráveis e

não possuírem químicos nocivos à camada de ozono pelo haverá uma minimização dos resíduos perigosos e assim uma diminuição do risco de contaminação de outros materiais [13].

Ao nível social, através da minimização de extração de matérias-primas, são asseguradas às gerações futuras a quantidade necessária deste tipo de recursos para a sua sobrevivência e bem-estar. A utilização deste tipo de produtos fornece ainda um aumento da qualidade de vida dos seus utilizadores visto não possuírem agentes nocivos, não colocando em causa a qualidade do ar interior.

Para uma seleção adequada dos materiais de construção é necessário ter em consideração o respeito de vários parâmetros por parte destes, para que sejam considerados sustentáveis. Origem da matéria-prima, extração, processamento, gastos energéticos na transformação, emissão poluentes, durabilidade, biocompatibilidade, qualidade, entre outros são alguns dos exemplos dos parâmetros necessários a ter em conta na seleção dos materiais de construção. Para além destes, é necessário que estejam de acordo com as especificidades do local da construção tais como, história, tipologias, geografia local, condições climatéricas, resistência, responsabilidade social e ecossistemas.

A durabilidade dos materiais tem uma relação direta com a sustentabilidade e cada vez mais se torna um fator de seleção para a construção sustentável, provocado pelo aumento de uma consciência sustentável e uma maior preocupação em relação ao impacte (dos materiais e das energias) no ar, na água e no solo e, consequentemente, no bem-estar dos animais e ambiente em geral. Quando se procede à escolha dos materiais a utilizar deve-se ainda ter em atenção que estes permitam, em caso de desconstrução de algum edifício, ser selecionados e sempre que possível reciclados ou reutilizados.

Para além do aspeto económico relativamente aos produtos reaproveitados, outra das grandes preocupações relativamente a estas é a qualidade destes materiais, pelo que, como referido no capítulo 2, existem etiquetas e declarações ambientais a partir das quais se comunicam os aspetos ambientais de um produto ou serviço ao mercado, podendo auxiliar a decisão relativamente à seleção de materiais ecológicos e saudáveis. Atualmente, existe uma diversidade de declarações/etiquetas ambientais, sendo de destacar [69]:

- Declarações Ambientais de Produto (documento normalizado que contém os resultados da avaliação do ciclo de vida do produto assim como informação sobre saúde para que seja possível calcular o desempenho ambiental e de saúde do edifício para conceção ecológica);
- Fichas de dados e segurança (Descrição dos riscos para a saúde e ambiente na utilização de determinado produto);
- Rótulo ecológico europeu – Ecolabel (Pode ser utilizado em todos os Estados-Membros da UE, sendo o único rótulo ecológico europeu oficial. Tem em conta todo o ciclo de vida do produto. Identifica produtos ou serviços amigos do ambiente (revestimentos, bombas de calor, produtos de limpeza, equipamento eletrónico, etc).

5.2.1.2 Seleção de processos construtivos

A crescente industrialização do processo construtivo é um dos pontos-chave para a maximização da sustentabilidade da Construção ao nível dos seus três vetores: social, ambiental e económico. Com a industrialização da Construção pretende-se que a maior parte dos seus elementos sejam pré-fabricados, isto é, elementos produzidos em fábrica, onde os processos produtivos são altamente controlados. Estes elementos são produzidos com as dimensões estritamente

necessárias, não originam a produção de resíduos o que permite uma poupança em termos económicos visto não ser necessário a existência de custos referentes à gestão de RCD.

Deverá ser elaborado um estudo cuidadoso e preciso por parte do diretor de obra na seleção dos métodos construtivos, tendo em consideração as diferentes fases de ciclo de vida de uma obra, sendo necessária uma análise segundo o ciclo de vida. Os métodos construtivos selecionados deverão permitir processos de desconstrução e reuso, incrementando o tempo de permanência dos materiais de construção no interior do ciclo de domínio do ambiente da construção, ou seja, não existindo a necessidade de extração de novos materiais e sem a produção significativa de resíduos, principalmente aqueles que teriam como destino final, a deposição em aterro. Para além disso, é necessário que se adotem métodos construtivos que não necessitem de mão-de-obra ou equipamentos especializados, isto é, deverão ser o mais simplificados possível e não tóxicos [57].

Os sistemas construtivos deverão apresentar características relativas a melhorias na capacidade de reciclagem, mas principalmente no que respeita à reutilização de componentes [57]:

• Distinção de potencial de aproveitamento na conceção material/montagem : desagregação dos materiais com alto potencial dos de baixo potencial para maximização do potencial de aproveitamento de cada um, evitando a "contaminação" dos materiais com alto potencial com os de baixo potencial (por exemplo, minimização de revestimentos e acabamentos secundários, procurando a utilização de acabamentos mecanicamente conectados);
• Dar preferência às conexões mecânicas em detrimento das químicas: evitando a contaminação e de possíveis danos nos componentes construtivos para além de facilitar a desagregação. Quando não é possível optar pelas conexões mecânicas deverá optar-se pela utilização de ligações químicas os mais fracas possíveis, de preferência mais fracas que os componentes para que seja possível a sua posterior desagregação com menores danos;
• Sistema de construção "open space": parte interna dos edifícios livres para possibilidade de remodelação com desmontagem de divisões e compartimentos sem produção de resíduos e com pouco trabalho de demolição/construção;
• Preferência por sistemas construtivos simples, que não necessite de equipamentos, mão-de-obra e tecnologia específica, facilitando assim a desmontagem adequada sem grandes dificuldades, contribuindo assim para o reuso dos componentes;
• Utilização de sistemas construtivos que apresentam interdependência na desmontagem, por exemplo, entre revestimento, paredes internas e estrutura;
• Padronização de conectores: facilitar e acelerar a desmontagem, sendo menos necessários ferramentas e equipamentos;
• Hierarquia de desmontagem e esperança de vida dos componentes: utilizar componentes com esperança de vida inversamente proporcional à facilidade de acesso da zona de aplicação a desmontagem;
• Difundir a padronização dos materiais e componentes (melhor se for a nível internacional): aumenta a possibilidade de construção de bancos para depósito e comercialização dos mesmos;
• Preferir sistemas construtivos modulares e que permitam a desconstrução: facilitam a racionalização das construções e reuso dos materiais mesmo que para diferentes usos, como por exemplo a utilização de elementos pré-fabricados, reduzindo a necessidade de adaptações em obra e a complexidade de operações no local;
• Pesquisar sobre o desempenho e garantia de materiais reutilizados, reciclados ou recuperados e, caso estas sejam adequadas, optar por este tipo de produtos.

Quando é mais vantajosa a adjudicação de subempreitadas para a realização de determinados trabalhos constituintes do processo construtivo é necessário que a gestão de RCD por parte do

subempreiteiro seja outro dos fatores a ter em consideração na seleção do subempreiteiro.

Por exemplo, o sistema construtivo LSF apresenta vantagens diretas no panorama nacional. Com o aumento da procura por obras de reabilitação, pequenas ampliações, construção de rooftops para aproveitamento de áreas em cobertura, etc., o sistema em LSF tem benefícios, pois permite a redução do peso do sistema construtivo, sendo um fator a ponderar, principalmente em edifícios antigos que necessitariam de reforço estrutural. Além disso as características intrínsecas do aço permitem que este seja um material com possibilidade de reuso e/ou reciclagem sem perda de qualidade, suprindo a necessidade de extração de nova matéria prima [57]. Na Tabela 5.1 são apresentadas algumas vantagens e desvantagens na adoção do sistema construtivo LSF.

Tabela 5.1 – Vantagens e desvantagens do LSF [57]

	Prós	Contras
Light Steel Framing	Alta possibilidade de reuso de materiais	Aspecto construtivo (resistência do mercado consumidor)
	Alta possibilidade de reciclagem de materiais sem perda de qualidade - e com menos uso de energia	Cuidado com sub sistemas (fechamento, isolamento térmico) para não serem nocivos e/ou não recicláveis/biodegradáveis
	Rapidez da obra	Requer mão de obra mais qualificada
	Construção seca e racional - muito pouco resíduo gerado	
	Adaptabilidade e flexibilidade ao projeto	
	Possibilidade de construção modulada	
	Leveza (e consequente redução de custo da fundação - comparado com alvenaria)	
	Alta durabilidade estrutural	
	Possibilita desconstrução controlada	
	Ganho em área útil (4 a 5% comparando com alvenaria, pois a espessura das paredes é menor)	
	Facilidade de passagem e manutenção de instalações (eletrica, hidrosanitária, gás etc)	
	Elevada performance de resistência ao fogo	
	Muito bom comportamento anti sísmico	

5.2.1.3 Utilização de indicadores de referência de produção de RCD

Atualmente, existe uma falta de ferramentas e meios para a aplicação da legislação aplicável aos RCD, um exemplo disso é a falta de indicadores de referência adequados para a estimativa da quantidade de produção de RCD. Muitos destes baseiam-se em indicadores de mercado e de dados da literatura, onde não existe uma correlação com a produtividade e perda de material da empresa contratante [70]. Esta é uma etapa fulcral visto que existe uma falta de consideração generalizada dos empreiteiros e donos de obra pela gestão dos RCD, pelo que deverá ser de a responsabilidade do diretor de obra disponibilizar a informação e ferramentas necessárias para a correta gestão de RCD.

Tal adoção do uso de indicadores de referência apropriados à obra em questão será de extrema importância para uma correta gestão de RCD, visto que é a partir da estimativa de produção destes que se poderá dimensionar corretamente o Parque de Resíduos, durante a definição do plano de estaleiro, da quantidade necessária de meios de acondicionamento para o seu armazenamento temporário e a frequência de recolha apropriada. Para além da informação quantitativa global, estes fornecerão dados como os diferentes constituintes de RCD bem como a sua quantidade. O planeamento antecipado destas ações possibilita que os resíduos sejam adequadamente tratados, impulsionando o seu reaproveitamento.

Existem já diversos estudos referentes à definição de indicadores de referência para o âmbito nacional, pois como seria de esperar, estes indicadores divergem consoante as características dos edifícios (tipo de estrutura, cobertura, etc), fase de ciclo de vida (construção, demolição, reabilitação) e consoante o tipo de edifício (residencial, não residencial).

Atualmente existem vários métodos para a quantificação de RCD [70]:

- Estimativa baseada nos componentes de um edifício;
- Estimativa baseada na área construída;
- Estimativa baseada na entrada e saída de stock de materiais;
- Estimativa de acordo com as formas físicas do layout;
- Estimativa baseada em dados de quantificação de outras construções.

De realçar o estudo elaborado por parte de Miguel Maia, onde foi elaborada uma estimativa de indicadores de referência de produção de RCD levando em consideração as diferentes fases de ciclo de vida, o tipo de edifício e o tipo de estrutura do edifício, a partir de estudos de diferentes países. Neste estudo, não foram contabilizados os solos de escavação e lamas de dragagem, sendo só contabilizados os fluxos de resíduos referentes ao capítulo 17 da LER. Foi necessária a utilização das densidades dos materiais soltos, uma vez que os valores exibidos dos índices de referência são em kg/m2, para a conversão dos valores que eram exibidos em m3/m2 para kg/m2, para uma maior facilidade de cálculo dos RCD produzidos em obra através da multiplicação da área bruta do edifício ou pela área de intervenção pelo respetivo índice de referência.

Atualmente com a evolução tecnológica existente é possível a elaboração da parametrização de indicadores com modelagem de informação. A parametrização em software BIM permite quantificar a produção de resíduos já na elaboração de projeto, como tal, é necessária a definição de um método de quantificação e a parametrização deste na ferramenta que irá realizar a simulação.

A utilização de BIM na avaliação de opções de redução de resíduos de construção em edifícios residenciais é uma excelente alternativa no desenvolvimento da análise da produção de resíduos de construção e as implicações destes nas decisões do projeto.
O sistema desenvolvido em software BIM é parametrizado de forma a fornecer as seguintes funções [70]:

- Informações de volume detalhada para diferentes classes de resíduos;
- Informações sobre o volume de cada tipo de material;
- Volumes totais de resíduos inertes e não inertes;
- Estimativa de descarte de resíduos;
- Estimativa de veículos necessários para logística dos resíduos.

A solução ideal seria o da utilização de dados de empreitadas realizadas anteriormente por cada empresa e obter a partir daí os seus próprios indicadores de referência para cada tipo de edifício e consoante as características destes, mas visto que esta informação muitas vezes é negligenciada, recomenda-se a utilização destes indicadores de referência sendo que possuem um grau de confiança razoável no seu global. No entanto, é necessário que haja uma contínua melhoria destes indicadores, através da introdução de informação contínua no âmbito da produção de RCD para que se aumente o grau de confiança das estimativas destes indicadores.

5.2.1.4 Definição do Parque de Resíduos e logística da operação de gestão de RCD

Após a estimativa da quantidade de RCD produzidos e a respetiva constituição, será necessária a definição de um local para que estes sejam armazenados temporariamente, Parque de Resíduos, dando especial atenção aos resíduos perigosos, devendo ser armazenados separadamente e com as devidas precauções para que não existam possibilidades de contaminação. Esta instalação deverá ter em conta as condicionantes locais existentes, isto é, a área disponível para a implementação do estaleiro. Para além da definição desta instalação de armazenamento temporário é necessário ter em consideração:

1. A acessibilidade para os meios de transporte dos operadores de gestão licenciados procederem à recolha dos resíduos;
2. Os meios de transporte horizontal (carrinhos de mão, transporte manual, etc.) ou vertical (grua, elevador de carga, duto coletor de entulho, etc.) necessários para a realização do transporte interno dos resíduos. Este é um aspeto importante para que haja uma maior eficiência no trabalho dos trabalhadores;



Figura 5.1 – Exemplo de um meio de transporte interno vertical dos resíduos

3. A proximidade aos locais de produção de RCD, para um menor transporte interno destes, diminuindo o custo dos equipamentos necessários para a realização deste transporte, aumentando também a eficiência do trabalho;

4. Será necessário estimar a forma de acondicionamento dos diferentes tipos de RCD existentes (big bags, jerricans, cubas, contentores, bidões). Este acondicionamento dos diferentes resíduos deverá ser devidamente sinalizado do tipo de resíduo a ser depositados para que não haja equívocos por parte dos trabalhadores que terão como tarefa a sua deposição nos contentores/recipientes, como poderá ser o caso da utilização de adesivos nos diferentes contentores/recipientes conforme ilustrado na figura 25. O acondicionamento dos resíduos deve ser feito de modo a facilitar a sua retirada e destino. Este acondicionamento deve garantir que os resíduos continuem segregados e mantendo as características necessárias para reutilização ou reciclagem.
   Em suma, as formas de acondicionamento devem ter em conta diversos fatores [13]:
   - triagem dos RCD conforme a obra a executar;
   - a produção de RCD esperada;
   - o tipo de resíduo a depositar;
   - os diferentes destinos considerados;
   - área disponível em estaleiro.

Dada a logística da gestão de RCD, é necessário que se estabeleçam os meios de acondicionamento inicial após a segregação dos resíduos de forma correta para o seu correto transporte até ao local de armazenamento temporário, onde permanecerão até recolha do operador de gestão licenciado.

Existem vários exemplos de soluções para acondicionamento inicial dos resíduos [71]:

1. Blocos de betão, blocos cerâmicos, argamassas, componentes cerâmicos, betão, tijolos e similares – Pilhas formadas próximas aos locais de transporte interno, nos respetivos pavimentos;
2. Madeira – Recipientes abertos e resistentes ou pilhas formadas nas proximidades da própria bombona ou dos dispositivos de transporte vertical;
3. Plásticos (Embalagens, etc) – Recipientes abertos e resistentes;
4. Papelão (sacos e caixas de embalagens utilizados) e papéis – Recipientes abertos e resistentes;
5. Metal – Recipientes abertos e resistentes;
6. Solo – Eventualmente em pilhas para imediata remoção;
7. Resíduos Perigosos – Manuseamento com os devidos cuidados e imediato transporte pelo usuário para o local de acondicionamento final.

Quanto aos meios de acondicionamento de RCD para o seu armazenamento temporário, normalmente são utilizados [adaptado de 13]:

1. Contentores – normalmente utilizados para acondicionamento de resíduos pesados como metal, madeira, inertes podendo também serem acondicionados resíduos de papel, cartão e plástico. As dimensões destes devem ser adequadas ao peso e volume dos resíduos a acondicionar.
2. Big-Bags – podem ser utilizados no acondicionamento de papeis, plásticos e outros materiais leves mas também para reduzidas quantidades de inertes, papel e cartão, plástico e materiais de isolamento. O local onde estes serão colocados deverá ser coberto para os proteger da chuva para não danificarem os resíduos de papel e cartão. Deverão ser utilizados suportes para manter estes abertos, sendo que os bags deverão ser apoiados no chão.
3. Jerricans – Armazenamento de resíduos de águas oleosas ou óleos em pequenas quantidades;
4. Bidões – Resíduos perigosos (embalagens, terras contaminadas);
5. Sem recipiente (acondicionamento a granel) – Resíduos de madeira, metais e inertes.



Figura 5.2 – Formas de acondicionamento [13]

A colocação de adesivos nos meios de acondicionamento com a devida sinalização e identificação do tipo de resíduos a depositar é uma forma de facilitar a tarefa aos trabalhadores que terão como

tarefa a deposição dos resíduos nestes. Existe uma padronização internacional de cores nas quais as diferentes cores correspondem a um resíduo específico [58].

Tabela 5.2 – Padronização Internacional de Cores , adaptado de [58]

Cor	*Tipo de Resíduo*
Azul	Papel / papelão
Vermelho	Plástico
Verde	Vidro
Amarelo	Metal
Preto	Madeira
Laranja	Resíduos perigosos
Branco	Resíduos ambulatoriais e de serviços de saúde
Roxo	Resíduos radioativos
Marrom	Resíduos orgânicos
Cinza	Resíduo geral não reciclável ou misturado, ou contaminado não passível de separação

Para além da quantificação dos contentores/recipientes de resíduos é necessário também proceder-se à estimativa da frequência de recolha dos diferentes resíduos para que não se exceda a capacidade de armazenamento máxima.

Especial atenção com os resíduos perigosos existentes, estabelecendo um plano ambiental correto para a sua identificação, gestão e tratamento, incluindo a gestão dos óleos, amianto e solos contaminados. Deverá ser garantida a sua sinalização e colocação em locais vedados e protegidos, assegurando o correto acondicionamento, para que não haja uma contaminação dos restantes resíduos e do ambiente [72]. Poderão ser utilizados tanques com sistemas de retenção para o armazenamento deste tipo de resíduos.



Figura 5.3 – Tanques com sistemas de retenção para armazenamento de resíduos perigosos

Deverão ser estabelecidas as medidas necessárias para a triagem dos diferentes resíduos, sendo que esta será feita preferencialmente na origem, isto é, no seu local de produção com vista ao seu encaminhamento, por fluxos e fileiras de materiais, para reciclagem ou outras formas de valorização [39]. Quando esta triagem não for possível ser realizada no seu local de origem deverá ser feita em locais afetos à obra e quando tal também não for possível deverão ser reencaminhados

os RCD para uma entidade gestora licenciada capaz de fazer tal triagem. Após a triagem elaborada no seu local de produção, os resíduos são encaminhados para o seu local de armazenamento com as devidas precauções.

Como tal é necessário, definir-se o local de triagem para as diferentes tarefas do projeto de execução e para os diversos resíduos produzidos e os meios necessários para a sua execução (equipamentos e mão-de-obra), dando preferência a triagem no local de produção de RCD se tal for exequível.

São recomendáveis os seguintes princípios de gestão de RCD [72]:

1. Remoção prioritária dos materiais perigosos (amianto, lâmpadas, ar condicionado, óleos, etc.) para uma prevenção de contaminação;
2. Remoção e separação dos resíduos consoante o seu destino final (reciclagem, valorização, reutilização, aterro). Os materiais como o ferro, madeira, vidros e cabos poderão ser considerados recicláveis e/ou valorizáveis enquanto os materiais de isolamento são considerados não recicláveis.
3. Colocação de uma máquina britadeira em obra, cuja função é a de britagem do betão e a separação do ferro do mesmo para que seja possível a reutilização do betão em obra (cumprindo os requisitos legais e outros);
4. Redução dos impactos da obra na sua envolvente através da diminuição de eventuais derrames e prevenindo a emissão de poeiras e partículas (através de sistemas de lavagem de rodados, cargas tapadas, etc).

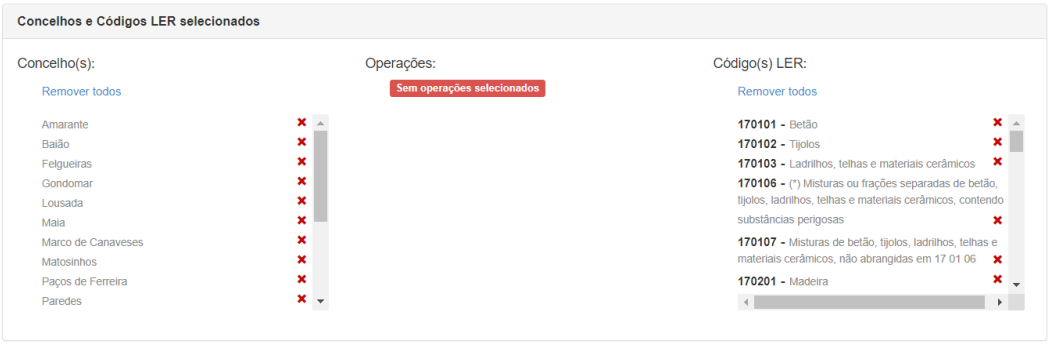
5.2.1.5 Seleção do destino de cada resíduo

É fulcral a seleção do destino final a cada resíduo, tendo como base o princípio de hierarquia dos resíduos, sendo objetivo principal a prevenção destes, quando não seja possível, deverão ser reutilizados, só depois reciclados e tendo como última opção, a deposição em aterro, selecionando os operadores de resíduos e transportadores devidamente licenciados e acompanhados por Guias de Acompanhamento de resíduos de forma a identificar o produtor, transportador e o seu destino final, sendo que esta deverá ser mantida em obra até ao término desta.

Consoante o tipo de resíduo deverá ser selecionado o seu destino. Após a seleção deste deverá ser selecionado o operador de gestão licenciado tendo em conta os seguintes fatores:

1. A proximidade destes ao local de armazenamento dos resíduos, diminuindo assim os custos;
2. Quais os tipos de resíduos que os operadores de gestão estão habilitados a recolher e gerir;
3. Quais as operações que estes estão habilitados

Em Portugal, existe uma plataforma online designada por SILOGR (Sistema Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos) onde é possível obter este tipo de informações, facilitando assim a tarefa. Em seguida é ilustrado um exemplo de pesquisa de operadores de gestão licenciados no Distrito do Porto, sendo ainda possível limitar a pesquisa por concelhos, para a gestão de RCD (capítulo 17 da LER).



Estabelecimento	Morada	Distrito	Concelho
(APA00616623) Avelino Moreira Ramos	Rua Monte Grande, Armazém 3 4485-255 Guilhabreu, Vila do Conde	Porto	Vila do Conde
(APA00085892) BA Vidro - Unidade Fabril de Avintes	Av. Vasco da Gama 8001 - Apartado 3027 Avintes 4434 VILA NOVA DE GAIA	Porto	Vila Nova de Gaia
(APA00045694) Britadeira Quinta do Xisto Lda.	Rua Monte Xisto - Barca 4470-365 MAIA	Porto	Maia
(APA00157804) CARLOS GOMES, LDA.	Rua de Cidres, 1616 4455-442 PERAFITA	Porto	Matosinhos
(APA00035766) Contraven-Soc.Transf., Fabrico e Com. de Mat.de C.C., SA	Rua Serra de campelos nº 1744 Apartado 152 4620-868 LUSTOSA	Porto	Lousada
(APA00153129) CORREIA & CORREIA, LDA - Guilhabreu	Rua da Agra, Nº 570, Guilhabreu 4485-239 GUILHABREU	Porto	Vila do Conde
(APA00038663) DAVID DA SILVA ROCHA & FILHOS, LDA.	TRAV. CONDUTA DE MANARIZ 4510-535 FÂNZERES	Porto	Gondomar
(APA00168786) David Lopes da Cunha	Rua da Central 4440-043 CAMPO VLG	Porto	Valongo
(APA00164202) Ecocentro de Vilar do Paraíso	Rua da Barreiras 4405-843 VILA NOVA DE GAIA	Porto	Vila Nova de Gaia
(APA00063107) Ecociclo - Energia e Ambiente, SA	Lugar da Cabeda, Rua da Ponte dos 7 Arcos 4445-175 ALFENA	Porto	Valongo

‹ 1 2 3 4 ›

Figura 5.4 – Exemplo de pesquisa de operadores licenciados no distrito do Porto na gestão de RCD na plataforma online SILOGR [60]

5.2.1.6. Elaboração do orçamento referente à gestão de RCD

Deverá ser elaborado um orçamento referente à gestão de RCD:

- recursos produtivos necessários (equipamentos, mão-de-obra, materiais);
- instalações necessárias (triagem, armazenamento, parque de resíduos);
- custos relativos a operadores de gestão licenciados;
- taxas (por exemplo, taxa de deposição de resíduo em aterros)
- compra/aluguer de formas de acondicionamento de materiais (contentores, big-bags, etc.)

Este deverá ser constantemente monitorizado para verificação de eventuais desvios que ocorram durante a fase de execução e a implementação de medidas corretivas para controlar estes desvios.

5.2.1.7. Formação

Previamente à fase de operação, deverá ser elaborada uma formação com os diversos intervenientes na gestão de RCD. Esta será uma das medidas mais importantes para assegurar a correta gestão de RCD, dando conhecimento aos diferentes intervenientes dos seus papéis relativamente à gestão deste tipo de resíduos para evitar não conformidades [73]:

• Dotar os intervenientes de conhecimentos centrados na prevenção, na reutilização e na reciclagem de RCD, com incorporação de reciclados na obra de origem ou em outros destinos licenciados para o efeito;
• Dotar os intervenientes de conhecimento quanto aos requisitos legais definidos no que concerne à responsabilidade na gestão de RCD;
• Esclarecer os intervenientes quanto às infraestruturas (parque de resíduos, instalações de triagem, etc) e equipamentos (meios de transporte interno, meios de acondicionamento inicial, meios de acondicionamento final, britadeira, etc) existentes na área e respetivas características, bem como dos procedimentos mais adequados para a gestão de RCD (por exemplo, definição dos equipamentos para os diferentes resíduos);
• Sensibilizar para a classificação dos RCD, evitando atribuir códigos que não os do capítulo 17 da LER e informar quais os resíduos que serão originados nas tarefas que irão desempenhar, sendo de realçar os resíduos perigosos, e como proceder à sua correta gestão (triagem, acondicionamento inicial, transporte interno, acondicionamento temporário, destino final).

Poderá ser feita uma visita ao local com estes, para uma maior sensibilização, ao parque de resíduos com uma demonstração das tarefas que terão de executar, demonstrando os locais onde estes serão armazenados. O principal objetivo desta formação é o de consciencializar os diferentes intervenientes na gestão de RCD promovendo a separação seletiva e reutilização de materiais através da demonstração do plano elaborado para os RCD.

Este tipo de formação deverá ocorrer em diferentes fases para uma maior eficácia da transmissão da informação, relativamente às medidas previamente estabelecidas relativamente à gestão de RCD [73]:
- fase prévia ao início da fase de execução;
- quando se verificarem não conformidades relativamente às medidas previamente estabelecidas;
- previamente ao início das tarefas que originarão maiores quantidades de RCD, ou naquelas que produzirão resíduos perigosos.

Para além destas formações, poderiam ser disponibilizadas folhas com informações relativas à gestão de RCD. A proposta consiste na disponibilização de guias ilustrativos aos interveniente na gestão de RCD, para as diferentes tarefas, na qual constaria a seguinte informação :

- Tarefa a executar;
- Equipamentos necessários, equipamentos de proteção;
- Resíduos produzidos (Classificação LER e nome de resíduo);
- Práticas a adotar na triagem;
- Acondicionamento inicial (qual o recipiente/embalagem a depositar os diferentes tipos de RCD);
- Transporte Interno (vertical ou horizontal e demonstração do trajeto a seguir de maneira a minimizar a interferência com outros trabalhos a serem realizados na empreitada);
- Armazenamento temporário (recipiente/embalagem a depositar o resíduo), sua localização no parque de resíduos.

Desta forma, haveria uma maior informação por parte dos diversos intervenientes, minimizando-se assim os erros.

5.2.2 Fase de execução

5.2.2.1 Monitorização

Através da inspeção e verificação se os diversos intervenientes estão a cumprir conforme o planeado. Controlo quantitativo e qualitativo da produção de resíduos quando seja necessário para verificação da correta estimativa elaborada na fase de projeto, podendo levar a alterações do plano de prevenção e gestão de RCD, devidamente autorizada/validada pelo dono de obra.

5.2.2.2 Introdução de dados referentes à gestão de RCD e análise

Esta é uma medida importante para que possa ser elaborada uma análise relativamente à gestão de RCD. Para isso é necessário que se registem todos os dados referentes à gestão de RCD. Posteriormente, é necessário que sejam analisadas todas as decisões, a eficácia das medidas tomadas, os problemas enfrentados, as não conformidades para se fazer um balanço da gestão de RCD. Por exemplo, a melhoria dos indicadores de quantificação de RCD através do reajustamento dos índices de referência de quantificação de RCD previamente utilizados. Quanto mais dados forem utilizados, mais estes indicadores se aproximarão da realidade, tornando os intervalos de valores cada vez menores.

Por último, deverá registar e salvaguardar todos os dados referentes à gestão de RCD para que sejam analisadas as medidas tomadas, os problemas enfrentados e as consequentes causas destes para que no futuro não se voltem a repetir, originando uma melhoria contínua da gestão de RCD.

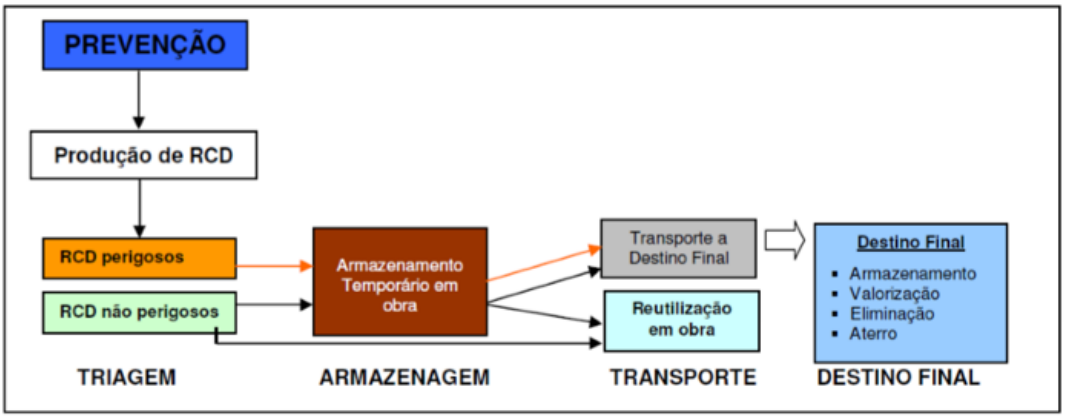


Figura 5.5 – Esquema de Prevenção de RCD [52]

5.3 Indicadores

5.3.1 Enquadramento

Existindo a necessidade de inovação e contínua progressão no setor da construção, é apresentado neste capítulo um método de avaliação da sustentabilidade na gestão de RCD, para que seja possível quantificar e qualificar a gestão de RCD de uma dada empreitada.

Para a quantificação das questões relacionadas com a sustentabilidade de uma determinada obra é necessário que sejam adotados os melhores indicadores de sustentabilidade tornando possível a transmissão de informação técnica e científica de forma prática e acessível a todos. Estes indicadores aglomeram um ou mais parâmetros considerados relevantes para avaliar uma determinada área de estudo. Estes parâmetros fornecem informações sobre um determinado fenómeno, ambiente ou área e devem ser claros e objetivos permitindo adotar indicadores que sejam práticos e transparentes [2].

Os indicadores são dados, geralmente, medidos periodicamente e dizem respeito a um determinado espaço e fornecem informações sobre tendências e especificidades dos sistemas e procedimentos analisados. Segundo a OCDE, um indicador é "um parâmetro ou valor dele derivado que descreve o estado de um fenómeno, ambiente ou área, com uma significância que vai para além daquela que está diretamente associada ao valor do parâmetro". Assim sendo, uma das vantagens da utilização de indicadores de sustentabilidade está relacionada com o facto de permitir agrupar diversos parâmetros num mesmo indicador, simplificando e diminuindo o número de variáveis quantitativas que necessitamos para proceder à análise e avaliação de questões relacionadas com a sustentabilidade.

Para uma posterior análise da gestão de RCD em obra e correspondente avaliação, torna-se necessária a definição de indicadores de sustentabilidade, os quais deverão possuir diferentes critérios de pontuação para que se possa calcular o índice de sustentabilidade da obra. Como tal, é necessário que o responsável pela gestão de RCD registe de uma forma contínua todos os dados necessários para o cálculo dos diferentes indicadores. Os indicadores foram divididos em três categorias, os de análise ambiental, os de análise social e os de análise económica, conforme demonstrado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Proposta de indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD

Vertente da sustentabilidade	N.º	Título	Cálculo
Ambiental	1	Produção de RCD	Quantitativo
	2	Constituição de RCD	Quantitativo
	3	Materiais ecológicos	Quantitativo
	4	Conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD	Quantitativo
	5	Destinos finais de RCD	Quantitativo
	6	Triagem em obra	Quantitativo
	7	Qualidade do plano de triagem	Qualitativo
	8	Eficácia das medidas de prevenção de produção de RCD	Quantitativo
	9	Prevenção da contaminação ambiental	Qualitativo
	10	Frequência da recolha de RCD	Quantitativo
Social	11	Flexibilidade do projeto	Qualitativo
	12	Qualidade do plano de formação	Qualitativo
	13	Tempo de formação	Quantitativo
	14	Eficácia das formações realizadas	Quantitativo
Ecónomica	15	Custo da gestão de RCD	Quantitativo
	16	Peso do custo da gestão de RCD	Quantitativo
	17	Eficácia do plano de gestão de RCD	Quantitativo
	18	Desvios de custo da gestão de RCD	Quantitativo

5.3.2. Indicadores de Análise Ambiental

No que respeita à avaliação desta gestão, sob um ponto de vista ambiental devem ser avaliados os seguintes indicadores:

- Produção de RCD;
- Constituição de RCD;
- Materiais ecológicos;
- Triagem em obra;
- Indicadores de referência de produção;
- Destinos finais de RCD;
- Prevenção da contaminação ambiental;
- Não conformidades.

Tabela 5.4 – Indicador de produção total de RCD

Título	I.1. Produção total de RCD
Descrição	Determinar a quantidade total de RCD produzidos em função da área de construção/demolição/remodelação
Objetivo	Em conjunto com outros indicadores, poderá ser possível verificar onde foram implementadas as melhores medidas de prevenção de RCD, podendo também ser possível obter valores de referência de produção de RCD consoante o tipo de empreitada
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD produzidos (kg) Área de construção/demolição/remodelação (m2)
Obtenção de dados	Através da consulta dos certificados de receção, é possível obter a quantidade total de RCD produzidos, sendo necessária a adição dos diferentes tipos de resíduos produzidos enviados para operador de gestão, sendo necessária a adição dos resíduos reutilizados em obra, em que é necessária a sua pesagem. Quanto à área de construção, esta é facilmente obtida através da consulta dos diferentes desenhos do projeto
Fórmula de cálculo	$\frac{Quantidade\ total\ de\ RCD\ produzido}{Área\ de\ construção}$ = … kg/m2
Observação	Na área de construção deverá ser incluída a área de estaleiro visto que também são produzidos RCD nesta fase

Tabela 5.5 – Indicador de constituição de RCD

Título	I.2. Constituição de RCD
Descrição	Determinar a composição de RCD segundo a sua tipologia: inertes, periogosos, não perigosos, solos/rochas
Objetivo	Auxiliar a seleção do destino final das diferentes tipologias de resíduos, meios de acondicionamento necessários, visto serem diferentes consoante a sua tipologia e na projeção do parque de resíduos e equipamentos necessários. Definição de valores de referência consoante o tipo de empreitada
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD produzidos (ton) Quantidade de RCD inertes produzidos (ton) Quantidade de RCD solos/rochas produzidos (ton) Quantidade de RCD perigosos produzidos (ton) Quantidade de RCD não perigosos produzidos (ton)
Obtenção de dados	Consulta dos certificados de receção consoante o destino final selecionado e pesagem dos resíduos reutilizados em obra e noutras obras.
Fórmula de cálculo	$\frac{Quantidade\ de\ RCD\ inertes\ produzidos}{Quantidade\ total\ de\ RCD\ produzido}\ x\ 100$ $\frac{Quantidade\ de\ RCD\ solos/rochas\ produzidos}{Quantidade\ total\ de\ RCD\ produzido}\ x\ 100$ $\frac{Quantidade\ de\ RCD\ perigosos\ produzidos}{Quantidade\ total\ de\ RCD\ produzido}\ x\ 100$ $\frac{Quantidade\ de\ RCD\ não\ perigosos\ produzidos}{Quantidade\ total\ de\ RCD\ produzido}\ x\ 100$

Tabela 5.6 – Indicador de materiais ecológicos

Título	I.3. Materiais ecológicos
Descrição	Determinar a taxa de materiais ecológicos selecionados para a realização da empreitada ambiental
Objetivo	Averiguar se foram tidos em consideração aspetos ambientais na fase de seleção de materiais
Dados de cálculo	Quantidade de materiais ecológicos (ton) Quantidade total de materiais (ton)
Obtenção de dados	Estes dados poderão ser obtidos através da consulta da orçamentação definida para a empreitada, onde estão discriminados os diferentes materiais necessários para a realização desta. No orçamento deverão estar identificados os produtos ecológicos, caso contrário só será possível obter a quantidade de materiais ecológicos aquando da sua receção em obra
Fórmula de cálculo	$\frac{Quantidade\ de\ produtos\ ecológicos}{Quantidade\ total\ de\ materiais}\ x\ 100$

Tabela 5.7 – Indicador de conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD

Título	I.4. Conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD
Descrição	Comparação da quantidade estimada de RCD produzido com a quantidade realmente produzida de RCD durante uma dada empreitada
Objetivo	Determinar a eficácia dos indicadores de referência de produção de RCD utilizados para estimativa destes através da visualização das discrepâncias entre os valores previamente estimados e os realmente produzidos. Através do cálculo deste indicador poderá ser possível obter uma melhoria contínua deste tipo de indicadores consoante as especificidades de cada empreitada, através da sua monitorização e posterior ajustamento
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD previstos (ton) Quantidade total de RCD produzidos
Obtenção de dados	Os indicadores de referência utilizados para estimativa de produção de RCD poderão ser consultados indiretamente no plano de prevenção e gestão de RCD, através da soma dos diferentes resíduos estimados. Quanto aos realmente produzidos, deverão ser consultados os diferentes certificados de recepção e a pesagem dos resíduos reutilizados, para a soma dos diferentes resíduos produzidos
Fórmula de cálculo	$\frac{(Qtd\ total\ de\ RCD\ previstos) - (Qtd\ total\ de\ RCD\ produzidos)}{Quantidade\ total\ de\ RCD\ produzidos}\ x\ 100$
Observação	Este indicador poderá ser utilizado para todo o tipo de resíduos produzidos e não só para quantidade total de RCD, podendo assim obter-se uma melhoria contínua da estimativa dos diferentes resíduos produzidos consoante o tipo de empreitada

Tabela 5.8 – Indicador de destinos finais de RCD

Título	I.5. Destinos Finais RCD
Descrição	Avaliação do encaminhamento dos resíduos produzidos segundo os diferentes destinos possíveis: reutilização na própria obra, reutilização noutras obras, reciclagem, outro tipo de valorização e eliminação
Objetivo	Averiguar se foi cumprido o princípio da hierarquia das operações de gestão de RCD
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD produzidos (ton) Quantidade de RCD reutilizados na própria obra (ton) Quantidade de RCD reutilizados noutros locais (ton) Quantidade de RCD reciclados (ton) Quantidade de RCD com outros tipos de valorização (ton) Quantidade de RCD eliminados (ton)
Obtenção de dados	Relativamente aos resíduos reutilizados em obra e noutros locais deverá ser efetuada a sua pesagem previamente, sendo que caso esta não seja possível, deverá ser efetuada uma estimativa. Relativamente aos outros destinos finais deverão ser consultados os certificados de receção ou dos guias de acompanhamento de resíduos, onde estão descritas as quantidades dos resíduos e o seu destino final. A quantidade total de RCD produzidos diz respeito à soma dos valores anteriormente mencionados
Fórmula de cálculo	$\frac{Qtd\ de\ RCD\ reutilizados\ na\ própria\ obra}{Qtd\ total\ de\ RCD\ produzidos}$ x 100 $\frac{Qtd\ de\ RCD\ reutilizados\ noutros\ locais}{Qtd\ total\ de\ RCD\ produzidos}$ x 100 $\frac{Qtd\ de\ RCD\ reciclados}{Qtd\ total\ de\ RCD\ produzidos}$ x 100 $\frac{Qtd\ de\ RCD\ com\ outro\ tipo\ de\ valorização}{Qtd\ total\ de\ RCD\ produzidos}$ x 100 $\frac{Qtd\ de\ RCD\ reliminados}{Qtd\ total\ de\ RCD\ produzidos}$ x 100

Tabela 5.9 – Indicador de triagem em obra

Título	I.6. Triagem em obra
Descrição	Determinar a quantidade de misturas de RCD produzidas, isto é, resíduos com mais de uma categoria LER associada
Objetivo	Averiguar se foi dada preferência à triagem em obra como referido na regulamentação, através da existência de mistura de RCD existente
Dados de cálculo	Quantidade de misturas de RCD (ton) Quantidade total de RCD (ton)
Obtenção de dados	Consulta dos certificados de receção e acompanhamento de resíduos para contabilização da mistura de RCD encaminhada para operador de gestão. Quanto à quantidade total de RCD produzida deverão ser consultados os documentados mencionados anteriormente, sendo que é necessária a adição dos materiais reutilizados, os quais necessitam de ser pesados para a sua quantificação
Fórmula de cálculo	$\frac{Quantidade\ de\ misturas\ de\ RCD}{Quantidade\ total\ de\ RCD}$ x 100

Tabela 5.10 – Indicador de qualidade do plano de triagem

Título	I.7. Qualidade do plano de triagem
Descrição	Avaliar se foi efetuada a correta separação dos resíduos em fluxos e fileiras confome mencionado na legislação aplicável
Objetivo	Averiguar se são cumpridas as normas e regulamentos aplicáveis à triagem dos diferentes resíduos produzidos e a sua separação em fluxos e fileiras, visto que esta etapa é fulcral para um melhor aproveitamento dos resíduos
Dados de cálculo	Dificuldade na quantificação deste indicador pelo que deverá ser calculado através de respostas simples (Sim/Não) às seguintes perguntas: 1) Foi elaborado um plano que tem em conta a triagem dos diferentes resíduos produzidos? 2) Foi dada principal atenção aos resíduos perigosos? Sendo que estes deverão ser os primeiros a ser devidamente separados para evitar a contaminação dos restantes 3) Foi dada preferência à triagem dos resíduos na origem, isto é, no seu local de produção? 4) Foram disponibilizados todos os meios necessários (instalações/equipamentos) para a correta execução desse plano? 5) Foram implementadas todas as medidas previstas ao nível desse plano?

Tabela 5.11 – Indicador de eficácia das medidas de prevenção de produção de RCD

Título	I.8. Eficácia das medidas de prevenção de produção de RCD
Descrição	Este indicador traduz-se no quociente entre a quantidade de RCD implementando medidas de prevenção da produção de RCD e a quantidade de RCD produzidos sem quaisquer medidas de prevenção implementadas, obtendo-se assim a quantidade de RCD que foram evitados
Objetivo	Obter informações acerca do efeito das medidas de prevenção de RCD implementadas, quantificando-as em quantidade de RCD produzidos evitados
Dados de cálculo	Produção de RCD aplicando medidas preventivas (ton) Produção de RCD não aplicando medidas preventivas (RCD)
Obtenção de dados	O valor referente à produção de RCD aplicando medidas preventivas é o valor da quantidade total de RCD, que é calculado pela consulta dos certificados de receção de resíduos enviados para os diferentes destinos adicionando o dos resíduos reutilizados. Quanto ao valor da produção de RCD não aplicando medidas preventivas numa obra equivalente poderá ser obtido através da consulta de valores em obras semelhantes onde não tenham sido estabelecidas medidas de prevenção ou terá de ser elaborada uma estimativa
Fórmula de cálculo	$\frac{Produção\ de\ RCD\ aplicando\ medidas\ preventivas}{Produção\ de\ RCD\ sem\ aplicação\ de\ medidas\ preventivas}\ x\ 100$
Observação	Este indicador pode ser utilizado para empreitadas onde não tenham sido implementadas medidas preventivas e determinar a quantidade de resíduos que poderia ser evitado com a implementação destas, o que poderá servir como incentivo para aplicação de tais medidas. Para uma melhor análise das medidas de prevenção de RCD, o ideal seria quantificar cada uma destas separadamente, para verificação de quais as medidas que produziram efeitos e aquelas que não, para posterior utilização, contribuindo assim para uma melhoria contínua

Tabela 5.12 – Indicador de prevenção da contaminação ambiental

Título	I.9. Prevenção da contaminação ambiental
Descrição	Através do cálculo deste indicador é possível avaliar a implementação de medidas que impeçam a contaminação ambiental
Objetivo	Assegurar que foram implementadas em obra todas as medidas que evitam os vários tipos de contaminação provocadas ao longo da gestão de resíduos
Dados de cálculo	Devido à dificuldade em quantificar este indicador calcula-se através de respostas simples (Sim/Não) às seguintes perguntas: 1) Foi elaborado um plano que tem em conta medidas preventivas de contaminação ambiental? 2) Os locais de produção de RCD encontram-se limpos e organizados? 3) No plano de prevenção de contaminação ambiental é estabelecida a prioridade da triagem dos resíduos perigosos para evitar a contaminação de outros materiais? 4) A forma e o local de armazenagem dos resíduos perigosos é adequada de modo a evitar a contaminação de solo, água ar e outros resíduos? 5) O plano de prevenção de contaminação ambiental é implementado ao longo de todo o processo construtivo?
Obtenção de dados	Estes dados podem ser recolhidos através da observação das diferentes tarefas produtoras de resíduos ao longo do processo construtivo. Antes do início do processo construtivo deverá ser elaborada uma análise das medidas de prevenção de contaminação ambiental referentes à gestão de RCD.
Fórmula de cálculo	Resposta às perguntas apresentadas

Tabela 5.13 – Indicador de frequência de recolha de RCD

Título	I.10. Frequência de recolha de RCD
Descrição	Obter conhecimento acerca do estado dos diferentes meios de acondicionamento dos diferentes resíduos constituintes de RCD do estaleiro aquando do momento da sua recolha
Objetivo	É possível, através da sua determinação verificar se a frequência de recolha dos diferentes resíduos é a ideal, podendo ser necessária a retificação da frequência de recolha previamente estimada para que não se verifique a existência de contentores sobrelotados nem a existência de contentores com quantidade residual de resíduos no momento da recolha destes por parte dos operadores de gestão de RCD
Dados de cálculo	Volume total de resíduos recolhidos (m3) Volume total de resíduos possíveis de acondicionar (m3)
Obtenção de dados	Consulta do registo dos certificados e guias de receção e averiguar a quantidade de resíduos recolhidos por recolha. O volume total de resíduos possível de acondicionar terá de ser calculado por parte do responsável da gestão de RCD, ou alguém por este nomeado, através da visualização de quais meios de acondicionamento foram recolhidos e posterior multiplicação com quantidade possível de cada um destes, informação que deverá ser fornecida pelo fabricante.
Fórmula de cálculo	$\frac{Volume\ total\ de\ resíduos\ recolhidos}{Volume\ total\ de\ resíduos\ possíveis\ dea\ condicionar}$ x 100
Observação	Este indicador poderá ser superior a 100% pois poderão existir casos em que os meios de acondicionamento estarão sobrelotados, isto é, com quantidades de resíduos superiores ao recomendável

5.3.3. Indicadores de Análise Social

Neste tipo de gestão deve ser assegurada a adaptabilidade do projeto e a formação adequada aos diferentes intervenientes. Assim, mostra-se fundamental conhecer os seguintes indicadores:

- Flexibilidade do projeto;
- Qualidade do plano de formação;
- Tempo de formação;
- Eficácia das formações realizadas.

Tabela 5.14 – Indicador de flexibilidade do projeto

Título	I.11. Flexibilidade do projeto
Descrição	O cálculo deste indicador permite analisar diversos parâmetros relacionados com a adaptabilidade do projeto, nas diferentes fases de ciclo de vida
Objetivo	Averiguar a implementação de medidas sob o ponto de vista de ciclo de vida do projeto
Dados de cálculo	Devido à dificuldade em quantificar este indicador calcula-se através de respostas simples (Sim/Não) às seguintes perguntas: 1) O projeto fornece condições para posteriores remodelações? 2) O projeto fornece condições para elaboração de demolição seletiva? 3) Foi dada preferência às conexões mecânicas, em detrimentos das conexões químicas? 4) Foi dada preferência a sistemas construtivos modulares? 5) O sistema construtivo selecionado necessita de tecnologia, equipamentos e mão-de-obra especializados? 6) Existe uma hierarquização dos materiais?
Obtenção de dados	Análise do projeto de execução e plantas do projeto
Fórmula de cálculo	Resposta às perguntas apresentadas

Tabela 5.15 – Indicador de qualidade do plano de formação

Título	I.12 Qualidade do plano de formação
Descrição	Com o cálculo deste indicador é possível analisar a qualidade do plano de formação
Objetivo	Averiguar a transmissão de toda a informação relevante referente à gestão de RCD aos diversos intervenientes
Dados de cálculo	Dificuldade na quantificação deste indicador pelo que deverá ser calculado através de respostas simples (Sim/Não) às seguintes perguntas: 1- Foram discriminadas as tipologias dos diferentes resíduos produzidos nas diferentes tarefas? 2- Foram mencionadas as formas de acondicionamento inicial dos diferentes resíduos? 3- Foram mencionadas as formas de transporte interno para os diferentes resíduos? 4- Foram mencionados os locais de acondicionamento temporário para os diferentes resíduos? 5- Foram mencionadas as técnicas de triagem para os diferentes resíduos? 6-Foram mencionadas as medidas de cuidado especial relativamente aos resíduos perigosos? 7- A informação foi transmitida a todos os intervenientes? 8- A informação obtida foi direta e concisa? 9- Suscitaram dúvidas relativamente à gestão de RCD?
Fórmula de cálculo	Resposta às perguntas apresentadas

Tabela 5.16 – Indicador de tempo de formação

Título	I.13 Tempo de formação
Descrição	Avaliar a quantidade de horas de formação necessárias em função da área da empreitada e para o mesmo tipo de empreitadas
Objetivo	Através do cálculo deste indicador e uso de outros indicadores poderá obter-se valores de referência, relevantes para efeitos de cálculo do número ideal de horas necessárias para a formação adequada dos diversos intervenientes relativamente à gestão de RCD
Dados de cálculo	Nº de horas totais despendidas em formação (h) Área total da construção (m2)
Obtenção de dados	Para a obtenção do número de horas de formação é necessário que exista o registo de informação acerca de ações formativas, onde deverá conter para além do número de horas, o nome de todos os intervenientes presentes na formação. Para obtenção da área total de construção, deverão ser consultados os desenhos do projeto
Fórmula de cálculo	$\frac{nº\ de\ horas\ despendidas\ em\ formação}{área\ total\ de\ construção}$
Observações	Na área de construção deverá ser incluída a área de implantação do estaleiro

Tabela 5.17 – Indicador de eficácia das formações realizadas

Título	I.14 Eficácia das formações realizadas
Descrição	Avaliação da quantidade de horas de formação realizadas e comparação com o número de não conformidades e acidentes na gestão de RCD, sendo que é expectável que exista uma correlação entre estas duas variáveis
Objetivo	Análise da eficácia das formações realizadas. Poderá ser utilizado pelas empresas de construção para verificação dos métodos de formação realizados pelos diversos responsáveis pela gestão de RCD. Realçar a importância da realização de formação adequada aos diversos intervenientes, facilmente verificável através de comparação de empreitadas onde não foi dado qualquer tipo de formação com empreitadas onde foram realizadas formações
Dados de cálculo	Nº de horas de formação dadas (h) Nº de não conformidade Nº de acidentes
Obtenção de dados	Para a obtenção do número de horas de formação é necessário que exista o registo de informação acerca de ações formativas, onde deverá conter para além do número de horas, o nome de todos os intervenientes presentes na formação. Relativamente às não conformidades na gestão de RCD estas devem ser registadas pelo seu responsável ou por outro por este selecionado, sempre que sejam detetadas, num documento próprio onde possa ser feito o seu controlo, assim como os acidentes
Fórmula de cálculo	Comparação do nº de horas de formação realizadas com o número de acidentes e não conformidades registadas durante a empreitada, referentes à gestão de RCD

5.3.4 Análise Económica

Outro dos aspetos que deve ser controlado ao longo da fase de execução são os custos decorrentes da gestão de RCD. Deste modo importa calcular o seguinte conjunto de indicadores:

- Custo da gestão de RCD;
- Desvios do custo da gestão de RCD;
- Eficácia do plano de gestão de RCD.

Tabela 5.18 – Indicador de custo da gestão de RCD

Título	I.15 Custo da gestão de RCD
Descrição	Determinação do custo de gestão de RCD em função da área da empreitada
Objetivo	Determinação de valor de referência em função do tipo de obra e fase de ciclo de vida de uma determinada obra
Dados de cálculo	Custo da gestão de RCD (€) Área da empreitada, onde se deverá incluir a área do estaleiro (m2)
Obtenção de dados	Os custos devem ser obtidos através do controlo do orçamento estipulado, e a área total da empreitada deverá ser obtida através da visualização dos diferentes desenhos do projeto fornecidos
Fórmula de cálculo	$\frac{Custo\ total\ da\ gestão\ de\ RCD}{Área\ total\ da\ empreitada}$

Tabela 5.19 – Indicador de peso do custo da gestão de RCD

Título	I.16 Peso do custo da gestão de RCD
Descrição	Determinação do peso do custo da gestão de RCD no custo total de uma empreitada
Objetivo	Determinação de valor de referência em função do tipo de obra e fase de ciclo de vida de uma determinada obra para e avaliação da importância dada á gestão de RCD
Dados de cálculo	Custo da gestão de RCD (€) Custo total da empreitada (€)
Obtenção de dados	Visualização e controlo do orçamento estipulado para a empreitada
Fórmula de cálculo	$\frac{Custo\ total\ da\ gestão\ de\ RCD}{Custo\ total\ da\ empreitada}\ x\ 100$

Tabela 5.20 – Indicador de eficácia do plano de gestão de RCD

Título	I.17 Eficácia do plano de gestão de RCD
Descrição	Comparar o custo das não conformidades e acidentes existentes durante a gestão de RCD com o custo total da gestão de RCD
Objetivo	Analisar a eficácia da gestão do plano de RCD
Dados de cálculo	Custo de não conformidades e acidentes existentes (€) Custo total da gestão de RCD (€)
Obtenção de dados	O custo total de gestão de RCD poderá ser obtido através do controlo de custos por parte do diretor e as não conformidades e acidentes existentes na gestão de RCD deverão ser registados pelo seu responsável ou por outro interveniente selecionado por este, sempre que sejam detetadas, num documento próprio onde possa ser feito o seu controlo
Fórmula de cálculo	$\frac{Custo\ das\ não\ conformidades\ e\ acidentes}{Custo\ total\ da\ gestão\ de\ RCD}$ x 100

Tabela 5.21 – Indicador de desvios de custo da gestão de RCD

Título	I.18 Desvios de custo da gestão de RCD
Descrição	Quantificação do desvio entre o custo de gestão de RCD inicialmente orçamentado e o efetivamente obtido
Objetivo	Análise do plano de gestão de RCD e através do cálculo deste indicador poderão ser obtidas informações acerca das causas de tais desvios que deverão ser devidamente registados para que no futuro não se voltem a suceder, contribuindo assim para uma melhoria contínua
Dados de cálculo	Custo total da gestão de RCD (€) Custo previamente orçamentado da gestão de RCD (€)
Obtenção de dados	O custo total da gestão de RCD poderá ser obtido através da monitorização dos custos por parte do diretor de obra, sendo que o orçamento previsto para a gestão de RCD deverá ser obtido no plano de gestão e prevenção de RCD preenchido pelo responsável de gestão de RCD ou outro interveniente designado por este
Fórmula de cálculo	$\frac{Custo\ total\ de\ gestão\ de\ RCD - Orçamento\ previsto\ gestao\ RCD}{Custo\ total\ de\ gestão\ de\ RCD} x$ 100

5.3.5 Tempo de cálculo dos indicadores

No tempo de cálculo dos indicadores não será contabilizado o tempo necessário para o registo da informação necessária para o cálculo destes, visto que este tempo poderá ser bastante diferente consoante diversos fatores, tais como, a dimensão e tipo de obra assim como a quantidade de resíduos produzidos e enviados para os diferentes destintos, etc.

O cálculo dos diferentes indicadores selecionados baseia-se na consulta de diversos documentos onde se encontram os dados necessários para esse cálculo. O estabelecimento dos tempos de cálculo considera o tempo necessário na organização da informação, a dificuldade na obtenção dos dados sendo que alguns poderão não depender da empresa.

Tabela 5.22 – Tempo de cálculo dos indicadores

Indicadores	Tempo de cálculo (minutos)
I.1	10 a 60
I.2	10 a 60
I.3	5 a 10
I.4	5 a 10
I.5	10 a 60
I.6	30 a 90
I.7	5 a 10
I.8	30 a 90
I.9	5 a 10
I.10	30 a 90
I.11	30 a 90
I.12	5 a 10
I.13	5 a 10
I.14	5 a 10
I.15	5 a 10
I.16	5 a 10
I.17	5 a 10

Os indicadores referentes à produção, constituição e destino de RCD têm uma dependência de dados cujo registo não depende da empresa (certificados de receção e/ou guias de acompanhamento) pelo que possuirão um maior tempo de cálculo.

No caso de indicadores que necessitem de uma menor quantidade de informação como os custos, o estado dos meios de acondicionamento no momento de recolha, a conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD, o tempo da formação, eficácia das medidas de prevenção, quantidade de produtos ecológicos, a eficácia das formações necessárias foi estabelecida um tempo de cálculo relativamente rápido. Para indicadores como a triagem, qualidade do plano de formação, triagem e prevenção da contaminação ambiental em que será elaborada uma análise qualitativa através da monitorização das diversas operações de gestão de RCD, pelo que será necessária a visita ao local da construção, será necessário um maior tempo de cálculo devida à sua maior complexidade.

5.3.6 Critérios de Ponderação

Os pesos atribuídos a cada indicador podem ser variáveis consoante as obras devido à existência de certas condicionantes, as quais são apresentadas seguidamente :

- **Fase de ciclo de vida da obra:** É necessário ter consideração a fase do ciclo de vida da obra em análise (nova construção, reabilitação ou demolição), visto que a quantidade de resíduos

produzidos difere bastante consoante esta, sendo que é bastante superior em reabilitações ou demolições. Assim, o indicador referente à produção de RCD deverá ter pesos diferentes para os diferentes tipos de obra. Este indicador só é comparável entre obras na mesma fase de ciclo de vida.

- **Sistema construtivo adotado** : É necessário que se tenha em consideração o tipo de sistema construtivo adotado na definição dos destinos selecionados para os RCD, visto que por exemplo, um sistema construtivo em terra possui um elevado potencial de reutilização enquanto a adoção de sistema construtivo em betão pré-fabricado não. (economia circular, sistemas produtivos). Assim, o indicador referente aos destinos de RCD deverá ter pesos diferentes consoante os sistemas construtivos adotados. Este indicador só é comparável entre obras que utilizem o mesmo sistema construtivo.

- **Experiência da empresa de construção civil e do diretor obra** : A elaboração de várias empreitadas, em que toda a informação referente à operação de gestão de RCD seja devidamente salvaguardada é uma mais valia, pois quando utilizada poderá fazer a diferença, fazendo que as futuras empreitadas sejam elaboradas de forma mais sustentável que as anteriores ao nível da gestão de RCD. Esta informação deverá contemplar o registo das não conformidades e respetivas causas, medidas corretivas implementadas e a sua eficácia para que seja não se cometam os mesmos erros e se aproveite as medidas positivas que foram implementadas. Assim, para indicadores como a eficácia das medidas de prevenção da produção de RCD e conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD deverão ser comparáveis tendo em consideração a experiência da empresa e do diretor obra.

- **Acessibilidade :** Caso a acessibilidade ao local da empreitada não seja a melhor, o que pode tornar bastante difícil a recolha dos RCD por parte dos operadores de gestão licenciados, pelo que deverão ser privilegiadas as práticas de prevenção da produção de RCD e da reutilização destes na obra, atribuindo assim um maior peso a este tipo de indicadores em relação aos restantes.

- **Área disponível no estaleiro :** É necessário ter em consideração o espaço disponível no estaleiro para as instalações necessárias para a gestão de RCD. Caso a área disponível em estaleiro seja reduzida, é provável que não se consiga construir o parque de resíduos apropriado com o número de meios de acondicionamento necessários consoante a produção total de RCD, as instalações necessárias para a triagem dos diferentes resíduos. Como tal, deverão ser maximizadas as medidas ao nível de produção de RCD e o aumento considerável da frequência de recolha dos RCD. Nestas condições, o indicador de triagem não terá um peso muito significativo devido às suas limitações, atribuindo um maior peso à eficácia das medidas de prevenção de produção de RCD e de produtos ecológicos.

- **Características do local da empreitada** : Caso a empreitada se localize num local onde existe uma grande diversidade de fauna e flora, existência de ecossistemas, existência de caminhos de água, a contaminação local deve ser o fator a ter maior peso, pois como já foi referido a construção civil origina diversos impactos negativos no ambiente. Deverá também ser atribuída um peso considerável á produção de RCD, do destino final, mais concretamente os referentes à reutilização, e da constituição de RCD, sendo que é ideal a menor quantidade possível de materiais perigosos.

- **Aspetos económicos :** O custo com a gestão de RCD deverá ser o mais baixo possível mas em que se cumpra toda a legislação e regulamentos aplicáveis à gestão de RCD, pelo que o peso do custo de gestão de RCD deverá ser o menor possível.

- **Capacidade financeira da empresa**: Geralmente, as pequenas empresas no que concerne às preocupações referentes à gestão de RCD devido à capacidade financeira limitam-se a armazenar os resíduos produzidos, sem qualquer triagem prévia e enviar para operadores de gestão licenciados, pelo que nestas deverá ter maior peso as medidas de prevenção de RCD e a produção de RCD, sendo aconselhável a menor quantidade possível.

- Proximidade dos operadores de gestão licenciados: A habilitação dos operadores de gestão de RCD nas proximidades do local da empreitada é importante, pois caso não existam operadores de gestão habilitados a reciclar ou eliminar os resíduos produzidos deverão ser dados maiores pesos aos indicadores das medidas de prevenção de RCD, a produção de RCD. Deverá ser privilegiada a reutilização destes em obra e uma minimização do encaminhamento de RCD para tais operadores licenciados.

As condicionantes acima referidas poderão ocorrer simultaneamente, devendo as mesmas ser previstas no sistema de ponderação, que permite a obtenção do índice final. As condicionantes deverão ser consideradas para se obter um índice realista e para que seja possível comparar diferentes empreitadas em termos de sustentabilidade, visto que cada empreitada tem as suas especificidades.

Deste modo, consoante as situações, a ponderação é atribuída repartindo um total de 100 pontos pelos diferentes indicadores.

6
CASOS DE ESTUDO

6.1 Introdução

No presente capítulo, pretende-se estudar a gestão de RCD em 2 obras reais, sendo uma relativa a uma empreitada de construção do centro de formação no Belo Jardim, nos açores e outra relativa à construção de um empreendimento de luxo em Matosinhos.

Foram selecionadas obras onde foram implementadas políticas ambientais, mais concretamente na gestão de RCD. Esta política ambiental consiste nos seguintes princípios:
- Cumprimento de toda a legislação ambiental aplicável;
- Minimização dos impactos ambientais decorrentes da execução das obras;
- Planeamento devidamente adequado e antecipado;
- Monitorização do cumprimento das medidas incorporadas na política ambiental;
- Sensibilização e formação dos diversos intervenientes;
- Registo de dados referentes à empreitada para posterior utilização, obtendo-se então, uma constante melhoria contínua das práticas implementadas.

No contexto da dissertação interessa analisar algumas das práticas utilizadas ao nível da gestão das obras referidas, assim como testar os indicadores definidos no capítulo anterior para a obtenção de uma determinada avaliação de sustentabilidade relativamente à gestão de RCD para que posteriormente seja possível fazer comparações de diferentes empreitadas. Foram selecionadas empreitadas em que a fase de execução envolvia atividades de construção e atividades de demolição para englobar as diferentes fases de ciclo de vida de uma empreitada.

As empresas de construção civil encarregadas fazem o registo contínua de toda a informação necessária para o cálculo dos seus próprios indicadores de sustentabilidade, os quais não coincidirão com os indicadores apresentados na proposta do capítulo 4, pelo que não se possui a informação necessária para o cálculo de todos os indicadores propostos, deste modo, só serão alguns calculados.

6.2 Gestão de RCD na empreitada de construção do centro de formação no Belo Jardim

6.2.1 Caracterização da empreitada

O caso de estudo em questão é referente à construção de um edifício multifuncional, destinado a albergar um Centro de Formação, constituído por 2 pisos. A área total de construção é de cerca

de 1243,81 m^2 e uma duração de obra de 9 meses, tendo sido prorrogada por mais 6 meses, perfazendo um total de 15 meses.

Sendo que o período em análise relativamente aos RCD é de fevereiro a setembro 2012 , 8 meses. Neste período as principais atividades desenvolvidas na empreitada foram correspondentes a:

- Trabalhos de demolição;
- Movimentação de terra;
- Construção de estruturas em betão armado;
- Construção de paredes e tetos;
- Infraestruturas técnicas (redes de águas e esgotos e instalações elétricas).

6.2.2 Descrição dos procedimentos adotados nas atividades desenvolvidas

6.2.2.1 Execução de Demolições

Foi necessária a demolição de um edifício existente no terreno de construção (antiga escola primária) e dos muros de pedra da vedação do terreno. Previamente à demolição deste edifício foram executadas operações de desmantelamento, desmontagem e remoção de todos os elementos passíveis de serem reutilizados, reciclados, recuperados ou valorizados, nos quais se incluem: forro, madres de madeira, teto falso em tabiques, portas interiores, asnas e aros das janelas.

Foi necessária a utilização de máquinas giratórias para a execução da demolição mecânica da restante estrutura do edifício (alvenaria, pilares, vigas elementos suportados, elementos de suporte), sendo que os muros de alvenaria de bloco não foram demolidos, servindo de base para a colocação dos prumos da vedação do estaleiro de obra.

6.2.2.2 Movimentação de terra

Primeiramente foi realizada a desmatação de toda a área do terreno e decapagem da camada superficial de terra vegetal. Posteriormente, foram executados os trabalhos de escavação para a implantação das fundações do edifício e para a execução do saneamento dos solos (substituição dos solos existentes). Seguidamente, foram executados os aterros em obra. Foram utilizados escavadoras e camiões para a execução desta fase de execução.

6.2.2.3 Construção da estrutura do edifício

Para a construção da estrutura do edifício foi necessário primeiramente a execução de fundações diretas, constituídas por sapatas isoladas e conjuntas, ligadas entre si por vigas de fundação. De seguida foi executada a estrutura do edifício, sendo uma estrutura mista constituída por elementos de betão armado, fundações, vigas e lajes em betão armado, cobertura do piso 1 e por estrutura metálica, formada por asnas apoiadas nas vigas de betão. Foram utilizadas cofragens metálicas e de madeira (painéis e vigas de madeira), sendo que as primeiras foram utilizadas para execução dos elementos de fundação e pilares e as últimas na execução de vigas elevadas e lajes.

6.2.2.4 Materiais e processos construtivos selecionados

Foi necessária a adjudicação de subempreitadas para a execução das infraestruturas técnicas e na execução da estrutura metálica da cobertura do piso 1, sendo esta estrutura executada em fábrica e posteriormente transportada para obra para a sua aplicação, a qual é constituída por asnas e perfis laminados ligadas às vigas de betão.

Foi necessária a utilização de aço moldado, o qual foi pré-montado no estaleiro central e posteriormente transportado para obra. Para a laje do piso 1, foi necessária a utilização de aço em

varão, o qual foi armado diretamente no local de aplicação. O betão pronto utilizado foi proveniente da central de betão da entidade executante. A maioria das paredes interiores são alvenarias simples com 20cm de espessura, sendo que a argamassa utilizada foi produzida em obra por meio de uma betoneira.

6.2.3 Produção de Resíduos

De seguida, são apresentados os principais resíduos produzidos na execução desta empreitada. A constituição destes resíduos é consequência das diferentes fases da execução da empreitada, pelo que importa destacar os principais resíduos produzidos nas diferentes fases de execução, conforme ilustrado na Tabela 6.1.

Tabela 6.1 – Principais fontes de produção de RCD

Principal fonte de produção	RCD
Demolições	Madeira (170201), betão (170101) e ferro/aço (170405)
Movimentação de terras (Escavações)	Solos e rochas (170504)
Estrutura do edifício	Ferro/Aço (170405), betão (170101) e madeira (170201)
Alvenarias	Betão (170101) e embalagens compósitas (150105)

A maioria dos resíduos produzidos decorrentes da fase de demolição foram encaminhados para operador de gestão licenciado pois não foram passíveis de valorização em obra, excetuando uma parcela de betão que foi armazenada no estaleiro de obra para posterior reaproveitamento/valorização, sujeita a processo de reciclagem e ensaios que conferissem a sua aplicação.

Durante a fase de movimentação de terras foram produzidos resíduos de solos e rochas, que devido à sua não perigosidade, foram reutilizados em obra.

6.2.4 Meios de triagem

Todos os resíduos produzidos na empreitada foram objeto de triagem em obra, separando-os por fluxos ou fileiras de materiais, com vista ao seu encaminhamento, para posterior reciclagem ou outras formas de valorização. Esta separação foi efetuada manualmente pelos colaboradores afetos à empreitada. Foram elaboradas ações de informação e sensibilização dos colaboradores afetos à empreitada em estudo, promovendo a adoção de boas práticas ambientais, incluindo a demonstração da correta triagem dos diferentes resíduos.
Além disso, foi elaborada uma monitorização da triagem efetuada pelos colaboradores e sempre que era detetada alguma mistura de RCD após a triagem, era do encargo de um colaborador específico efetuar a correta triagem desta.

6.2.5 Meios de acondicionamento

Foram definidas as seguintes formas de acondicionamento tendo em consideração a tipologia de RCD produzidos:

- Contentores metálicos no estaleiro para o acondicionamento de resíduos de Ferro/Aço, para além da definição de uma zona específica/limitada fisicamente para colocação de algum resíduo de ferro.



Figura 6.1 – Contentor de Ferro e Aço [62]

- Ecopontos, para o acondicionamento de resíduos de madeira, plástico e embalagens compósitas ("sacos" de cimento/argamassa). Estes foram construídos através de madeira reutilizada pela carpintaria da Entidade Executante. As embalagens compósitas foram colocadas em sacos de plástico ou envolvidas no plástico da palete de transporte dos próprios sacos de cimento/argamassa antes de serem colocadas no "EcoPonto".



Figura 6.2 – Ecoponto para madeira, plástico e embalagens compósitas [62]

- Baias, para o acondicionamento de resíduos de madeira durante as atividades de cofragens e descofragens passíveis de serem reutilizados durante essas atividades. Estas foram limitadas com uma rede de sinalização laranja.



Figura 6.3 – Baia para armazenamento de madeira [62]

Estas formas de acondicionamento de resíduos eram devidamente identificadas, com a designação do resíduo a acondicionar e o respetivo código LER.



Figura 6.4 – Identificação da fração de RCD

6.2.6. Seleção de operador de gestão licenciado e encaminhamento de RCD

Relativamente a todos os resíduos produzidos não passíveis de valorização em obra foram encaminhados para operador licenciado, cumprindo a legislação em vigor. Foi elaborada uma lista dos operadores licenciados para a gestão das diferentes tipologias de RCD baseada na "Lista de Operadores Licenciados para Operações de Gestão de Resíduos na RAA", onde é descrita a informação relativa aos preços praticados por cada operador, a distância do local do estaleiro do operador licenciado ao local da empreitada e o tipo de resíduos que estes operadores estão habilitados a tratar, conforme ilustrado na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Lista de Operadores Licenciados para a Gestão das diferentes tipologias de RCD na empreitada [62]

TIPO DE RESÍDUO	PRÉ - TRATAMENTO	OPERADOR LICENCIADO
SACOS DE CIMENTO 15 01 05 (EMBALAGENS COMPÓSITAS)	Separar os sacos de cimento, não devem estar molhados, nem com vestígios de argamassa	TERAMB, EMPRESA MUNICIPAL DE GESTÃO E VALORIZAÇÃO AMBIENTAL (Aterro Municipal)
MADEIRA 17 02 01	Reaproveitar em obra toda a madeira limpa	TECNOVIA AMBIENTE (Barraca)
PLÁSTICO RÍGIDO 17 02 03	Embalagens plásticas Não Perigosas e tubagens de plástico **Não Colocar:** Resíduos orgânicos, embalagens plásticas de substâncias perigosas	RESIAÇORES (Lote 61, Zona Industrial)
FERRO E AÇO 17 04 05	Colocar no contentor/zona definida sem misturar com outros resíduos	SERRALHARIA DO OUTEIRO (Lote 70, Parque Industrial)
BETÃO 17 01 01	Colocar no contentor/zona definida sem misturar com outros resíduos	AÇORBUILD (Quinta DÁchada)
		TECNOVIA AMBIENTE (Barraca)
TIJOLOS 17 01 02	Colocar no contentor/zona definida sem misturar com outros resíduos	AÇORBUILD (Quinta DÁchada)
		TECNOVIA AMBIENTE (Barraca)
LADRILHOS, TELHAS E MATERIAIS CERÂMICOS 17 01 03	Colocar no contentor/zona definida sem misturar com outros resíduos	AÇORBUILD (Quinta DÁchada)
		TECNOVIA AMBIENTE (Barraca)
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO À BASE DE GESSO 17 08 02	Colocar no contentor/zona definida sem misturar com outros resíduos	RESIAÇORES (Lote 61, Zona Industrial)
		TECNOVIA AMBIENTE (Barraca)
MISTURA DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO 17 09 04	Apenas se não for possível separar	AÇORBUILD (Quinta DÁchada)
		TECNOVIA AMBIENTE (Barraca)

O transporte dos RCD para operador de gestão licenciado foi elaborado na sua maioria pela própria Entidade Executante sendo que alguns foram realizados por subempreiteiros afetos à

atividade. Todos estes transportes foram devidamente acompanhados da respetiva GAR até ao operador de gestão licenciado. Posteriormente, estes resíduos são pesados nas básculas existentes nas instalações dos operadores de gestão licenciados, sendo confirmados pelos motoristas encarregues pelo transporte do RCD. Por fim, é necessário o preenchimento e assinatura do operador de gestão licenciado o campo da GAR, necessária em cada transporte, dirigido ao "Destinatário de Resíduos".

Foi assegurada a manutenção e atualização do registo de RCD sempre que foram encaminhados resíduos para operador de gestão licenciado.
Foi necessário o pagamento de taxas associadas às diferentes tipologias de resíduos:

- Valores entre os 5€ e os 6€ por tonelada, quando os resíduos pertencem unicamente a uma tipologia de resíduos, isto é, um código LER;
- Valores entre os 15€ e os 16€ por tonelada, quando os resíduos pertencem a mais do que uma tipologia de resíduos, isto é, dois ou mais códigos LER;

No entanto, para além da existência de taxas, existiram receitas associadas ao encaminhamento de resíduos de ferro/aço para operador de gestão licenciado entre os 0,10€ e 0,20€ por quilo. Para além deste benefício financeiro, o operador de gestão licenciado disponibilizou os meios adequados para o seu devido acondicionamento.

6.2.7 Monitorização e comparação entre o planeado e o verificado na execução da obra, no âmbito da gestão de RCD

Durante a fase de execução da obra foram elaboradas diversas ações de monitorização para uma posterior análise comparativa entre o que foi inicialmente planeado e o que efetivamente foi verificado durante esta fase em obra.

Durante a execução da empreitada, houve a possibilidade de reutilização de betão em obra, produzido durantes os trabalhos de demolição executados, e de bagacina, com origem noutra obra da entidade executante, sendo que, inicialmente não estava prevista a incorporação de reciclados em obra. A incorporação destes materiais em obra foi efetuada de acordo com as normas em vigor e com a devida aprovação do Dono de Obra ou do seu representante.

Tabela 6.3 – Proveniência, identificação dos reciclados e da quantidade a incorporar na obra

Identificação dos reciclados	Origem	Quantidade a incorporar na obra (m^3)
Betão	Trabalhos de demolição	58
Bagacina	Outra empreitada	570

Os resíduos produzidos dos trabalhos de demolição do edifício (betão, ferro/aço e alvenaria de blocos) foram sujeitos a um processo de reciclagem no estaleiro. Foi utilizada uma separação magnética para a separação do ferro dos restantes inertes, sendo que estes últimos foram sujeitos a uma britagem para se assegurar a fração granulométrica pretendida, como tal, foi utilizada uma britadeira. A bagacina também foi sujeita a um processo de trituração para uma posterior aplicação em obra. A bagacina é a designação dada aos piroclastos com dimensão máxima entre os 2 e os 64mm, cuja estrutura lhes confere muito baixa densidade. Estas são em geral constituídas por fragmentos pedra pomes ou fragmentos basálticos, formada por gases misturados com lava basáltica.

Este material reciclado integrado em obra foi utilizado na execução dos aterros em obra, representando cerca de 61% de todo o material utilizado nos aterros das obras. Assim, minimizou-se a necessidade de nova matéria-prima.

Relativamente á reutilização dos solos e rochas obtidos durante as escavações executadas durante a movimentação de terras estava previsto inicialmente a reutilização de cerca de 199m3, correspondente a 35% do volume total dos solos escavados em obras. Na prática, a totalidade dos solos e rochas escavados foram reutilizados na sua totalidade, correspondente a um volume de cerca de 569 m3.

Tabela 6.4 – Identificação dos materiais e quantidades a reutilizar em obra estimados no PPGRCD de projeto e verificados em obra

Identificação dos materiais	**Quantidade a reutilizar em obra (m^3)**		**Destino**
	Estimada no PPGRCD de projeto	**Efetivamente reutilizada em obra**	
Solos e rochas	199 m^3	569 m^3	Aterros Arranjos exteriores
Pedra	-	223,84 m^3	Muros de vedação do Edificio

Foram reutilizados painéis e vigas de cofragem, necessários para a execução das cofragens dos constituintes da estrutura do edifício. Foi reutilizada madeira, proveniente da carpintaria da Entidade Executante para a construção do meio de acondicionamento designado por Ecoponto. Foram reutilizadas guardas de proteção de outras obras da entidade executante. Alguns resíduos de madeira produzidos em obra foram utilizados para a execução das cofragens.

As estimativas de produção realizadas pelos projetistas apresentaram diferenças significativas como se poderá verificar na Tabela 6.5.

Tabela 6.5 – Estimativa da produção prevista no PPGRCD, a produção identificada em obra de resíduos e RCD, por código LER

CÓDIGO LER	**Estimativa de resíduos e RCD a produzir definida no PPGRCD (ton)**	**Produção de resíduos e RCD identificada em obra (ton)**
15 01 01, Embalagens de papel e cartão	0	0,084
15 01 02, Embalagens de plástico	0	0,036
17 01 01, Betão	0	71,65
17 02 01, Madeira	5,3	11,89
17 04 05, Ferro e aço	23	0,84
17 09 04, Mistura de RCD	8,8	5,65
20 01 01, Papel e cartão	0	0,35
20 02 01, Resíduos biodegradáveis	0	3,18

Conforme se pode verificar pela tabela acima representada, existiram alguns resíduos produzidos em obra que não estariam inicialmente previstos, como é o caso do betão, das embalagens de papel e cartão, embalagens de plástico, papel e cartão e resíduos biodegradáveis. Os resíduos de Ferro e Aço foram estimados excessivamente, sendo que foram produzidos 0,84 ton e seriam

estimadas 23 ton produzidas inicialmente. A mistura de Resíduos de Construção e Demolição é outro tipo de resíduo que foi estimado por excesso.

Relativamente aos resíduos de madeira, estes foram estimados por defeito, sendo que foram produzidas 11,89 toneladas de resíduos desta tipologia mas que seriam estimados em cerca de 5,3 toneladas.

6.2.8 Seleção de Destino Final

No PPGRCD de projeto foram definidas as operações de destino para cada tipologia de resíduo produzida em obra, sendo que foram verificadas diferenças em obra, como se poderá verificar na Tabela 6.6.

Tabela 6.6 – Operações de destino definidas no PPGRCD de projeto e as operações de destino identificadas em obra, por código LER

CÓDIGO LER	Operação prevista no PPGRCD de projeto	Operação identificada em obra
15 01 01, Embalagens de papel e cartão	-	R13[1]
15 01 02, Embalagens de plástico	-	R13
17 01 01, Betão	-	R13
17 02 01, Madeira	R13	R1[2]
17 04 05, Ferro e aço	R13	R12[3]
17 09 04, Mistura de RCD	R13	R13
20 01 01, Papel e cartão	-	D1[4]
20 02 01, Resíduos biodegradáveis	-	D1

[1] Armazenamento de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R01 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde os resíduos foram produzidos)
[2] Utilização principal como combustível ou outros meios de produção de energia
[3] Troca de resíduos com vista a, submete-los a uma das operações enumeradas de R1 a R11
[4] Deposição sobre o solo ou seu interior (por exemplo, aterro sanitário, etc,)

Conforme visualizado na tabela acima, foi dada preferência à incorporação de reciclados e à reutilização de materiais em obra.

6.2.9 Análise do guia de procedimentos de gestão de RCD

A gestão de RCD foi elaborada privilegiando-se as boas práticas ambientais, mas também a redução de custos na sua correta gestão, através da monitorização e implementação de medidas corretivas e sensibilização/formação dos colaboradores afetos à empreitada. Isto poderá ser facilmente verificado através da seleção do destino final consoante a tipologia de RCD produzidos em obra, verificando-se que 98% deste foram encaminhados para futura valorização e apenas 2% foram encaminhados para eliminação em aterro, evidenciando-se a aplicação do princípio de hierarquia dos resíduos.

Existiram não conformidades no âmbito da gestão de RCD, mais especificamente, nas diferenças significativas entre as estimativas de produção de RCD e a quantidade realmente produzida em obra, além da não identificação de alguns tipos de resíduos que viriam a ser produzidos no decorrer da execução da obra. Os índices de referência de produção de RCD utilizados pela entidade responsável para a estimativa de produção de RCD não seriam os ideais. A discrepância,

cerca de vinte cinco vezes superior à quantidade efetivamente produzida na obra, obtida na estimativa de produção de "Ferro e Aço" é explicável pelo fato de ter sido utilizado ferro moldado para o fabrico das armaduras, sendo que o desperdício do material adquirido foi cerca de 4% (causa, método e processo construtivo adotado pela EE). Esta disparidade de valores é normalmente justificada pela necessidade de alterações de projeto, o que poderá afetar diretamente a produção de maior ou menor quantidade de RCD.

Pode-se afirmar que existiu alguma falta de rigor no estudo e análise do mapa de quantidades para elaboração do PPGRCD através da discrepância de valores obtidos na estimativa de reutilização de solos e rochas uma vez que estes são facilmente obtidos através do mapa de quantidades, onde é apresentado o quantitativo de solos a escavar e muros de pedra a demolir. A não estimativa de produção de pedras é outro facto que pode comprovar a falta de rigor no estudo e análise do mapa de quantidades. Inicialmente, estava previsto reutilizarem-se em obra 199m3 de solos e rochas não contaminados e o que se veio a verificar foi que foram reutilizados 569 m3 de solos e rochas (totalidade dos solos escavados), 223,94 m3 de pedras e outras quantidades de materiais reutilizados na execução de cofragens e de trabalhos de segurança.

As ações de monitorização elaboradas no decorrer da fase de execução da obra foram essenciais para a implementação de novas medidas para uma melhor gestão de RCD. Tal pode ser constatado pela não previsão da incorporação de reciclados em obra, pelo que foi necessária a implementação de medidas corretivas durante a fase de execução e foram incorporados reciclados em obra, como o betão decorrente das atividades de demolição, bagacina procedente de outras obras da entidade executante e madeira na construção do meio de acondicionamento designado "Ecoponto".

Os resíduos de "Papel e cartão" (20 01 01) e "Resíduos Biodegradáveis" foram os únicos em que foram encaminhados para operações de eliminação de resíduos (D1- Deposição sobre o solo ou no seu interior (p.e, aterro sanitário)).

A correta triagem elaborada em obra e a sensibilização e formação dos diversos colaboradores traduziu-se numa redução de custos para a Entidade Executante, sendo que o maior custo foi referente à fração de resíduo de "Mistura de RCD" devido às suas elevadas taxas.

Para a definição de indicadores de referência de produção de RCD é fundamental conhecer antecipadamente os métodos e processos construtivos a desenvolver em obra, conhecer o projeto a executar, analisar com rigor e detalhe o mapa de quantidades dos trabalhos, e ter em conta a própria gestão de RCD, nomeadamente conhecer as taxas de desperdício dos vários RCD, tipos de RCD valorizáveis e taxas médias de reciclagem.

6.3 Gestão de RCD na construção do Edifício Parque, localizado na Avenida D. Afonso Henriques, Matosinhos

6.3.1. Caracterização da empreitada

O caso de estudo em questão foi considerado o primeiro empreendimento de luxo em Portugal, sendo distinguido com a certificação ao nível da construção, da sustentabilidade e da qualidade técnica, tendo uma área total do edifício de 38 760 m2. Constituído por 117 frações, sendo que na cobertura central do corpo do edifício está localizado um Health Club.



Figura 6.5 – Imagem do Edifício Parque [74]

Foi necessária a demolição de uma fábrica existente no local de construção do edifício Parque, no entanto, os dados fornecidos dizem respeito exclusivamente à fase de construção do empreendimento. A duração da construção do edifício parque foi de 21 meses (março 2009 a dezembro 2011).

6.3.2. Produção de Resíduos

Os resíduos produzidos durante a fase de construção do Edifício Parque correspondem de uma forma geral a telhas, ladrilhos, materiais cerâmicos, betão, madeira, plástico, cartão, papel, solo e rochas e material de isolamento.

Tabela 6.7 – Composição dos RCD segundo código LER

Tipologia	Código LER	Quantidade	%
Betão	17 01 01	23 160	1.11
Telhas, ladrilhos e materiais cerâmicos	17 01 03	3 980	0.19
Embalagens compósitas	15 01 05	3 360	0.16
Embalagens de papel e cartão	15 01 01	42 886	2.05
Madeira	17 02 01	107 120	5.11
Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	17 05 04	22 260	1.06
Plásticos	17 02 03	17 480	0.83
Mistura de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06	17 01 07	1 585 456	75.66

Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	17 06 04	5 900	0.28
Mistura de RCD não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	17 09 04	283 964	13.55
	Total	2 095 566	100

Pode-se verificar que os resíduos maioritariamente produzidos dizem respeito a mistura de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, perfazendo um total de 1 585 450kg o que equivale a cerca de 76% do total de resíduos produzidos. Seguidamente a mistura de RCD foi a segunda mais produzida perfazendo um total de 283 964kg, o equivalente a cerca de 14% do total de RCD produzidos.

A produção de resíduos ao longo da construção do edifício Parque é variável ao longo do período de execução, variando a quantidade e tipologia consoante as tarefas a serem desenvolvidas no mês em questão.

Os resíduos de betão foram apenas produzidos nos meses em que foi iniciada a edificação do prédio, sendo que segundo a GRIN, este era originado pela lavagem dos rodados e dos camiões que transportavam a matéria-prima a aplicar em obra. Os resíduos de plásticos foram produzidos durante todo o período de execução da obra. As embalagens compósitas, referentes aos sacos de cimento com película foram apenas produzidas nos primeiros meses. No registo de dados elaborado pela GRIN não constam os resíduos perigosos.

6.3.3. Estimativa de produção de RCD

A estimativa da produção de RCD foi efetuada através do cálculo de uma equação da reta para edifícios de alto conforto fornecida pelo Manual Europeu de Resíduos de Construção de Edifícios Volume I, 2002, sendo que a variável y diz respeito à quantidade de resíduos produzidos e x a área da habitação [74].

y = 0,0774 x -> y = 0,774 * 38760 = 2 883 744 kg (estimativa)
Discrepância -> 2 883 744 – 2 095 566 (quantidade realmente produzida) = 788 178 kg excesso

A estimativa da produção de RCD apresenta alguma discrepância devido ao facto do registo de dados da GRIN não constarem os resíduos perigosos e as terras provenientes da escavação do terreno.

6.3.4 Seleção de destino final

Existiu por parte da empresa construtora uma promoção da reciclagem dos resíduos produzidos como sendo a primeira opção de destino final em detrimento da deposição em aterro.

Tabela 6.8 – Destino Final dos diversos resíduos produzidos

Resíduo Produzido	Quantidade (kg)	Destino Final
Madeira	107 120	R3 - Reciclagem/recuperação dos compostos orgânicos que não são utilizados como solventes (incluindo operações de compostagem e outras transformações biológicas)
Betão	23 160	R5 - Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas
Mistura de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06	1 585 456	
Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	22 260	
Embalagens de papel e cartão	42 886	R13 - Acumulação de resíduos destinados a uma das operações R1 a R12 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde esta é efetuada)
Embalagens compósitas	3 360	
Plásticos	17 480	
Misturas de RCD não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	283 964	
Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos	3 980	D1 - Deposição sobre o solo ou no seu interior (por exemplo, aterro sanitário, etc).
Mistura de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06	1 585 456	
Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	5 900	D16 - Armazenagem enquanto se aguarda a execução de uma das operações enumeradas de D1 a D14 (com exclusão do armazenamento temporário, antes da recolha, no local onde é efetuada)
Mistura de RCD não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	283 964	

Reutilização da totalidade do volume de terras escavado (26 300 m^3) para preenchimento de espaços que posteriormente seriam áreas ajardinadas na obra em questão e noutra obra da empresa construtora para os mesmos fins.

6.4 CÁLCULO DE INDICADORES

Os casos de estudo selecionados foram obtidos através de outros documentos disponibilizados pelo que a informação relativa a estes não é suficientemente detalhada para que seja possível

calcular todos os indicadores definidos no capítulo anterior. Como tal, serão analisados os indicadores apresentados na Tabela 6.9.

Tabela 6.9 – Descrição dos indicadores analisados nas duas obras

Indicadores analisados	Número
Produção de RCD	I.1
Constituição de RCD	I.2
Conformidade dos índices de referência	I.3
Destinos Finais	I.5
Triagem	I.6

Para as obras reais em estudo foi necessário proceder-se a uma adaptação de alguns dos indicadores possíveis de analisar em função dos dados disponibilizados.
Para o cálculo do I.1, foram somadas as diferentes quantidades de RCD produzidos durante as empreitadas em questão, sendo que foram excluídos os solos e rochas produzidos durante estas, visto não ser possível determinar o fator de conversão volume para peso do caso de estudo 2. De seguida apresentam-se as tabelas 6.10 e 6.11 onde são demonstrados os dados necessários para o cálculo do I.1 e o seu respetivo valor para as obras em questão, respetivamente.

Tabela 6.10 – Produção total de RCD (ton/m2)

Caso de estudo	Área de construção (m2)	Quantidade total de RCD produzido (ton)
1	1243,81	93,68
2	38760	2073,31

Caso de estudo	Produção total de RCD (ton/m2)
1	0,0753
2	0,053

Face aos valores obtidos, observa-se que o caso de estudo 1 apresenta um valor superior comparativamente ao do caso de estudo 2, o que poderá ser facilmente explicado pelas atividades desenvolvidas no prazo de tempo em análise para cada uma destas, pois no caso de estudo 1 estão incluídos os trabalhos de demolição do edifício existente previamente no local com adição da fase de execução da estrutura do edifício e das alvenarias, sendo que relativamente ao caso de estudo 2 só estão incluídos os trabalhos de construção do edifício daí a diferença relativamente significativa entre os valores obtidos pois como já foi referido nos capítulos anteriores, é na fase de demolição que se obtêm maiores quantidades de produção de RCD.

De seguida apresentam-se a Tabela 6.11 e a Tabela 6.12 onde são calculados os indicadores I2 e I5, correspondentes à constituição e destinos finais de RCD, respetivamente. Foi elaborada uma adaptação destes indicadores à informação disponibilizada nos dois casos de estudo em análise de forma a que seja possível efetuar uma comparação apropriada entre estes. Não foram tidas em conta as quantidades referentes aos solos/rochas visto que no caso de estudo 1 o valor referente aos solos/rochas escavados é sob a forma de volume e seria necessário o seu valor referente ao peso, faltando o devido fator de conversão. De realçar que os valores obtidos na tabela 6.12 não são os que reproduzem efetivamente o que sucedeu em obra visto que os dados referentes aos destinos finais identifica as operações de gestão definidas em função do tipo de resíduo produzido, sendo que existem alguns tipos de resíduos (misturas de RCD e misturas de inertes) onde são identificadas duas operações e não são definidas as diferentes percentagens, pelo que se utilizou

uma % de 70% deste tipo de resíduos destinados para valorização e os restantes 30% para eliminação visto este empreendimento ser certificado ao nível da construção, sustentabilidade e qualidade técnica. Este valor foi utilizado tendo como referência a meta de 70% de valorização de RCD estabelecida pela União Europeia para 2020.

Tabela 6.11 – Constituição de RCD

Constituição de RCD	Caso de Estudo 1 (%)	Caso de Estudo 2 (%)
Inertes	76,48 (71,65 ton)	1,31 (27,14 ton)
Mistura RCD	6.03 (5,65 ton)	90,17 (1 869,42 ton)
Embalagens papel/cartão	0,46 (0,434 ton)	2,07 (42,89 ton)
Madeira	12,69 (11,89 ton)	5,16 (107,12 ton)
Plásticos	0,04 (0,036 ton)	0,84 (17,48 ton)
Outros	4,3 (4,02 ton)	0,45 (9,26 ton)

Tabela 6.12 – Destinos finais selecionados

Destino finais de RCD	Caso de Estudo 1 (%)	Caso de Estudo 2 (%)
Valorização	96,23 (90,15 ton)	72,47 (1502,6 ton)
Eliminação	3,77 (3,53 ton)	27,53 (570,71 ton)

Pela análise dos resultados obtidos nos dois indicadores, I2 e I5 é possível concluir que a obra do caso de estudo 1 é mais sustentável do ponto de vista do destino final dos resíduos produzidos, o que poderá ser facilmente explicado pela percentagem elevada de inertes na constituição de RCD produzidos ao contrário do caso de estudo 2 onde a principal fração de resíduos produzidos é referente à mistura de RCD.

De seguida, apresenta-se a Tabela 6.13 onde é calculado o indicador I.4 referente à conformidade dos indicadores de referência utilizados para a estimativa da quantificação de RCD produzidos.

Tabela 6.13 – Desvios de quantificação de produção de RCD entre a prevista e a realmente produzida

Caso de Estudo	Estimativa produção total RCD(ton)	Produção real total de RCD(ton)	Diferença (ton)	Desvio (%)
1	37,1	93,68	56,58	60,4
2	2883,744	2095,566	-788,178	37,61

Através da análise dos resultados obtidos para o indicador I.4, importa salientar que as diferenças de produção de RCD realmente produzidas e as estimadas poderá ser devida a várias razões, tais como, alterações referentes ao projeto de execução, alteração de materiais selecionados e adoção de indicadores de referência desapropriados para o caso de estudo em análise. Pode-se concluir facilmente que os indicadores de referência utilizados pelo caso de estudo 2 foram mais apropriados aos processos construtivos selecionados para a execução da empreitada. De um ponto de vista de dimensionamento das diferentes instalações necessárias para a correta gestão de RCD é preferível que a quantidade de RCD estimados sejam por excesso apesar dos custos extra inerentes, pois por defeito estas serão insuficientes e posteriormente poderá ser difícil aumentar a dimensão destas.

Por fim, calcula-se o indicador referente à triagem efetuada em obra, I.6. De seguida apresentam-se os valores obtidos para este indicador.

Tabela 6.14 – Quantidade de misturas de RCD presentes na composição de RCD

Caso de Estudo	Mistura de RCD produzido (ton)	Produção total de RCD (ton)	Misturas de RCD (%)
1	5,65	93,68	6,03
2	1869,42	2073,31	90,17

Os valores obtidos para este indicador nos 2 casos de estudo em análise são bastante diferentes, tendo o caso de estudo 2 como sua principal fração constituinte de RCD produzido as misturas de RCD, podendo se concluir que a triagem em obra não é elaborada com grande eficácia que poderá ser devido a inúmeros fatores, tais como, falta de meios e espaço para que a triagem seja elaborada em obra, dificuldade de elaboração de triagem em obra devido aos materiais utilizados, etc. Pelo contrário, o caso de estudo 1 representa um valor consideravelmente baixo, pelo que se pode concluir que a triagem em obra é elaborada com grande eficácia, não possuindo grandes quantidades de misturas de RCD, isto é, resíduos com mais que 1 categoria LER associada.

6.5 Critérios de Ponderação

Para uma análise mais elaborada do resultado do índice de sustentabilidade, definiram-se alguns cenários alvos do estudo, supondo diferentes limitações para área de implementação do estaleiro e diferentes objetivos do dono de obra. Na Tabela 6.15 são definidos os diferentes cenários alvos do estudo e na Tabela 6.16 as ponderações atribuídas consoante os respetivos cenários.

Para o cálculo do índice de sustentabilidade é necessária a pontuação dos indicadores, pelo que de seguida é apresentada uma proposta de pontuação. Não foi utilizado o indicador I2, referente à constituição de RCD produzido em obra, no cálculo do índice de sustentabilidade, visto que este é meramente informativo e dependente dos materiais utilizados nas empreitadas, no entanto, é bastante importante o seu conhecimento por diversas razões, tais como, a seleção dos meios de acondicionamento necessários tendo em conta a tipologia de RCD existente, a seleção do destino final, etc.

Tabela 6.15 – Cenários em análise

Cenários	Caso Estudo 1	Caso Estudo 2
1	Não há limitações de área a registar na implementação do estaleiro	Área limitada para implementação do estaleiro
2	Área limitada para implementação do estaleiro	
3	Não existência de informação referente a gestão de RCD de empreitadas semelhantes com boa gestão de RCD	Existência de informação de empreitadas semelhantes com gestão de RCD
4	Existência de informação de obras do mesmo tipo de construções e estrutura com gestão de RCD	
5	Média Ponderada de todos os indicadores	

Na Tabela 6.16 são determinados os diferentes pesos atribuídos aos diferentes indicadores calculados consoante os cenários definidos na Tabela 6.15. Assim no cenário 1, são atribuídos iguais pesos aos diferentes indicadores no caso de estudo 1 visto não existirem condicionantes. No entanto, no caso de estudo 2 existem limitações na área para implementação do estaleiro pelo que deverão ser privilegiadas medidas de prevenção de RCD, e assim foi atribuído um maior peso ao indicador relativo à produção de RCD e um menor peso atribuído à triagem em obra devido às condicionantes existentes.

No cenário 2, foram atribuídos os mesmos pesos para os diferentes indicadores do caso de estudo 2 no cenário 1, visto a condicionante ser a mesma, a limitação de área para implementação do estaleiro.

No cenário 3, uma vez que a condicionante é a existência ou não de informação de empreitadas semelhantes na gestão de RCD, foi atribuído um maior peso ao indicador relativo à produção de RCD, à triagem em obra e aos destinos finais dos resíduos quando existe este tipo de informação. Quando existe este tipo de informação é atribuído um maior peso ao indicador de triagem em obra e ao indicador de conformidade dos indicadores de referência utilizados, conforme verificado na Tabela 6.16 no caso de estudo 2 do cenário 3 e no cenário 4.

No cenário 5, são atribuídos pesos iguais aos indicadores utilizados visto ser utilizada uma média ponderada de todos os indicadores neste cenário.

Tabela 6.16 – Ponderação atribuída aos diferentes cenários

Indicadores	Cenário 1		Cenário 2	Cenário 3		Cenário 4	Cenário 5
	Caso Estudo 1	Caso Estudo 2	Ponderação (%)	Caso Estudo 1	Caso Estudo 2	Ponderação (%)	Ponderação (%)
I.1	25	45	45	35	20	20	25
I.4	25	25	25	5	30	30	25
I.5	25	25	25	30	20	20	25
I.6	25	5	5	30	30	30	25

No que respeita ao indicador I.1, correspondente à produção total de RCD é proposto um critério de pontuação expresso na Tabela 6.17, tendo em consideração os indicadores de produção de RCD existentes em construções de edifícios de betão armado.

Tabela 6.17 – Pontuação do indicador relativo à produção de RCD

Critério de Pontuação	Pontuação
Produção de RCD até 10 kg/m2	1
Produção de RCD de 10 kg/m2 – 35 kg/m2	2
Produção de RCD de 35 kg/m2 – 60 kg/m2	3
Produção de RCD de 60 kg/m2 – 85 kg/m2	4
Produção de RCD superior a 85 kg/m2	5

No caso dos indicadores correspondentes á conformidade dos indicadores de referências utilizados para a estimativa de produção de RCD e á triagem efetuada em obra, I4 e I6, respetivamente, são propostas a adoção das pontuações expressas nas Tabela 6.18 e Tabela 6.19.

Tabela 6.18 – Pontuação do indicador relativo à conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD

Critério de Pontuação	Pontuação
Desvios até 25% da quantidade total de RCD produzida	1
Desvios entre 25%-50% da quantidade total de RCD produzida	2
Desvios entre 50%-75% da quantidade total de RCD produzida	3
Desvios até 75%-100% da quantidade total de RCD produzida	4
Desvios superiores a 100% da quantidade total de RCD produzida	5

Tabela 6.19 – Pontuação do indicador relativo à triagem em obra

Critério de Pontuaçã	Pontuação
Mistura de RCD's até 20%	1
Mistura de RCD's entre 20%-40%	2
Mistura de RCD's entre 40%-60%	3
Mistura de RCD's entre 60%-80%	4
Mistura de RCD's entre 80%-100%	5

No que respeita ao indicador I.5 que avalia a seleção dos destinos finais para onde são enviados os RCD, esta foi elaborada tendo em consideração os destinos selecionados nos dois casos de estudo (Valorização e Eliminação) e o princípio referente à hierarquia de resíduos, estando definida na Tabela 6.20.

Tabela 6.20 – Pontuação do indicador relativo ao destino final de RCD

Critério de Pontuação	Pontuação
Valorização entre 50%-60%	5
Valorização entre 60%-70%	4
Valorização entre 70%-80%	3
Valorização entre 80%-90%	2
Valorização entre 90%-100%	1

Após a atribuição das pontuações propostas aos diferentes indicadores é obtida a pontuação expressa para cada caso de estudo na Tabela 6.21.

Tabela 6.21 – Pontuação dos indicadores

Indicadores	Caso Estudo 1	Caso Estudo 2
I.1	4	3
I.4	3	2
I.5	1	2
I.6	1	5

De seguida, concluída a pontuação dos diferentes indicadores deverão ser multiplicados pela respetiva ponderação associada a cada cenário proposto de modo a obter o resultado do índice de sustentabilidade na gestão de RCD.

Tabela 6.22 – Resultados de sustentabilidade na gestão de RCD

Cenários	Caso Estudo 1	Caso Estudo 2
1	225	260
2	305	260
3	215	310
4	220	310
5	225	300

Verifica-se, que a consideração de diferentes cenários, aplicando diferentes critérios de ponderação aos indicadores influencia o resultado do índice de sustentabilidade do ponto de vista de gestão de RCD, podendo mesmo resultar em empreitadas mais sustentáveis num determinado cenário e menos noutros.

Relativamente ao cenário 1, a obra com a gestão de RCD mais sustentável foi a do caso de estudo 1. Neste cenário, a empreitada do caso de estudo 2 encontra-se com limitações de área para implementação do estaleiro, pelo que o responsável pela gestão de RCD deverá optar pela implementação de medidas de minimização de produção de RCD, sendo por isso o indicador referente à produção de RCD com o maior peso perante este cenário, pelo contrário, o indicador referente à triagem em obra será o que tem menor peso devido às dificuldades existentes para implementação de instalações necessárias para a realização de triagem em obra devido à falta de espaço para estas.

No que respeita ao cenário 2, são criadas limitações de área para implementação do estaleiro dos dois casos estudo. Neste cenário, a obra com a gestão de RCD mais sustentável foi a do caso de estudo 2.

No caso do cenário 3, foi colocada a hipótese das diferentes empresas construtoras possuírem ou não dados relativos a empreitadas anteriores relativas à gestão de RCD. Deste modo, ao caso de estudo 1 foi proposto que a empresa construtora não possuía dados de empreitadas anteriores relativas à gestão de RCD pelo que será necessário atribuir um menor peso ao indicador relativo à conformidade dos indicadores de referência de produção de RCD e um maior peso aos restantes indicadores, sendo que o responsável pela gestão de RCD deverá optar pela minimização de produção de RCD e por isso é atribuído o maior peso ao indicador referente à produção de RCD. Quanto ao caso de estudo 2, onde foi considerada a existência de dados de obras anteriores referente à gestão de RCD, o responsável pela gestão de RCD deverá fazer uso desses dados e selecionar os mais relevantes e adequados para a empreitada em questão, pelo que deverá atribuído um maior peso ao indicador relativo à conformidade de indicadores de referência de produção de RCD e á triagem em obra. Neste cenário, a obra com gestão de RCD mais sustentável foi a do caso de estudo 1.

Relativamente ao cenário 4, foi considerado a existência de dados de empreitadas anteriores das empresas construtoras dos dois casos de estudo. Neste cenário, a obra com gestão de RCD mais sustentável é a do caso de estudo 1.

No que respeita ao cenário 5, não existiu qualquer distinção entre os indicadores calculados, atribuindo a mesma ponderação para estes, resultando num índice de sustentabilidade superior para o caso de estudo 1, podendo-se concluir que esta é a que possui indicadores com valores mais sustentáveis de um modo global.

De uma maneira geral, a obra do caso de estudo 1 possui uma gestão de RCD mais sustentável que a obra do caso de estudo 2, em grande parte, devido à elevada percentagem de misturas de RCD na constituição de RCD produzido o que faz com que o indicador referente à triagem em obra possua a pontuação mais desfavorável ao contrário da obra do caso de estudo 1 em que a mistura de RCD é bastante reduzida. Sendo que a obra do caso de estudo 2 só é mais sustentável que a do caso de estudo 1 caso se coloque a hipótese de que as duas obras tinham limitações de área para a implementação do estaleiro, correspondente ao cenário 2.

Estes resultados não são completamente fiáveis visto que a empreitada do caso de estudo 1 engloba a demolição e construção, enquanto a do caso de estudo 2 é só referente à construção de um edifício e como já foi referido anteriormente, estes indicadores deverão ser comparáveis quando as empreitadas se encontram na mesma fase de ciclo de vida. A falta de dados referentes à gestão de RCD das empreitadas tornou impossível o cálculo de mais indicadores propostos no capítulo anterior, o que poderia influenciar o resultado do índice de sustentabilidade. Para além disso, a fiabilidade dos dados é outro aspeto que deverá ter sido em conta, pois na obra do caso de estudo 2 não são registados todos os resíduos produzidos em obra, mas só aqueles que foram transportados por operador de gestão, o que poderá originar um falseamento de resultados.

6.6. Melhorias à proposta de indicadores

Para uma melhor análise dos indicadores de sustentabilidade é necessário que exista o registo contínuo de dados relativos à gestão de RCD e a sua monitorização para que estes sejam o mais completo possíveis e fiáveis para que seja possível obter o correto índice de sustentabilidade e assim ser possível efetuar a comparação entre diferentes obras. Assim sendo, quando as empreitadas são de uma grande dimensão, é importante que o responsável de gestão de RCD nomeie um ou mais responsáveis pelo registo contínuo dos dados, visto esta ser uma etapa fundamental para que cada vez as empreitadas realizadas se tornem mais sustentáveis, aproveitando as medidas positivas implementadas anteriormente e evitando aquelas que não produziam efeitos positivos. Quanto mais completa for a informação relativa à gestão de RCD mais fiável será o resultado do índice de sustentabilidade de uma dada empreitada.

Relativamente aos indicadores qualitativos, onde é necessária a resposta a algumas perguntas, estes deverão ser realizados à totalidade de intervenientes para uma maior fiabilidade dos dados. O indicador de contaminação ambiental poderia ser obtido através da realização de ações de monitorização, como ensaios, antes do inicio da empreitada e durante esta para que seja possível verificar os efeitos da empreitada no ambiente, no entanto, esta opção seria bastante dispendiosa pelo que se optou por um inquérito às pessoas que viviam nas redondezas para ter uma noção do efeito da empreitada no ambiente e nas suas vidas, mais especificamente ao nível da poluição sonora, visual, ambiental e constrangimentos na vida das pessoas das imediações.

Como foi verificado anteriormente, os critérios de ponderação podem influenciar significativamente o índice de sustentabilidade na gestão de RCD, pelo que se deverá ter o máximo de conhecimento das diferentes condicionantes tais como os objetivos do dono de obra, as características da localidade onde irá ser elaborada a empreitada e o conhecimento/experiência da empresa construtora e do diretor de obra relativamente à gestão de RCD, que poderá ser verificado através das empreitadas anteriores realizadas por estes.

Os indicadores definidos no capítulo anterior deverão ser calculados de forma periódica e sempre que o responsável pela gestão de RCD o exigir, estes deverão ser sujeitos a uma melhoria contínua através da sua aplicação e ser facilmente adaptáveis às empreitadas em análise.

7
CONCLUSÕES

7.1 Considerações finais

Com a elaboração da presente dissertação procurou-se analisar o papel do diretor de obra no incremento de sustentabilidade no setor da construção civil, mais pormenorizadamente, na gestão de RCD.

Foram identificados os diversos impactos decorrentes do setor da construção civil, ao nível do ambiente, sociedade e economia, demonstrando a necessidade de substituição do modelo atual de desenvolvimento deste setor, devido ao desequilíbrio entre as vertentes do desenvolvimento sustentável, sendo a vertente económica aquela que possui maior importância atualmente. A produção de RCD gera uma elevada poluição, pelo que é necessário definir os melhores métodos a utilizar na sua gestão para a minimização dos impactos ambientais decorrentes da sua produção. O consumo excessivo de matérias-primas é um dos temas em grande destaque nos dias de hoje, que poderá ser resolvido através da correta gestão de RCD, diminuindo assim a necessidade de extração de novos produtos.

É necessário que haja uma consciencialização por parte de todos os intervenientes ao longo de toda a cadeia produtiva do setor da construção civil para a substituição do atual modelo de desenvolvimento deste setor. Sendo o diretor de obra, o responsável máximo no estaleiro de obras, é necessário que este transmita a informação necessária a todos os intervenientes de forma precisa e os motive para a adoção de medidas de que valorizem a construção sustentável.

Na União Europeia, a relevância dada a esta problemática é variada, pelo que países como Holanda e Alemanha possuem elevadas taxas de reaproveitamento dos RCD, enquanto que países como Portugal, a deposição destes em aterro continua a ser o destino final predileto. Os governos de cada países poderão ser uma ajuda através da imposição de taxas elevadas na deposição de resíduos em aterro e na isenção e benefícios fiscais atribuídas às empresas de construção civil que possuam elevadas taxas de reaproveitamento de RCD.

Foi definido um guia de procedimentos a adotar com o intuito de implementar uma gestão de RCD de forma sustentável, ao longo das diversas fases de ciclo de vida de uma obra, através do estudo da legislação aplicável aos resíduos e da consulta de boas práticas de gestão de RCD. Esta gestão deverá ter início na fase de planeamento, visto que é nesta fase, que são definidos os

materiais de construção, os processos construtivos, mão-de-obra e equipamentos necessários, ou seja, é nesta fase que se tomam as principais decisões. Durante o planeamento de uma obra, deverão ser levadas em consideração as três vertentes do desenvolvimento sustentável, de acordo com as condicionantes locais existentes e definir as prioridades a ter em conta. Na fase de execução, deverão os trabalhos executados ser constantemente monitorizados de forma a verificar se estes estão a ser executados conforme planeados, caso existam não conformidades, deverá proceder-se à implementação de medidas corretivas. É essencial que exista um registo contínuo da informação referente à gestão de RCD, para posteriormente à fase de execução, serem analisadas as medidas tomadas e para que em obras seguintes, sejam implementadas as medidas que contribuíram para uma melhor gestão de RCD, contribuindo assim para uma melhoria contínua por parte da empresa.

De forma a avaliar a sustentabilidade na gestão de RCD, é necessária a aplicação de métodos que sejam capazes de comparar a sustentabilidade em diferentes obras e diferentes soluções, de modo, a averiguar qual a obra e as soluções que permitem obter um equilíbrio entre as três vertentes do desenvolvimento sustentável, tendo em consideração as condicionantes locais existentes, pelo que será necessário a definição de critérios de ponderação.

Foram selecionadas duas obras de construção civil para testar a aplicabilidade dos indicadores propostos, sendo que devido à falta de informação disponível referente à gestão de RCD, só foram testados alguns indicadores. Outra das dificuldades enfrentadas foi a falta de estudos relativamente à previsão da quantificação de resíduos.

Através do sucessivo cálculo dos indicadores propostos é possível obter valores de referência, tendo em consideração o tipo de obra, as condicionantes locais existentes, fase de ciclo de vida da obra, métodos construtivos selecionados, experiência da empresa/diretor de obra, entre outros fatores. O cálculo dos indicadores nas duas obras selecionadas evidenciou a importância dos critérios de ponderação, pois estes podem influenciar significativamente o resultado do índice de sustentabilidade.

Propõe-se assim que, no futuro, sejam desenvolvidos métodos de avaliação de sustentabilidade para outros campos de atuação por parte do diretor de obra, como a organização do estaleiro e a contratação de subempreitadas por exemplo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Pinheiro, D., *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, Lisboa, 2006

[2] Mateus, R., Bragança, L., *Tecnologias Construtivas para Sustentabilidade da Construção*. Edições ECOPY, Porto, 2006

[3] Pereira, P., *Construção Sustentável, o desafio*.

{4] Mateus, R., *Novas Tecnologias Construtivas com vista à sustentabilidade da Construção*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Minho, 2004

[5] Graham, P., *Building Ecology first principles for a suistanable built environment*. Blackwell Science, Oxford, 2003.

[6] Berge, B., *The Ecology of building materials*. Architectural Press, Amsterdam, 2001

[7] Leonard, B., *Report card for America's Infrasctructure*. ASCE, 2009. http://region9.asce.org/files/pdf/report-card-ASCE-Blaine- leonard.pdf

[8] Duarte, B., *Preocupações de sustentabilidade e especificações técnicas de Obras*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009

[9] Silva, V., *Avaliação de sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros : diretrizes e base metodológica*. Dissertação de doutoramento, Escola Politécnica da Universidade de S. Paulo, 2004

[10] Hegger, F., Stark, Z., *Energy Manual: Sustainable Architecture Detail*. Munich, 2008

[11] Neves, S., *Estudo da aplicabilidade de sistemas construtivos no desempenho da sustentabilidade na engenharia civil*. Dissertação de mestrado, Instituto Superior Técnico, 2011

[12] Jalali, S., Torgal, F., *Construção Sustentável - O caso dos materiais de construção.* Congresso Construção 2007 – 3º Congresso Nacional 17 a 19 Dezemebro, Universidade Coimbra

[13] Rocha, M., *Proposta de indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD*. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia do Porto, 2012

[14] http://participa.pt/pt/aeroporto-do-montijo-e-respetivas-acessibilidades. Data de acesso: 13 de Março de 2020

[15] Pacheco, T., F. & Jalali S., *A sustentabilidade dos materiais de construção*. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2010 .

[16] Partidário, M., *Guia de Boas Práticas para Avaliação Ambiental Estratégica – Orientações Metodológicas*

[17] http://ua.pt/idad/avaliação_ambiental_estrategica?ref=IDOEECA/IDOEFECA. Data de acesso: 17 de Março de 2020

[18] LiderA – http://www.lidera.info/. Data de acesso: 23 de Março de 2020

[19] Edwards, B., *O guia básico para a sustentabilidade*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008

[20] Meira, A., *Direção Obra – Preparação Individual, A internacionalização*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2012

[21] Comissão Europeia, Guia de Boas Práticas não vinculativo para a compreensão e aplicação da diretiva 92/57/CEE 2010

[22] Coutinho, J., *Análise de um guia de procedimentos na construção – proposta para direção de obra.* Dissertação de mestrado, FEUP, 2013

[23] Cardoso, J., *Direção de Obra: Organização e controlo*. Biblioteca AECOPS, Lisboa, 2007

[24] Reis, A., *Organização e gestão de obras*, Edições Técnicas ETL LDª, Lisboa, 2009

[25] Acetatos da Unidade Curricular "Gestão de Obras e Segurança". Mestrado Integrado em Engenharia Civil, FEUP, 2008

[26] Faria, J., *Gestão de Obras e Segurança*, AEFEUP, 2010

[27] Jackson, B., *Construction Management Jumpstart*, Wiley Publishing, Inc, Indiana, 2010

[28] http://amigonerd.net/exatas/engenharia/a-importancia-da-segurança-do-trabalho-a - construção-civil Data de acesso: 2 de Abril de 2020

[29] Decreto-Lei nº 273/2003 de 29 de Outubro, 1ª Séria-nº251

[30] http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_14000 Data de acesso: 7 de Abril de 2020

[31] http://pt.wikipedia.org/wiki/ISO_14000. Data de acesso: 7 de Abril de 2020

[32] Mendes, D., *Construção de Edifícios – Preparação Inicial de obra : Estudo de Caso*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2012

[33] Correia dos Reis, A., *Organização e Gestão de Obras*, Edicões Técnicas E.T.L, Lisboa, 2010

[34] Mota Cardoso, J.M., *Direção de Obra – Organização e Controlo*, Biblioteca AECOPS, Lisboa, 1985

[35] Rodovalho Pereira, S., *Os subempreiteiros, a Tecnologia Construtiva e a Gestão dos Recurso Humanos nos canteiros de obras de edifícios*, Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de S.Paulo, 2013

[36] Augusto Choma, A., Carstens Choma, A., *Como gerenciar contratos com empreiteiros – Manual de gestão de empreiteiros na construção Civil*, PINI, São Paulo, 2015

[37] Jesus, M., *Critérios Ambientais para seleção de materiais na construção Civil*, Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Minas Gerais, 2013

[38] Decreto-Lei nº 178/2006

[39] Decreto-Lei nº 46/2008

[40] Karpinsk, L., Pandolfo, A., Reinerh, R., Guimarães, J., Pandolfo, L.M & Kurek, J., *Gestão diferenciada de resíduos na construção civil: Uma Abordagem Ambiental*, ediPUCRS, Porto Alegre, 2009

[41] Filho, J.A & Graudenz, G.S., *Destinação Irregular de RCD e seus impactos na saúde coletiva*, RGSA – Revista de Gestão social e ambiental, São Paulo, v.6, n.1, p.127-142, Jan/abril 2012

[42] Semikina, D., *Plataforma de gestão e reutilização de RCD*, Dissertação de Mestrado, FEUP, 2016

[43] European Comission, Service Contract on Management of Construction and Demolition, Waste-SRI, Report, IEFF, 2001

[44] Hagen, K., *Deconstruction as na alternativo to demolition – Helping the environment, creating jobs and saving resources*, 2007

[45] Brito, J., Freire, L., *Custos e benefícios da demolição seletiva*, Congresso Nacional da construção, vol.2, Lisboa

[46] Kibert, C., Chini, A., *Meeting "Overview of deconstruction in selected countries",* CIB Report N252, Editors University of Florida, 2000

[47] Lopes, M., *Implementação da desconstrução na Indústria Nacional*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2013

[48[Manual de desconstrucció, Intitut de tecnologia de la construcció de Catalanuya, Generalitat de Catalunya, Department de Medi Ambient, Junta de Residus, 1ª edició, Catalunya, 1995

[49] Webster, M.D., Gumpertz, S., Costello, DT., *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*, Green Building Conference, Atlanta, 2005

[50] Ruivo, J & Veiga, Joao, *RCD: Estratégia para um modelo de gestão*, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004

[51] http://www.consultoriaiso.org/norma-e-os-requisitos-da-ISO-14001 Data de acesso: 20 de Abril de 2020

[52] Cabaço, L., *Resíduos de Construção Civil – Caso de Estudo : Construção de uma via ferroviária,* Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2009

[53] Sousa, H., *Construção e Sustentabilidade*, Congresso CONCRETA: Reabilitar/Habitar, Porto, 2009

[54] Bragança, L., Mateus, R., Gouveia, M., *Construção Sustentável : O novo paradigma do setor da construção*

[55] http://csustentavel.com/principios Data de acesso: 2 de Maio de 2020

[56] https://www.breeam.com/discover/how-breeam-certification-works/ Data de acesso: 3 de Maio de 2020

[57] Konstantinovas, B., Bento, N., Sanches, T., *Economia Circular no setor da Construção Civil II – Sistemas construtivos mais circulares*, Estudos para uma Região RICA, 2009

[58] http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=273 Data de acesso: 15 de Maio de 2020

[59] http://denios.pt/shop/armazenamento-de-substancias-perigosas/bacias-de-retençao Data de acesso: 17 de Maio de 2020

[60] http://www.silogr.apambiente.pt Data de acesso: 20 de Maio de 2020

[61] Godinho, C., *Gestão integrada de resíduos de construção e demolição – Análise de casos de estudo*, Dissertação de Mestrado, ISEL, 2011

[62] Leonardo, M., *Aplicação do plano de prevenção e gestão numa obra de construção civil*, Universidade Açores, 2012

[63] Mália, M., *Indicadores de RCD*, Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, 2010

[64] GTZ-Holcim, Reuse and recycling of Construction and demolition waste, 2007

[65] Relatório do setor da construção em Portugal, InCI, 2009
http://www.inci.pt/Portugues/inci/EstudosRelatoriosSectoriais/EstudosRelatrios%20Sectoriais/RelatoriodaConstrucao2009.pdf

[66] Ferreira, J., *Indicadores de sustentabilidade nas empresas de construção civil*, Dissertação de mestrado, Técnico de Lisboa, 2016

[67] Lima, L., *Otimização da gestão de subempreitadas na construção*, Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2014

[68] Bargão, N., *Guia do Diretor de Obra na área de segurança*, Dissertação de mestrado, FEUP, 2013

[69] https://www.ecopassivehouses.pt/etiquetas-para-materiais/ Data de acesso: 23 de Maio de 2020

[70] Carvalho, H., Scheer, S., *A utilização de modelos BIM na gestão de RCD*, VII Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 2015

[71] Gestão de Resíduos na Construção Civil : Redução, Reutilização, Reciclagem, http://www.fieb.org.br/Adm/Conteudo/uploads/Livro-Gestao-de-Residuos_id_177__xbc2901938cc24e5fb98ef2d11ba92fc3_2692013165855_.pdf

[72] https://renascimento.pt/residuos-construcao Data de acesso: 30 de Maio de 2020

[73] APA, *Guia de Boas práticas para adequada gestão de RCD*, v02, 2019

[74] Ferreira, C., *Resíduos de Construção e Demolição – Índices de Produção*, FCUP, 2013