

# **PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

**MARIANA PEREIRA DA ROCHA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Alfredo Augusto Vieira Soeiro

JULHO DE 2012

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto: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](mailto: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 - 2011/2012- Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

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.

À minha Família,

*"Na natureza nada se cria, nada se perde, tudo se transforma".*

*Lavoisier*



## **AGRADECIMENTOS**

A realização deste trabalho, não seria possível sem a prestimosa colaboração de algumas pessoas, a quem manifesto os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar, quero agradecer ao Professor Doutor Alfredo Soeiro todo o apoio e orientação ao longo da elaboração deste trabalho, sem o qual a sua realização jamais seria possível, com realce para a permanente disponibilidade na partilha dos seus imensos conhecimentos.

Agradeço também, à Engenheira Eloísa Cepinha, ao Engenheiro Jorge Príncipe e ao Engenheiro Patrique Alves, toda a disponibilidade para o esclarecimento de dúvidas.

Ao Nuno, por todas as opiniões, incentivo e pelo apoio que sempre me deu ao longo de todo este tempo.

A todos os meus amigos agradeço o companheirismo, que foi fundamental para ultrapassar muitas das dificuldades que se me depararam.

Agradeço também aos meus pais e à minha irmã, meus amigos e companheiros, pela ajuda e apoio que sempre me deram nos momentos difíceis.



## **RESUMO**

A indústria da construção é responsável por elevados impactes ambientais, económicos e sociais, pelo que se torna necessário adotar uma mudança de comportamentos, implementando medidas de melhoria nas diferentes vertentes da sustentabilidade.

A elevada produção de resíduos de construção e demolição, constitui uma das principais preocupações a considerar pelos responsáveis da construção civil, visto este setor contribuir de forma significativa para a sua produção. Assim, mostra-se fundamental adotar, no decorrer do processo construtivo, práticas que visem o desenvolvimento sustentável na sua gestão.

Na presente dissertação, define-se um conjunto de práticas que permitem a adoção de políticas sustentáveis na gestão dos RCD, tendo em consideração aspetos complementares à legislação aplicável. Estas práticas devem ser pensadas antecipadamente ao processo construtivo para prever limitações que possam condicionar esta gestão.

Apresenta-se, também, um conjunto de indicadores que avaliam a sustentabilidade ao nível desta gestão, em diferentes tipos de obras. É importante ter em consideração o diferente grau de dificuldade em obras de construção, demolição e reabilitação, pois a quantidade de resíduos produzidos é bastante diferente. Os resultados obtidos através do cálculo dos indicadores de sustentabilidade não devem ser comparados entre obras de diferentes tipos.

Testando a aplicabilidade da referida proposta, comparou-se o resultado de alguns dos indicadores calculados e concluiu-se que a ponderação atribuída a cada um, influencia de modo significativo a interpretação dos resultados. Deste modo, é importante clarificar as diferentes situações em que se realiza a obra bem como os objetivos da empresa construtora. A profundidade do estudo foi limitada pelo registo de dados disponibilizados pela empresa construtora.

O desenvolvimento de sistemas de indicadores, como o que será proposto, permite analisar a sustentabilidade em obra e ao mesmo tempo, melhorar as práticas implementadas.

**PALAVRAS – CHAVE:** Sustentabilidade, Resíduos de Construção e Demolição, Desenvolvimento sustentável, Gestão de RCD, Indicadores de sustentabilidade, Ponderação



## **ABSTRACT**

The construction industry causes high environmental, economic and social impacts. Therefore it is necessary to adopt a different approach, implementing improvement measures in the different areas of sustainability.

The high production of construction and demolition waste is a major concern to the people responsible for construction, as this sector contributes significantly to its production. Therefore, it is crucial to adopt practices that aim the sustainable development of waste management during the construction process.

In this thesis, a set of practices to allow the adoption of sustainable policies in the management of construction and demolition waste is defined, taking into account complementary aspects to the legislation. These practices should be designed before the construction process to provide for limitations that may constrain this management.

This thesis also presents a group of indicators to assess sustainability in terms of management in different kinds of constructions. It is important to take into account the different degree of difficulty of construction, demolition and rehabilitation, because the amount of waste produced is quite different. The results obtained by calculating the indicators of sustainability should not be compared between different types of constructions.

To test the applicability of this proposal some of the indicators calculated are compared. It was found that the weighting of each indicator significantly influence the results. Thus, it is important to clarify the different situations in which the construction is realized as well as the goals of the contractor. The depth of the study was limited by the data provided by the contractor.

The development of indicator systems allows the analysis of sustainability in construction and, at the same time, improves the practices implemented.

**KEYWORDS:** Sustainability, Construction and Demolition Waste, Sustainable Development, Waste Management, Sustainability indicators, Weighting



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL .....	1
1.2. OBJETIVOS .....	1
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	2
<b>2. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO</b> .....	3
2.1. INTRODUÇÃO .....	3
2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	3
2.2.1. CONCEITO E EVOLUÇÃO .....	3
2.2.2. TRIPLA DIMENSÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL .....	5
2.3. A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....	6
2.3.1. ENQUADRAMENTO .....	6
2.3.2. O CONCEITO CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....	6
2.3.3. PILARES DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFÍCIOS .....	7
2.3.4. O PAPEL DOS EMPREITEIROS NA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL .....	9
2.4. IMPACTES AMBIENTAIS CAUSADOS PELA ATIVIDADE CONSTRUTIVA .....	9
2.5. ANÁLISE DO DESEMPENHO AMBIENTAL .....	11
2.5.1. ACV - ANÁLISE DO CICLO DE VIDA .....	11
2.5.2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS .....	13
2.5.2.1. BREEAM .....	13
2.5.2.2. LEED .....	14
2.5.2.3. SBTool .....	15
2.5.3. Sistema nacional: LiderA .....	17
<b>3. A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO</b> .....	23
3.1. INTRODUÇÃO .....	23
3.2. RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	23

3.2.1. CONCEITO E ORIGEM .....	23
3.2.1.1. Resíduos de construção .....	24
3.2.1.2. Resíduos de demolição .....	25
3.2.2. CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE RCD .....	25
<b>3.3. ENQUADRAMENTO LEGAL .....</b>	<b>27</b>
3.3.1. LIGAÇÃO ENTRE A LEGISLAÇÃO .....	27
3.3.2. LEGISLAÇÃO GERAL: DECRETO-LEI Nº 178/2006, DE 5 DE SETEMBRO .....	28
3.3.3. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA: DECRETO-LEI Nº 46/2008.....	29
3.3.3.1. Utilização de RCD em obra .....	30
3.3.3.2. Triagem e encaminhamento de RCD .....	30
3.3.3.3. Aplicação a obras públicas e particulares .....	31
3.3.3.4. Transporte de RCD.....	32
3.3.3.5. Licenciamento de RCD.....	33
3.3.3.6. Registo de informação sobre a gestão de RCD.....	34
3.3.3.7. Taxa de gestão de RCD .....	34
<b>4. PRÁTICAS E INDICADORES DE DESEMPENHO A APLICAR NA PREVENÇÃO E GESTÃO DE RCD.....</b>	<b>35</b>
4.1. INTRODUÇÃO .....	35
4.2. PROPOSTA DE PRÁTICAS DE PREVENÇÃO GESTÃO DE RCD.....	35
4.3. PERFIL DO RESPONSÁVEL PELA GESTÃO DE RCD.....	37
4.4. PREVENÇÃO DE RCD NA ORIGEM .....	37
4.4.1. ADOTAR PRÁTICAS QUE MINIMIZEM O DESPERDÍCIO EM OBRA.....	39
4.4.1.1. A escolha de materiais de construção .....	39
4.4.1.2. Práticas construtivas que geram menor quantidade de resíduos .....	40
4.4.1.3. Triagem e reutilização na própria obra.....	40
4.4.2. DEFINIR O ENCAMINHAMENTO DOS RCD SEGUNDO OS DIFERENTES DESTINOS .....	40
4.4.3. DETERMINAR A POSIÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE DEPÓSITO DE RCD E O NÍVEL DE TRIAGEM.....	41
4.4.4. DETERMINAR A FREQUÊNCIA DE RECOLHA DOS RCD .....	43
4.4.5. PREVER QUESTÕES RELACIONADAS COM A SEGURANÇA.....	45
4.4.6. DEFINIR MEDIDAS PARA EVITAR A CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL.....	45
4.5. FORMAR E SENSIBILIZAR INTERVENIENTES NA GESTÃO DE RCD .....	47
4.6. CONTACTAR COM OPERADORES LICENCIADOS DE RCD .....	48
4.7. INFORMAR E COORDENAR OS INTERVENIENTES NA GESTÃO DE RCD.....	48
4.8. IMPLEMENTAR A GESTÃO DE RCD EM OBRA.....	49
4.9. CONTROLAR A GESTÃO DE RCD .....	50

<b>4.10. ANÁLISE DO PROCESSO CONSTRUTIVO: CONCLUSÕES DE INTERESSE PARA A GESTÃO DE RCD</b> .....	50
<b>4.11. PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RCD</b> .....	52
4.11.1. OS INDICADORES DE DESEMPENHO.....	53
4.11.1.1. Conceito.....	53
4.11.1.2 APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE INDICADORES.....	53
4.11.1.3. Indicadores ambientais.....	55
4.11.1.4. Indicadores económicos.....	62
4.11.1.5. Indicadores sociais.....	64
4.11.2. TEMPO DE CÁLCULO DOS INDICADORES.....	65
4.11.3. DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO E PONDERAÇÃO.....	66
<b>5. CASO DE ESTUDO</b> .....	69
<b>5.1. INTRODUÇÃO</b> .....	69
<b>5.2. A GESTÃO DE RCD NA AUTOESTRADA E NO VIADUTO</b> .....	69
5.2.1. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS.....	69
5.2.1.1. Viaduto.....	69
5.2.1.2. Autoestrada.....	70
5.2.2. MEIOS DE TRIAGEM E ACONDICIONAMENTO DE RCD.....	71
5.2.3. RECOLHA DOS RCD.....	73
5.2.4. REGISTO DOS DADOS RELATIVOS À GESTÃO DE RCD.....	73
<b>5.3. CÁLCULO DE INDICADORES</b> .....	74
<b>5.4. A IMPORTÂNCIA DA PONDERAÇÃO</b> .....	76
<b>5.5. MELHORIAS À PROPOSTA DE INDICADORES</b> .....	79
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	81
6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	83



## ÍNDICE FIGURAS

Figura 2.1 – Procura de equilíbrio [7].....	4
Figura 2.2 – Objetivos do desenvolvimento sustentável [6].....	5
Figura 2.3 – Evolução das preocupações na indústria da construção [6] .....	7
Figura 2.4 – Interação entre o ambiente construído e o natural [9] .....	10
Figura 2.5 – Ciclo de vida das construções, adaptado de [6] .....	10
Figura 2.6- Áreas de análise do sistema LEED, adaptado de [17] .....	14
Figura 2.7 - Peso específico de cada área na classificação final do sistema LEED [18] .....	15
Figura 2.8 – Classificações SB Tool [6] .....	16
Figura 2.9 – Classificação LiderA [20] .....	19
Figura 2.10 - Ponderação das 22 áreas do sistema LiderA [20].....	20
Figura 2.11 - Ponderação por vertentes [20] .....	20
Figura 3.1 – Exemplo de resíduos de demolição [26].....	25
Figura 3.2 – Hierarquia da gestão de resíduos, adaptado de [26].....	28
Figura 3.3 – Fluxograma de encaminhamento dos resíduos [29].....	33
Figura 4.1 – Práticas de prevenção e de gestão de RCD, adaptado de [36] .....	36
Figura 4.2 – Práticas a considerar na prevenção e gestão de RCD.....	37
Figura 4.3 – Níveis de triagem, adaptado de [36] .....	42
Figura 4.4 - Formas de acondicionamento, adaptado de [40]. .....	42
Figura 4.5 – Práticas relativas ao planeamento da prevenção de RCD .....	47
Figura 4.6 - Registo de dados relativos à gestão de RCD.....	51
Figura 4.7 – Vantagens associadas a uma correta prevenção e gestão de RCD, adaptado de [26]...	52
Figura 4.8 – Agregação de um sistema de avaliação, adaptado de [43].....	53
Figura 4.9 – Aspetos a considerar na análise da sustentabilidade na gestão de RCD .....	54
Figura 5.1 – Armazenamento de diferentes resíduos em ambas as obras .....	71
Figura 5.2 – Armazenamento de Resíduos Perigosos .....	71
Figura 5.3 - Armazenamento temporário de RCD .....	72
Figura 5.4 – Armazenamento de produtos químicos .....	73



## ÍNDICE TABELAS

Tabela 2.1 – Influência da construção no PIB e no Emprego, adaptado de [6] .....	6
Tabela 2.2 – Fases de ACV, adaptado de [12]. .....	11
Tabela 2.3 – Normas ISO na análise ACV, adaptado de [12] .....	12
Tabela 2.4 – Versões do sistema BREEAM [15] .....	13
Tabela 2.5 – Versões do sistema LEED [15] .....	14
Tabela 2.6 – Desempenho do SB Tool [6] .....	17
Tabela 2.7 - Princípios sustentáveis [15] .....	18
Tabela 2.8 – Diferentes classes de desempenho LiderA, [15] .....	19
Tabela 3.1 – Causas dos resíduos de construção [21].....	24
Tabela 3.2 – Código e respetiva descrição de RCD, adaptado de [28] .....	26
Tabela 3.3 - Composição global dos resíduos [29].....	27
Tabela 4.1 – Ações dos intervenientes na gestão de RCD, adaptado de [34] .....	38
Tabela 4.2 – Meios de acondicionamento de RCD, adaptado de [40] .....	43
Tabela 4.3 – Capacidade de enchimento (expressa em toneladas) em função dos vários volumes [36] .....	44
Tabela 4.4 – Fatores de conversão de volume em peso de alguns tipos de RCD, adaptado de [36] .	44
Tabela 4.5- Proposta de indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD .....	55
Tabela 4.6 – Indicador da prevenção da contaminação ambiental .....	56
Tabela 4.7 – Indicador da produção de RCD.....	57
Tabela 4.8 – Indicador da redução da produção de RCD .....	58
Tabela 4.9 – Indicador que considera os diferentes destinos de RCD.....	59
Tabela 4.10 – Indicador da composição de RCD .....	60
Tabela 4.11 – Indicador das não conformidades na gestão de RCD .....	61
Tabela 4.12 - Frequência da recolha .....	61
Tabela 4.13 - Atribuição de uma classificação por contentor .....	62
Tabela 4.14 - Custo da Gestão de RCD .....	63
Tabela 4.15 - Custos com não conformidades .....	63
Tabela 4.16 - Desvio de custo da Gestão de RCD .....	64
Tabela 4.17 - Tempo dedicado à formação em RCD .....	64
Tabela 4.18 - Participação em Reuniões .....	65
Tabela 4.19 – Tempo de cálculo do indicadores .....	65
Tabela 5.1 – RCD produzidos num mês de construção do viaduto.....	70
Tabela 5.2 - RCD produzidos num mês de construção da autoestrada .....	70
Tabela 5.3 – Indicadores analisados .....	74
Tabela 5.4 – Produção total de RCD nas várias obras.....	74
Tabela 5.5 – Composição dos RCD produzidos nas obras em análise.....	75
Tabela 5.6 – Destinos de envio de RCD produzidos nas obras em análise.....	75
Tabela 5.7 – Custo da gestão de RCD nas obras em análise.....	75
Tabela 5.8 – Cenários em análise.....	76
Tabela 5.9 – Ponderação atribuída ao Cenário 1 .....	76
Tabela 5.10 – Ponderação atribuída aos Cenários 3, 4 e 5 .....	77
Tabela 5.11 – Pontuação do indicador relativo ao destino de RCD .....	77
Tabela 5.12 – Pontuação do indicador relativo à produção total de RCD .....	77
Tabela 5.13 - Pontuação do indicador relativo aos custos com a gestão de RCD.....	77
Tabela 5.14 – Pontuação dos indicadores.....	78
Tabela 5.15 – Resultados da sustentabilidade na gestão de RCD .....	78



## **SÍMBOLOS E ABREVIATURAS**

ACV – Análise de ciclo de vida

ANR – Autoridade Nacional de Resíduos

BREEAM – Building Research Establishment Environmental Assessment Method

CCP – Código dos Contratos Públicos

GARDC – Guias de Acompanhamento de Resíduos de Construção e Demolição

ISO – Organização Internacional para a Normalização

LEED – Leadership in Energy and Environmental Design

LER – Lista Europeia de Resíduos

PPG – Plano de Prevenção e Gestão

RCD – Resíduos da Construção e Demolição

RJUE – Regime Jurídico da Urbanização e Edificação

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SBTool – Sustainable Building Tool

SIRER – Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos

UE – União Europeia



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO GERAL

Na presente dissertação, é feita uma análise do conceito do desenvolvimento sustentável e da importância da sua adoção no setor construtivo, sendo analisadas mais especificamente as práticas sustentáveis na gestão de resíduos.

A indústria da construção é considerada uma das atividades menos sustentáveis do planeta, pelo elevado consumo de recursos mundiais [1]. Muitos deles acabam por se tornar resíduos da construção e demolição, tanto provenientes de novas construções como de obras de reabilitação ou demolição de construções já existentes, o que ainda se traduz numa problemática da indústria da construção em Portugal [2].

Os resíduos são constituídos por sobras e desperdícios de materiais de construção, causando graves danos no meio ambiente por serem depositados em locais onde tal prática não é permitida, ou de forma descontrolada em aterros cujos espaços são cada vez mais valorizados [3].

Para a diminuição do impacte ambiental causado por esta gestão, é necessário implementar uma melhoria no que concerne à gestão de resíduos, que utilize práticas que privilegiem políticas de reutilização e reciclagem, conforme o imposto pelo Decreto-Lei n.46/2008. Através da adoção de soluções como as referidas, adotadas cada vez mais na comunidade europeia, é renovado o ciclo de vida dos diferentes materiais [3].

### 1.2. OBJETIVOS

Com a elaboração deste trabalho pretende-se evidenciar a importância da prática de uma gestão de resíduos de construção e demolição sustentável. Para isso elegeram-se os seguintes objetivos:

- Análise da problemática da gestão de resíduos e da sua realização de forma sustentável;
- Proposta de um conjunto de práticas a implementar na prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição;
- Propor indicadores que avaliem o desempenho das práticas implementadas e que verifiquem a existência de sustentabilidade no modo como são geridos os resíduos resultantes da construção e demolição em vários tipos de obra.

Assim, fez-se um enquadramento dos temas de sustentabilidade e resíduos da construção e demolição, tendo em consideração a situação contextualizada apresenta-se uma proposta de um conjunto de práticas a adotar, bem como de indicadores de sustentabilidade, os quais avaliam o modo como estas são

implementados. Tentou analisar-se a aplicabilidade de tais práticas e indicadores em obras distintas, no entanto, foram encontradas algumas dificuldades devido à especificidade das obras em estudo.

### **1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO**

A presente dissertação é constituída por 6 capítulos, sendo, de seguida, apresentado de forma resumida o conteúdo de cada um.

No capítulo 1, é feita uma contextualização do trabalho, na qual se abrange o enquadramento geral e a definição dos objetivos a alcançar e da estrutura do trabalho.

No capítulo 2, analisam-se os efeitos provocados pela indústria da construção e a necessidade da aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável a esta indústria. Para além disso, foram analisados exemplos de sistemas de avaliação ambiental em edifícios, utilizados em diferentes países.

Ao longo do capítulo 3, é caracterizada a problemática da gestão de resíduos de construção e demolição, sendo analisadas as causas da sua produção, a sua composição e classificação, entre outros aspetos. É feito, também, um enquadramento legal onde são focados os aspetos mais importantes a ter em conta na gestão destes resíduos.

Quanto ao conteúdo do capítulo 4, é apresentada uma proposta de práticas a ter em consideração durante a prevenção e gestão de RCD, sendo que esta funciona como um complemento à legislação aplicável. Para avaliar o modo como se executa a gestão dos resíduos, define-se um conjunto de indicadores bem como de fatores a ter em consideração na interpretação do seu resultado. Estes indicadores são propostos através de uma análise da legislação aplicável dos RCD, bem como, do estudo de práticas a executar na sua gestão.

No que respeita ao capítulo 5, foram analisadas as práticas e os resultados obtidos na prevenção e gestão de resíduos em duas construções de características distintas. Calcularam-se ainda, os indicadores possíveis de acordo com os dados registados, para definir qual o nível de sustentabilidade neste tipo de gestão em ambas as construções e analisou-se a influência dos critérios utilizados na atribuição da ponderação.

No capítulo 6, apresentam-se as considerações finais bem como alguns pontos que devem ser desenvolvidos futuramente, para melhorar o sistema de indicadores proposto.

# 2

## SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO

### 2.1. INTRODUÇÃO

No final do século XX, começou por existir uma maior consciência por parte da sociedade no que respeita à degradação do meio ambiente, provocado pelo desenvolvimento. A constante reflexão sobre a possível influência da sociedade neste particular, introduziu um novo conceito: o desenvolvimento sustentável [4].

A indústria da construção é um dos setores mais ativos em toda a Europa, consumindo mais matérias-primas do que qualquer outra atividade. É, também, uma das maiores consumidoras de energia bem como produtora de resíduos, o que a torna uma atividade pouco sustentável. Assim, mostra-se importante, alterar o pensamento dos seus responsáveis interligando-a com os princípios de desenvolvimento sustentável [1, 5].

No presente capítulo, serão abordados vários aspetos do conceito de desenvolvimento sustentável e a sua aplicação na construção, bem como os impactes por ela produzidos e os sistemas de avaliação ambiental nesta indústria.

### 2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

#### 2.2.1. CONCEITO E EVOLUÇÃO

Na segunda metade do século XX, o homem apercebeu-se da crescente degradação ambiental, introduzida pelas suas políticas de desenvolvimento no meio ambiente. A construção tem acompanhado o crescimento populacional e as suas imposições tecnológicas e de conforto cada vez mais exigentes, associadas ao aumento do nível de vida, provocando um crescente consumo de recursos de onde resultam impactes ambientais [6, 9].

No entanto, a quantidade de recursos disponível na natureza apresenta o comportamento contrário, devido a um consumo excessivo superior à deposição que ocorre na natureza, através de processos naturais [9]. Perante este cenário, é imperioso prever uma mudança de atitude e através de um consumo consciente e racional, procurar o equilíbrio entre a necessidade de produtos de construção e o consequente consumo de recursos naturais (Figura 2.1) [7, 8].

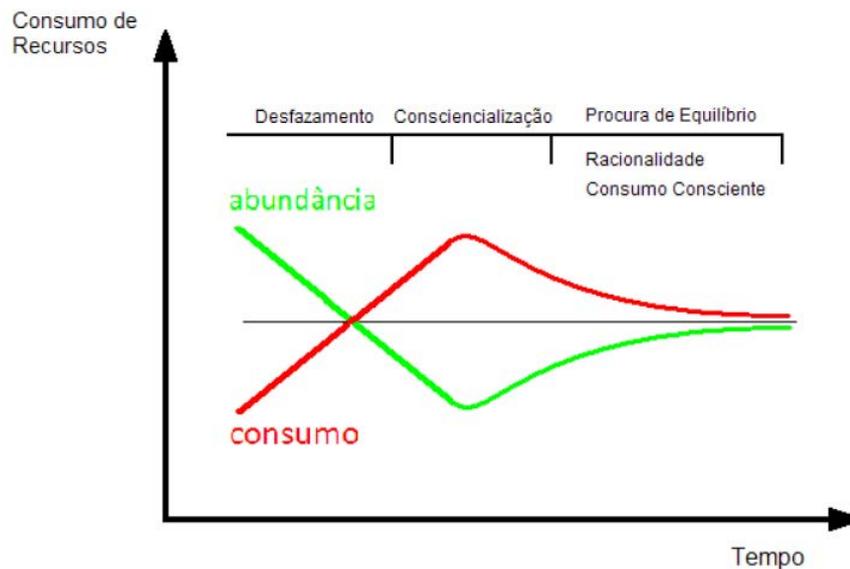


Figura 2.1 – Procura de equilíbrio [7]

Na década de 70, surge uma das primeiras definições de sustentabilidade, a qual é muito diferente da atual. Segundo Coomer, "A sociedade sustentável é aquela que vive dentro dos limites auto perpetuados do seu ambiente. A sociedade... Não é uma sociedade de "não crescimento"... É em vez disso, uma sociedade que reconhece os limites do crescimento... Procura formas alternativas de crescimento.", ou seja, este conceito assenta nos princípios com reduzidas preocupações ambientais [6].

Mais tarde, em 1987, foi apresentado no Relatório de Brundtland - "O Nosso Futuro Comum" – um novo conceito de desenvolvimento sustentável, o qual se traduzia no seguinte [6]: "Por desenvolvimento sustentável entende-se o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras para satisfazerem as suas próprias necessidades".

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 [9].

Em 1991, surge no Programa das Nações Unidas para o Ambiente e do Fundo Mundial para a Natureza, outra das definições de desenvolvimento sustentável, a qual foi definida pela União Mundial da Conservação, sendo complementar da apresentada anteriormente, com o seguinte conteúdo: "Desenvolvimento sustentável significa melhorar a qualidade de vida sem ultrapassar a capacidade de carga dos ecossistemas de suporte" [9].

Um ano mais tarde realizou-se no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, donde resultou um documento designado por Agenda 21, o qual engloba recomendações e especificações sobre o modo de obter o desenvolvimento sustentável, as quais devem ser implementadas até ao início do século XXI pelos governos, agências de desenvolvimento e grupos setoriais, em todas as áreas cuja atividade humana afete o ambiente, documento esse revelador dum planeamento estratégico, que deve ser adaptado consoante as diferentes características do respetivo país [6, 9].

Devido aos compromissos assumidos por Portugal na referida Agenda 21, em 2002 foi elaborado um documento designado por Estratégia Nacional para o Desenvolvimento Sustentável (ENDS), o qual

consiste num conjunto coordenado de atuações nas dimensões económica, social e ambiental, as quais permitem “assegurar um crescimento económico célere e vigoroso, uma maior coesão social e um elevado e crescente nível de proteção e valorização do ambiente” [5].

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 [9].

Perante as considerações referidas é de salientar que, o conceito de desenvolvimento sustentável, evoluiu até que se chegasse à composição dos três pilares: social, económico e ambiental.

### 2.2.2. TRIPLA DIMENSÃO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O conceito de sustentabilidade, cada vez aplicável com maior frequência, visa assegurar a convivência harmoniosa e o equilíbrio entre as três dimensões: económica, ambiental e social, referidas na parte final do ponto anterior, no entanto, a dimensão à qual é dada maior importância é a económica, entendimento este revelador dum desequilíbrio face às dimensões social e ambiental, colocando consequentemente em risco as gerações futuras, a curto prazo [9].

É necessário ter em consideração a vertente social, pois esta integra para além das necessidades humanas básicas outro tipo de necessidades como a educação, o lazer, entre outras. Tal vertente pode conter questões condicionantes para a implementação da sustentabilidade, tais como problemas socioculturais e a equidade geracional, a partir da qual se garante que se deixa para as gerações futuras o que elas necessitam para sobreviver [6].

A outra vertente do desenvolvimento sustentável que não deve ser ignorada é a ambiental, que visa reduzir o consumo de recursos e a produção de resíduos, bem como preservar a função e a biodiversidade dos sistemas naturais, assegurando que não são excedidos os limites ambientais, ou seja, não se ultrapasse a capacidade regenerativa do planeta. Para evitar e reduzir as implicações na qualidade de vida do ser humano deve ponderar-se o modo de execução das atividades [6].

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.

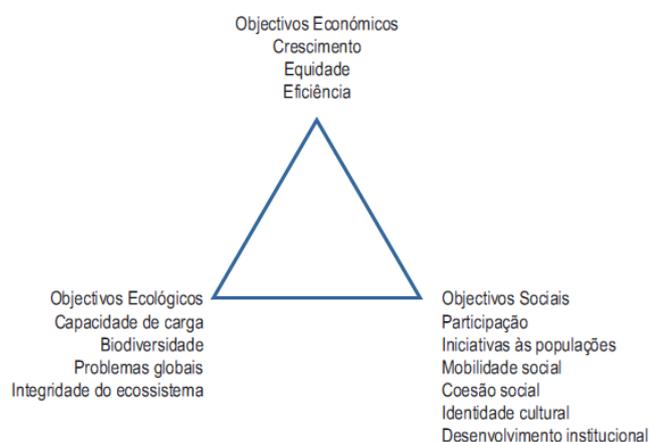


Figura 2.2 – Objetivos do desenvolvimento sustentável [6]

O crescimento e o bem-estar social devem ser equilibrados, através da conservação dos recursos ambientais pelas gerações presentes, no entanto, questiona-se a possibilidade de conciliar sustentabilidade ambiental com sustentabilidade económica. As medidas ambientais devem funcionar como um estímulo para a economia e só assim devem ser implementadas [1].

## 2.3. A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

### 2.3.1. ENQUADRAMENTO

A atividade construtiva acompanhou o homem e as suas civilizações ao longo dos tempos, tornando-se um dos setores mais significantes para a economia, setor esse com uma forte influência no volume de emprego gerado e no PIB, influenciando igualmente de modo significativo as restantes áreas económicas [6].

Segundo a informação apresentada na Tabela 2.1 e considerando os dados em análise (1999), o setor construtivo corresponde a 9,7% do PIB no espaço da União Europeia, sendo que em Portugal representa 7,9%, constituindo um dos setores mais representativos ao nível de emprego que representa cerca de 7% dos postos de trabalho na generalidade dos países, podendo alcançar os 23% nos que se encontram em vias de desenvolvimento, os quais por vezes são mal remunerados e pouco estáveis [6].

Tabela 2.1 – Influência da construção no PIB e no Emprego, adaptado de [6]

	PIB	Emprego
UE (1999)	9,7%	7,5%
Japão (2000)	13,7 %	9,9%
EUA (2000)	4,7%	5,0%

Em Portugal, embora a atividade construtiva seja um dos setores económicos mais importantes, ainda são utilizados sistemas construtivos convencionais e mão-de-obra não qualificada, o que provoca como já foi referido um elevado consumo de recursos naturais e uma grande quantidade de produção de resíduos, o que degrada o ambiente [9].

### 2.3.2. O CONCEITO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

Os fatores que tornavam a construção tradicional competitiva eram a qualidade do produto, o tempo gasto com a sua produção e o custo associado. Esta só era competitiva caso tivesse a qualidade exigida em projeto, utilizasse sistemas construtivos que melhorassem a produção construtiva e que reduzisse o período de construção, isto sem alterar custos de construção [9].

Mais tarde, com a introdução das preocupações ambientais, o conceito da qualidade começou a abranger a qualidade ambiental.

Estes princípios foram alterados quando em 1994 na Primeira Conferência Internacional sobre Construção Sustentável, Kibert apresentou a primeira definição subordinada ao tema, a qual se traduzia na "criação e gestão responsável de um ambiente construído saudável, tendo em consideração os princípios ecológicos (para evitar danos ambientais) e a utilização eficiente dos recursos", ou seja, com a construção sustentável pretende-se obter um impacto ambiental mínimo. De acordo com o autor, o conhecimento existente e o diagnóstico à indústria da construção em termos de impactes ambientais,

revelam que existe a necessidade de uma mudança para se atingirem os seus objetivos de sustentabilidade [6].

Por último, integraram-se também as condicionantes económicas, a equidade social e o legado cultural, sendo estas juntamente com os objetivos ambientais as três dimensões da construção sustentável. A evolução do conceito está representada esquematicamente na Figura 2.3 [6].

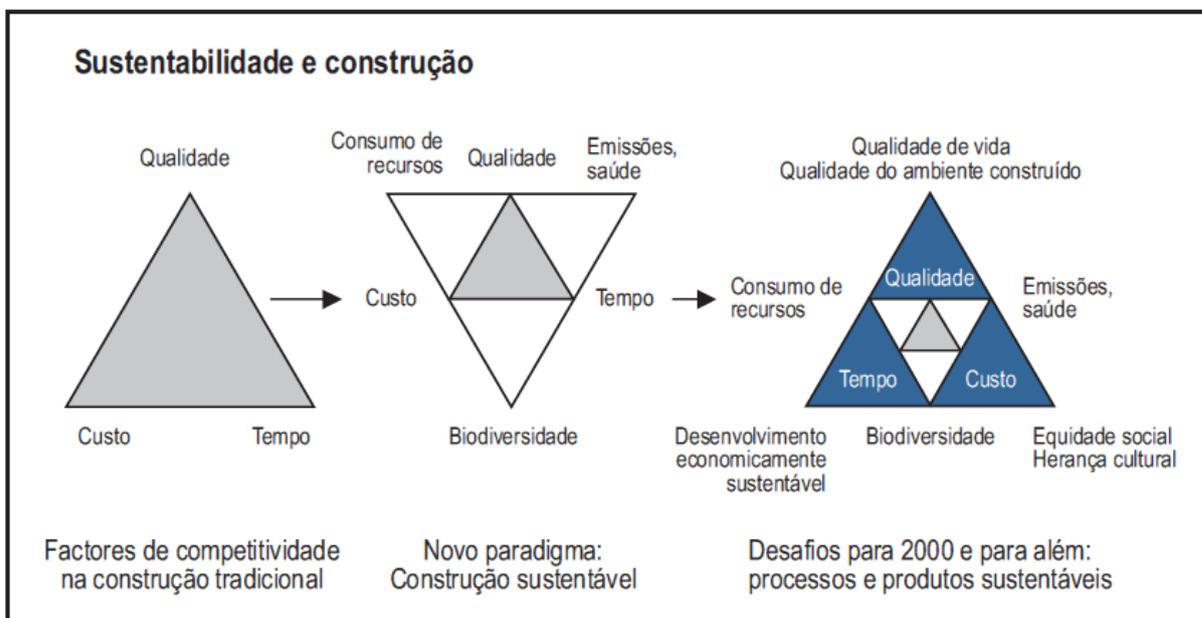


Figura 2.3 – Evolução das preocupações na indústria da construção [6]

A relação da indústria da construção com as três dimensões do desenvolvimento sustentável mostra-se fundamental pois [9]:

- Apresenta uma considerável participação no PIB, ou seja na dimensão económica;
- É responsável por um grande número de postos de trabalho influenciando a dimensão social;
- Consome recursos naturais, afetando a dimensão ambiental.

### 2.3.3. PILARES DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL DE EDIFÍCIOS

A construção sustentável apresenta uma lista de prioridades a seguir descritas, que devem ser aplicadas durante o ciclo de vida da construção de um edifício (projeto, construção, operação/manutenção, demolição/deposição) [9]:

- Economizar energia e água através duma gestão eficiente dos consumos energéticos e hídricos. A produção da energia elétrica apresenta um elevado impacto ambiental devido à grande quantidade de gases poluentes emitidos e por utilizar como matéria-prima um recurso natural, limitado e não renovável. O uso de forma contínua da energia traduz-se no maior impacte causado pelos edifícios, sendo que deve ser prioritária a redução do seu consumo na fase de construção bem como na fase de utilização, optando por fontes de energia renováveis e por ventilação e iluminação natural. A água é um bem cada vez mais escasso, sendo que também se deve minimizar o seu consumo em ambas as fases.

- Assegurar a salubridade dos edifícios para garantir a existência de conforto ambiental no interior dos mesmos, devendo maximizar-se a iluminação e ventilação natural sempre que possível, evitando-se compartimentos sem aberturas diretas para o exterior.
- Maximizar a durabilidade dos edifícios, pois, correntemente os projetos apenas estão direcionados para a resistência, esquecendo as questões relacionadas com durabilidade. Durante as fases de conceção e construção de edifícios devem ser adotadas tecnologias construtivas e materiais que considerem a sua durabilidade e a flexibilidade, ampliando-se o seu ciclo de vida, o que reduz os impactes ambientais durante a fase construtiva.
- Planear a conservação e manutenção dos edifícios: é importante considerar que após a construção de um edifício, deve investir-se sempre que tal se mostrar necessário na sua manutenção. Os edifícios possuem uma vida útil e limitada e tendem a deteriorar-se através de ações físicas, químicas e mecânicas a que estão submetidos. Esta deterioração pode levar o edifício a atingir um estado de degradação que não seja compatível com o conforto e segurança estrutural requeridos durante a fase de projeto, podendo mesmo verificar-se a ruína total ou parcial. Como os edifícios são constituídos por uma elevada quantidade de recursos naturais, estes devem ser alvo de intervenções de manutenção e reabilitação de modo a aumentar o seu ciclo de vida.
- Utilizar materiais eco eficientes ou ecológicos, que se designam por ser aqueles que durante todo o seu ciclo de vida, possuem um baixo impacte ambiental. Para isso devem apresentar os seguintes requisitos:
  - Não possuir químicos nocivos à camada do ozono;
  - Ser duráveis;
  - Exigir poucas operações de manutenção ou cuja manutenção implique baixo impacte ambiental;
  - Incorporar baixa energia primária, sendo que esta resulta do somatório da energia consumida durante a extração de matérias-primas, com o seu transporte para unidades de processamento e o seu processamento. Quanto mais elaborado for o processamento maior será a energia primária. Sempre que possível deve optar-se pela utilização de materiais com baixa energia primária como a madeira;
  - Estar disponível nas proximidades do local da construção pois o transporte dos materiais implica custos económicos e ambientais;
  - Ser elaborado a partir de matérias recicladas ou que possuam grandes potencialidades para serem reciclados;
- Possuir uma baixa massa de construção: quanto menor for a massa total de um edifício, menor será a quantidade de recursos utilizados. Uma das formas de o conseguir é optar por tecnologias construtivas que permitam reduzir o peso das construções, por exemplo, através da utilização de uma solução construtiva leve na envolvente vertical dos edifícios, com elevado desempenho térmico e acústico e da utilização pontual no seu interior de materiais de elevada massa, que desempenhem conjuntamente funções estruturais e de armazenamento térmico. Desenvolveram-se sistemas construtivos baseados numa estrutura de perfis metálicos leves para se racionalizar a quantidade de matéria-prima a incorporar nas construções, consistindo numa evolução lógica dos sistemas de construção tradicional em betão armado.

- Minimizar a produção de resíduos: durante o transporte e a fase construtiva há uma grande produção de resíduos provenientes das mais diversas fontes. A minimização da produção de resíduos pode ser conseguida através da opção pela pré-fabricação, utilizando dimensões padrão na fase de conceção.
- Ser económica, ao integrar todos os outros princípios, bem como o custo do seu ciclo de vida dever ser compatível com os interesses do dono de obra e dos futuros utilizadores.
- Garantir condições dignas de higiene e segurança nos trabalhos de construção: Deve realizar-se a escolha de materiais, produtos, sistemas construtivos e processos de construção, de modo a melhorar condições de trabalho dos trabalhadores, diminuindo a possibilidade da ocorrência de acidentes nas várias fases do processo construtivo.

#### 2.3.4. O PAPEL DOS EMPREITEIROS NA IMPLEMENTAÇÃO DE UMA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

As tarefas realizadas durante o processo construtivo, por vezes, provocam danos para a saúde pública e para o ambiente. Tendo em consideração estes impactes, devem ser planeadas e implementadas em obra, práticas de construção sustentável, ou seja, o conceito sustentabilidade deve ser incorporado ao longo de todo o ciclo de vida da construção, abrangendo os diferentes objetivos ambientais, económicos e sociais [10].

O papel dos empreiteiros na procura da sustentabilidade, segundo as práticas tradicionais é mínimo, sendo que são considerados agentes passivos neste processo. No entanto, devido à crescente preocupação e compreensão dos impactes negativos causados pela fase construtiva, o reconhecimento da importância da intervenção adequada dos empreiteiros pela empresa de construção, facilita a implementação de uma construção sustentável [10].

A relação entre o projeto e a atividade construtiva caracteriza-se como colaborativa e interdisciplinar. É importante que as empresas de construção sejam integradas nas equipas de projeto formando uma equipa de conceção-construção, onde ambas têm influência sob decisões tomadas em projeto, demonstrativo de processos colaborativos. Passaria a existir uma melhor preparação para se desenvolverem projetos ambientais pois podem incluir-se um maior número de requisitos com vista a sustentabilidade, e com influencia também sobre a gestão de resíduos como por exemplo analisar medidas de conservação de recursos, revelador de práticas interdisciplinares. Quando um dos requisitos primordiais for o de otimizar a construção sustentável, este será um fator de competição. [11]

Decorre do referido (práticas tradicionais/construção sustentável) que, ao longo dos tempos, projeto e construção enfrentam novos desafios e a necessidade de repensar novas abordagens também para todos os aspetos das suas operações [11].

#### 2.4. IMPACTES AMBIENTAIS CAUSADOS PELA ATIVIDADE CONSTRUTIVA

A indústria da construção contribui de forma significativa para a degradação ambiental, sendo que se tornou uma das principais preocupações da sociedade atual. O ambiente construído integra o meio ambiente criando uma relação de interdependência entre os dois sistemas. As interações entre os dois tipos de ambientes evidenciam os inerentes impactes. Se esta interação for minimizada, também será menor o impacte produzido pelo ambiente construído no natural [9].

De seguida, apresenta-se a Figura 2.4 onde se esquematiza a dinâmica existente entre o ambiente natural e o construído, a partir do qual se conclui que para diminuir a interação entre os dois mostra-se

necessário diminuir tanto o consumo de recursos, bem como a produção dos resíduos pelo ambiente construído e libertados no ambiente natural [9].



Figura 2.4 – Interação entre o ambiente construído e o natural [9]

O processo construtivo, contribui de forma significativa para a ocorrência de impactos ambientais, através das intervenções necessárias no local da construção, as quais provocam alterações do uso do solo, aumento do tráfego da área, produção de ruído e emissão de poeiras, do consumo de matérias-primas, energia e água e, também, da produção de resíduos e das conseqüentes alterações que esta provoca nos ambientes natural e construído, sendo que estes podem degradar a sua envolvente por exemplo, devido a vibrações ou sujidade.

No que respeita à produção de resíduos, este assunto será abordado nos capítulos seguintes, nos quais será apresentada a problemática da sua gestão bem como práticas e indicadores de sustentabilidade que auxiliem a realização da mesma de modo a diminuir os conseqüentes impactos.

Na Figura 2.5 apresenta-se o ciclo de vida das construções, o qual se inicia na conceção e termina com a desconstrução a não ser que haja uma renovação da infraestrutura ou edificação. Quando se analisam os efeitos provocados pela construção, avaliam-se apenas os efeitos negativos causados pela própria obra e os benefícios associam-se à fase de operação, o que pode conduzir a uma abordagem restritiva. A fase construtiva está associada a períodos de tempo mais reduzidos do que a fase de operação, o que significa que as estruturas construídas tem impactos com efeitos de maior duração. Nesse contexto é de realçar que os impactos provocados pela atividade construtiva resultam da construção em si mas também da operação das estruturas construídas, da sua manutenção e da sua desconstrução [6].



Figura 2.5 – Ciclo de vida das construções, adaptado de [6]

Tendo em consideração que as estruturas edificadas, em particular os edifícios, possuem uma importância diferenciada em termos de impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida. No ponto seguinte serão analisados vários sistemas que permitem avaliar o desempenho ambiental dos edifícios.

## 2.5. ANÁLISE DO DESEMPENHO AMBIENTAL

### 2.5.1. ACV - ANÁLISE DO CICLO DE VIDA

A análise do ciclo de vida (ACV) aplica-se nas fases de projeto e anteprojeto e é utilizada para avaliar o desempenho ambiental das edificações ao longo do seu ciclo de vida útil, sendo que fornece dados importantes para a avaliação da sustentabilidade. Esta identifica fluxos de materiais, energia e resíduos gerados pelas edificações ao longo de toda a sua vida útil, de modo a determinar os impactos ambientais antecipadamente [6].

Esta análise inclui todo o ciclo de vida do produto, processo ou atividade, abrangendo [6]:

- 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 definição foi posteriormente consolidada na série de normas ISO 14 000, a qual foi desenvolvida como resposta ao pedido mundial por uma gestão ambiental mais confiável, onde o meio ambiente foi introduzido como uma variável importante. [12] A ACV envolve 4 fases distintas, as quais estão representadas na Tabela 2.2 e na Tabela 2.3 apresentam-se as normas ISO na qual se integra a análise [12, 13].

Tabela 2.2 – Fases de ACV, adaptado de [12].

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 2.3 – Normas ISO na análise ACV, adaptado de [12]

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 objetivos e análise de inventário.

De seguida exemplos de ferramentas de análise do ciclo de vida de materiais e produtos da construção [14]:

- Eco-Quantum (Holanda);
- Eco-Effect (Suécia);
- ENVEST (Reino Unido);
- BEES (Estados Unidos);
- ATHENA (Canada);
- LCA House (Finlândia).

A elaboração de ACV, dependendo da profundidade do estudo, consome de forma significativa tempo, recursos financeiros e humanos, sendo que a recolha e disponibilidade de dados pode afetar o resultado do estudo. Nesse contexto, deve ser analisada a relação custo-benefício [12]. Apresenta algumas limitações no que respeita à avaliação dos impactos reais, sendo que apenas determina os potenciais impactos e não consegue distinguir qual o produto ou processo mais eficiente em termos de custo. No entanto pode ser útil como mais uma componente do processo de decisão que tenha em consideração outros fatores.

Deve ainda salientar-se que este tipo de análise apenas considera de forma individual os diferentes materiais e produtos da construção civil, e analisa de forma sistemática o seu impacto ao longo do tempo. Esta não considera a complexidade da construção civil, como a utilização de materiais de forma combinada, através dos quais aspetos positivos do ciclo de vida de um material podem ser anulados pelos aspetos negativos de outro. No entanto, através da utilização do método holandês Eco-Quantum obtém-se o máximo de informação sobre os impactos ecológicos que envolvem uma edificação ao longo da sua vida útil. Uma análise através deste método divide-se em 4 partes [1]:

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

## 2.5.2. SISTEMAS DE AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL DE EDIFÍCIOS

Existem vários sistemas de avaliação do desempenho ambiental de edifícios, os quais avaliam tipologias específicas de edifícios. No Reino Unido, o mais utilizado é o BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) enquanto no Reino Unido opta-se pela utilização do LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e em Portugal aplica-se o LiderA (Liderar o Ambiente), entre outros. Existe ainda um sistema desenvolvido por vários países designado por SB Tool (Sustainable Building Tool). De seguida analisam-se a origem, o modo de aplicação, a ponderação, a pontuação e outros aspetos fundamentais de cada sistema referido.

### 2.5.2.1. BREEAM

O sistema BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) foi o primeiro sistema de avaliação de desempenho ambiental de edifícios desenvolvido em 1988 no Reino Unido pelo Building Research Establishment (BRE), o qual tem vindo a sofrer alterações ao longo do tempo.

A avaliação através da aplicação deste sistema é feita a partir da atribuição de créditos ao edifício, sempre que este cumpra determinados requisitos, definidos por categorias. A estas são atribuídos pesos específicos segundo a tipologia do edifício. A atribuição de créditos e pesos de categorias permite obter um índice de desempenho ambiental do edifício.

Através deste sistema pretende-se que se utilizem melhores práticas ambientais em todas as fases dos edifícios e obter informação com reduzido impacto ambiental. Pode ser utilizado pelos diferentes intervenientes na construção e utilização de edifícios, durante as seguintes fases [6]:

- Avaliação inicial;
- Dimensionamento, inventário e compra de materiais;
- Gestão e operação;
- Controle de qualidade.

Este sistema pode ser aplicado a diferentes tipologias de edifícios, as quais estão representadas na Tabela 2.4. Para além das versões apresentadas, existem também outras específicas para hospitais, escolas, prisões, tribunais, entre outros.

Tabela 2.4 – Versões do sistema BREEAM [15]

Tipologia	Versão do programa
Habitacões	EcoHomes
Escritórios	Offices
Unidades Industriais	Industrial BREAAM
Edifícios Comerciais	BREEAM Retail
Outras Tipologias	Bespoke BREEAM

### 2.5.2.2. LEED

O sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) foi desenvolvido pelo Green Building Council dos EUA (USGBC). Este sistema tem como objetivo a construção de edifícios amigos do ambiente e lucrativos, bem como saudáveis para viver ou trabalhar. Este sistema, promove uma abordagem do edifício como um todo, considerando o seu ciclo de vida, reconhecendo o desempenho em diferentes áreas, as quais são apresentadas na Figura 2.6 [16].

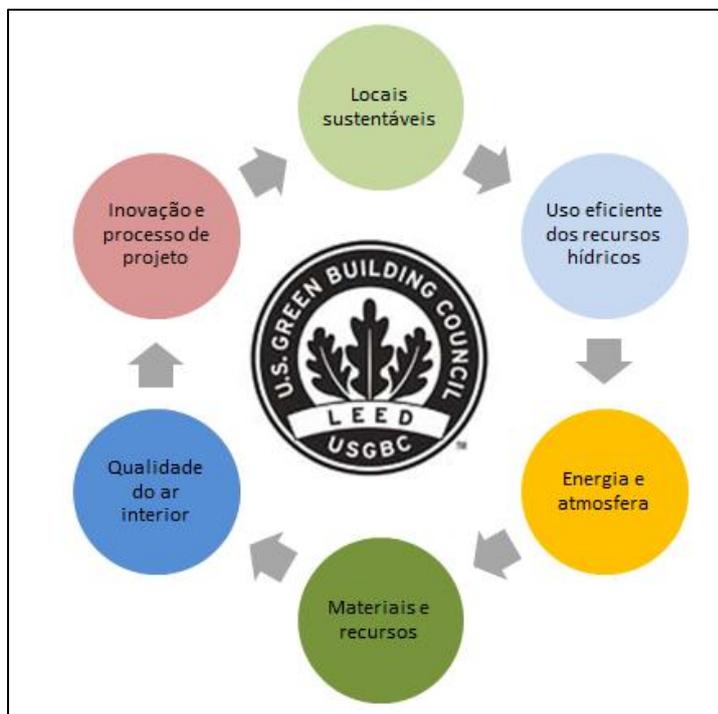


Figura 2.6- Áreas de análise do sistema LEED, adaptado de [17]

Cada uma destas áreas, é constituída por indicadores de desempenho, obrigatórios e pontuáveis, que no final da avaliação permitem atribuir uma classificação ao edifício que se está a avaliar. É de salientar também que todas as áreas mencionadas são comuns às várias versões do sistema de avaliação, as quais são identificadas na Tabela 2.5[18].

Tabela 2.5 – Versões do sistema LEED [15]

Versão	Utilizações
LEED-NC	Novas construções comerciais e projetos de renovação de alguma dimensão
LEED-EB	Construções existentes
LEED-CI	Operação e manutenção sustentável de espaços comerciais interiores
LEED-CS	Construção de elementos de edifício (estrutura, envelope e sistemas)
LEED-H	Habitacões
LEED-ND	Desenvolvimento Envolvente da Construção

No LEED, ao contrário do que acontece noutros sistemas de avaliação, não existem diferentes ponderações ou pesos atribuídos às principais áreas e critérios de avaliação. Cada uma das seis categorias de avaliação representa o mesmo peso na avaliação, embora algumas das categorias possam dispor de mais indicadores pontuáveis, o que representa um maior contributo para a obtenção da classificação final, como é demonstrado no gráfico da Figura 2.7.

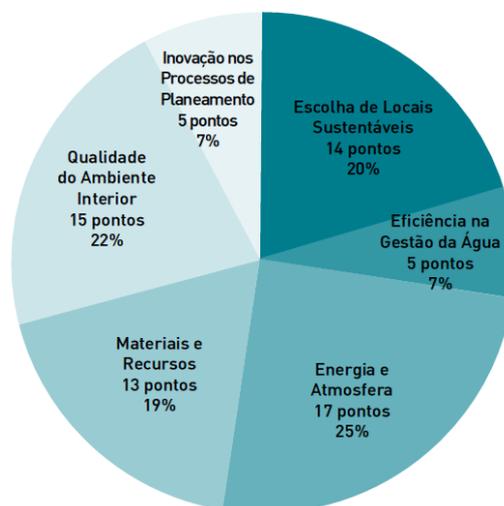


Figura 2.7 - Peso específico de cada área na classificação final do sistema LEED [18]

Cada uma das áreas principais apresentada encontra-se dividida em áreas específicas e em pré-requisitos. A estes não é atribuída qualquer pontuação, no entanto caso não sejam cumpridos em todas as categorias não será obtida certificação mesmo que a pontuação atingida numa outra área seja máxima. No que respeita às áreas específicas é contabilizada com 1 ou 2 pontos. A contabilização dos pontos é feita através da soma dos critérios cumpridos [6].

### 2.5.2.3. SBTool

O sistema SBTool (Sustainable Building Tool) é um sistema internacional, voluntário, de avaliação e reconhecimento da sustentabilidade de edifícios, desenvolvido pela associação sem fins lucrativos iiSBE (International Initiative for the Sustainable Built Environment) e é o resultado da colaboração em consórcio de equipas de mais de 20 países (Europa, Ásia e América). Traduz-se num sistema de medida preciso, comum e aplicável universalmente [6].

No entanto, este foi concebido desde o início para permitir que quem o utiliza possa alterar muitos dos parâmetros introduzidos de acordo com o tipo (residencial, comercial, de escritórios ou outro) e estado (em projeto, construção ou renovação) do edifício, bem como da região onde se insere, apresentando-se como um sistema flexível que permite à equipa que está a avaliar a adaptação do peso atribuído a determinado parâmetro de acordo com o que é típico naquela região [6].

O programa SBTool compara o edifício em avaliação com outro do mesmo tipo considerado de referência, em relação às práticas típicas da região, para o qual os utilizadores inserem os dados de caracterização. A comparação é feita a partir de folhas de cálculo, interligadas, que avaliam o desempenho do edifício, relatando o seu impacte ambiental absoluto através de indicadores de sustentabilidade [6].

A avaliação do SBTool está desagregada em 4 níveis hierárquicos, questões de desempenho, categorias, critérios e subcritérios, para que os níveis superiores resultem da agregação dos pesos de níveis inferiores. As questões de desempenho são as 7 apresentadas seguidamente:

- Consumo de recursos;
- Cargas ambientais;
- Qualidade do ar interior;
- Qualidade do serviço;
- Economia;
- Manutenção de operações;
- Transportes diários.

Estas compreendem categorias de desempenho coletivamente caracterizadas e que definem o desempenho global do edifício em estudo.

É criada uma escala de desempenho onde a avaliação é feita a partir de critérios de desempenho. Estes são escolhidos em função do tipo de edifício ou região em estudo. Em certos casos, para além destes, são definidos também subcritérios.

Os valores são atribuídos em relação ao parametrizado na caracterização do edifício de referência, como prática existente e que se denomina Benchmark, constituindo o nível 0 na escala de referência. De seguida, apresentam-se a Tabela 2.6 e a Figura 2.8 nas quais estão representados o desempenho e as classificações deste sistema, respetivamente.

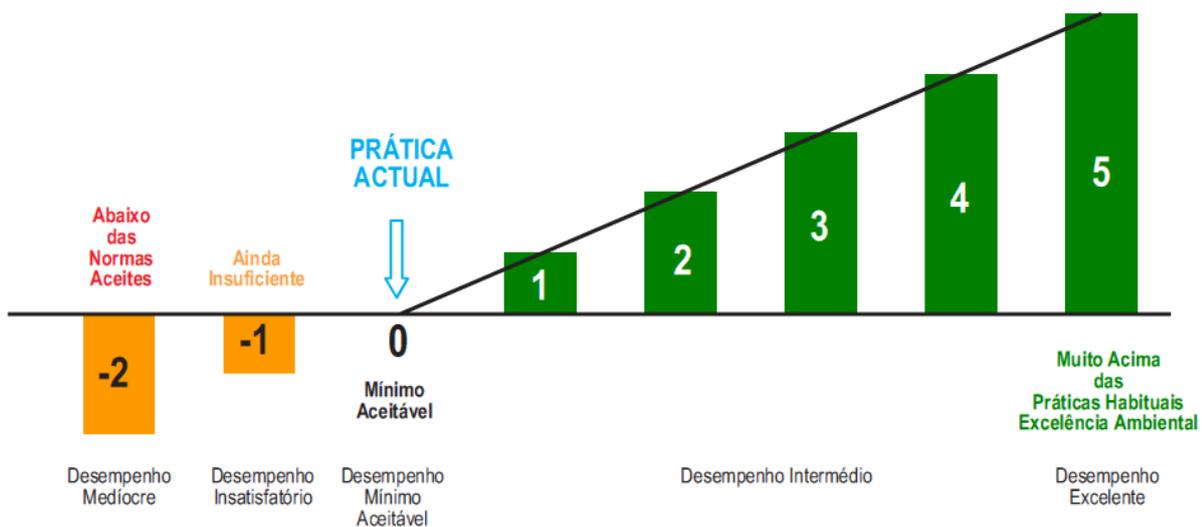


Figura 2.8 – Classificações SB Tool [6]

Tabela 2.6 – Desempenho do SB Tool [6]

Valor	Nível	Descrição
-2	Desempenho Mediocre	Desempenho que está, claramente, abaixo das normas aceites. Não é uma situação agradável de ocorrer em casos em que a benchmark representa um requisito, mas pode ocorrer em áreas não abrangidas pela legislação
-1	Desempenho insatisfatório	Desempenho que embora já esteja de acordo com algumas práticas em vigor pela legislação, ainda não é considerado como o mínimo aceitável, mesmo sendo ligeiramente melhor quando comparado com o anterior
0	Desempenho Mínimo Aceitável	Representa o mínimo aceitável para a região envolvente, de acordo com a legislação em vigor (ou quando não há legislação aplicável, com o consenso das indústrias), ou seja, consiste naquilo que são as práticas típicas para a região
1 a 4	Níveis de Desempenho Inter-médios	Representam vários níveis de desempenho entre as benchmarks primárias: um registo de 1 representa uma ligeira melhoria (por exemplo, uma boa prática face à região), um registo de 3 representa uma melhoria significativa do desempenho e é entendido como a melhor prática corrente na região
5	Desempenho Excelente	Representa uma meta de desempenho que está, consideravelmente, acima das práticas habituais (será um desempenho que use as melhores tecnologias disponíveis, baseando-se na extrapolação das práticas correntes, tendo em conta os custos)

O SBTool revelou ser um poderoso instrumento na identificação de critérios e na criação de níveis de desempenho, ajustados à situação de cada país ou região, o que demonstra ser um importante apoio à escolha de soluções que apresentam uma melhor viabilidade incluindo a nível económico. Como contrapartida, a sua utilização de modo sistemático para apoio e reconhecimento prático, revelou-se complexa pois obriga à determinação de dados relativos às características e desempenho do edifício, o que inviabiliza a sua aplicação generalizada. [6]

### 2.5.3. SISTEMA NACIONAL: LIDERA

O presente sistema foi desenvolvido pelo Professor Manuel Duarte Pinheiro, através dos trabalhos de investigação, consultoria e projetos sobre sustentabilidade na construção e ambientes construídos, efetuados desde 2000. A primeira versão do sistema foi publicada em 2005 sendo que as primeiras certificações em 2007 [19].

O sistema destina-se ao cumprimento das seguintes funções [19]:

- Apoiar o desenvolvimento de planos e projetos que procurem a sustentabilidade;
- Avaliar e posicionar o seu desempenho na fase de conceção, obra e operação, quanto à procura da sustentabilidade;
- Suportar a gestão na fase de construção e operação;
- Atribuir a certificação por marca registada, através de verificação por uma avaliação independente;

- Servir como instrumento de mercado distintivo para os empreendimentos e clientes que valorizem a sustentabilidade.

O sistema LiderA avalia o desempenho ambiental de uma dada construção, sendo que, são comparados os desempenhos relativamente às práticas normais de construção, com os valores de desempenho ambiental obtidos no projeto em análise, os quais devem ser superiores.

Para se obterem resultados sustentáveis, é importante considerar a dimensão ambiental desde a fase inicial, adotando os 6 princípios enunciados na Tabela 2.7, os quais abrangem as 6 vertentes.

Tabela 2.7 - Princípios sustentáveis [15]

Princípios	Descrição
Respeitar a dinâmica local e potenciar os impactes positivos.	Localizar potenciando as características do solo, valorizando-o ecologicamente, ajustando-o à mobilidade, integrando-o paisagisticamente e valorizando as amenidades.
Fomentar a eficiência no uso dos recursos.	Fomentar a eficiência dos consumos de recursos, nomeadamente na água, energia e materiais.
Reduzir o impacte das cargas (quer em valor, quer em toxicidade).	Atenuando os impactes dos efluentes, emissões, resíduos, ruído para o exterior e níveis urbanos de calor.
Assegurar a qualidade do ambiente, focada no conforto ambiental.	Fomentar o conforto envolvendo a qualidade do ar interior, o conforto térmico, a acústica, a iluminação e a controlabilidade desses espaços.
Fomentar as vivências socioeconómicas sustentáveis.	Perspetiva ambiental ao promover a Durabilidade e a Acessibilidade, a Gestão Ambiental e a Inovação, interligando-se as perspetivas económicas e sociais, que, por agora, não estão explicitas no sistema.
Assegurar a melhor utilização sustentável dos ambientes construídos, através da gestão ambiental e da inovação.	Promover a informação ambiental, a melhoria contínua (sistema de gestão ambiental) e dar saltos qualitativos (inovação).

Estes princípios podem fazer parte da política ambiental do empreendimento e devem ser internalizados pelos projetistas, construtores e utilizadores durante as várias fases do ciclo de vida de um edifício. Quanto às várias vertentes e às correspondentes áreas às quais se aplicam os princípios anteriormente enunciados, são as seguintes:

- Localização e Integração: Solo, Ecologia, Paisagem, Amenidades e Mobilidade;
- Eficiência no Consumo de Recursos: Energia, Água, Materiais;
- Impactes das Cargas: Efluentes, Emissões, Resíduos, Ruído Exterior e Efeitos Térmicos;
- Ambiente Interior :Qualidade do Ar Interior, Conforto Térmico, Iluminação (artificial e/ou natural), Acústica e capacidade de Controlo das Condições Interiores;
- Durabilidade e Acessibilidade;
- Gestão Ambiental e Inovação.

De acordo com este sistema, o desempenho da avaliação ambiental pode ir desde o nível G, sendo este o menos eficiente, até ao nível A que se traduz no mais eficiente, passando pelo nível E o qual retrata a prática usual. É de realçar que para se obter a certificação e o consequente reconhecimento é necessá-

rio atingir a classe C [20]. De seguida apresenta-se na Figura 2.9 a classificação do sistema LiderA e a descrição das respetivas classes de desempenho na Tabela 2.8.



Figura 2.9 – Classificação LiderA [20]

Tabela 2.8 – Diferentes classes de desempenho LiderA, [15]

Classes	Valor de Desempenho
F e G	Inferiores à prática usual ou de referência.
E	Igual à prática usual ou de referência.
D	Melhoria de 12,5% face à prática usual ou de referência
C	Melhoria de 25% face à prática usual ou de referência.
B	Melhoria de 37,5% face à prática usual ou de referência.
A	Melhoria de 50% face à prática usual ou de referência.
A+	Melhoria de 75% face à prática usual ou de referência, associado a um fator 4 de melhoria.
A++	Melhoria de 90% face à prática usual ou de referência, associado a um fator 10 de melhoria.
A+++	Classe que indica que o desempenho é neutral ou até regenerativo melhorando estruturalmente o desempenho do ambiente.

Em suma: este sistema abrange 6 vertentes as quais se dividem em áreas, pré-requisitos associados a exigências legais e sensibilidades ambientais, um conjunto potencial de critérios de desempenho a serem considerados para liderar a dinâmica ambiental nos empreendimentos e a procura da sustentabilidade. A aplicação destes critérios é definida tendo em consideração as vertentes e respetivas áreas para o desenvolvimento de soluções mais adequadas.

Segundo a tipologia de utilização e para cada critério são definidos os níveis de desempenho considerados que permitem identificar se a solução é ou não sustentável. Para se obter um valor agregado, a classificação final conjugada é determinada, através da ponderação das 22 áreas [20].

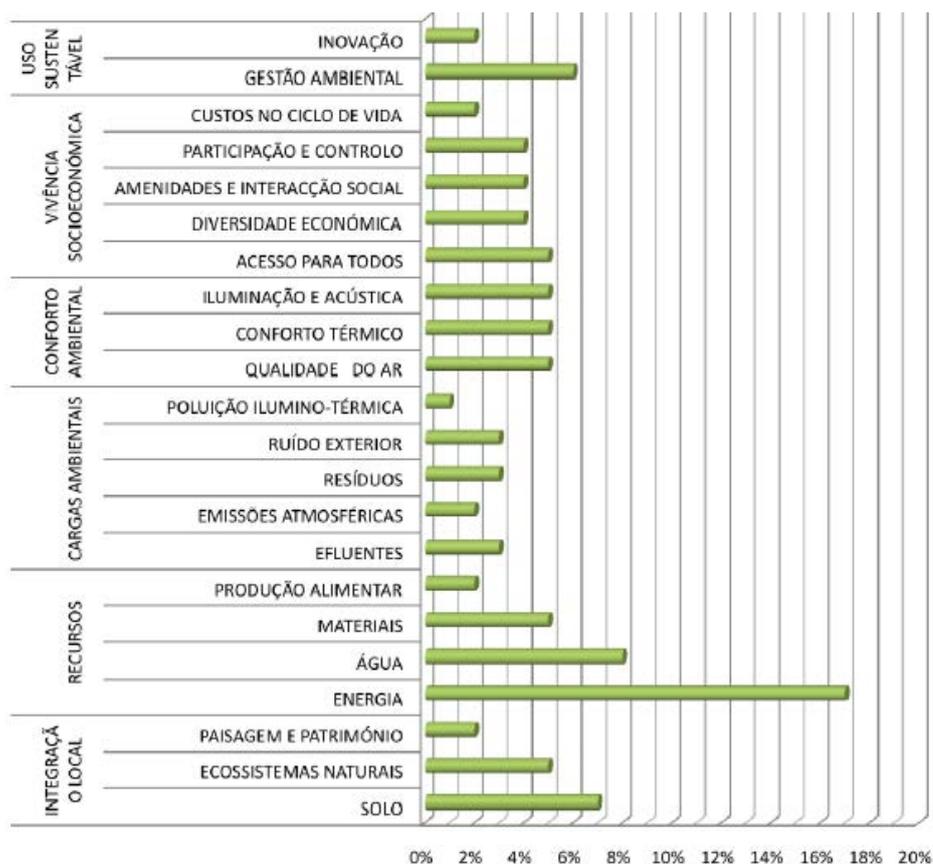


Figura 2.10 - Ponderação das 22 áreas do sistema LiderA [20]

Quanto à contabilização das vertentes, os recursos são os que possuem um maior peso (32%), seguindo-se a vivência socioeconómica (19%), o conforto ambiental (15%), a integração local (14%), as cargas ambientais (12%) e por último a gestão ambiental (8%) [20].

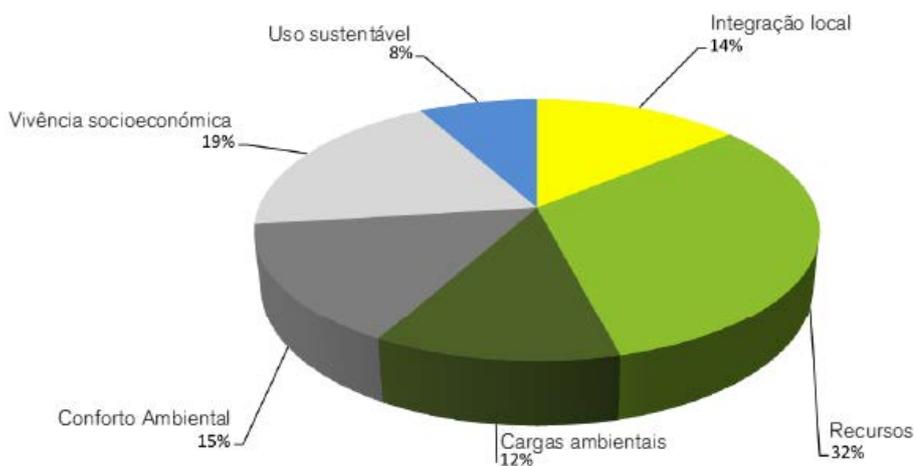


Figura 2.11 - Ponderação por vertentes [20]

Este sistema pode ser aplicado no plano, projeto e gestão do ciclo de vida. É aplicável a diferentes escalas espaciais, como a escala urbana até aos edifícios e materiais, desde que definida claramente qual a intervenção a ser abrangida.



# 3

## A PROBLEMÁTICA DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

### 3.1. INTRODUÇÃO

Os resíduos são resultado de todas as atividades do Homem no dia-a-dia, sendo a sua produção praticamente inevitável. Deve adotar-se uma gestão de resíduos que possibilite a minimização da sua produção, controlando as atividades que os originam. Deve existir uma relação entre a gestão de resíduos e a construção sustentável, que melhore esta gestão, diminuindo impactes ambientais consequente da menor produção de resíduos. Isto porque estes representam uma perda de recursos, na forma de materiais e energia [21, 22].

É fundamental conhecer as especificidades dos Resíduos de Construção e Demolição, abreviadamente, designados por RCD. Através do conhecimento das suas particularidades e da legislação que lhes é aplicável, os responsáveis pela atividade construtiva podem executar de modo correto, a prevenção e gestão deste tipo de resíduos. Nesse contexto, no presente capítulo, são analisados aspetos fundamentais para a gestão dos resíduos produzidos ao longo do processo construtivo.

### 3.2. RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

#### 3.2.1. CONCEITO E ORIGEM

Designa-se por resíduos quaisquer substâncias ou objetos de que o detentor se desfaz ou tem intenção ou obrigação de se desfazer [23].

Uma parcela significativa da produção total dos resíduos, pertence aos resíduos provenientes da indústria da construção, sendo esta situação comum à maioria dos Estados membros da UE. Para além da produção em quantidades significativas, este tipo de resíduos apresenta particularidades que dificultam a sua gestão, tais como a sua heterogeneidade e os diferentes níveis de perigosidade [24].

Assim, designam-se por resíduos de construção e demolição (RCD), aqueles com origem em obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edifícios. [25]. Estes caracterizam-se em função do tipo de atividade que origina a sua produção, sendo que podem decompor-se em três tipos [21]:

- Resíduos de construção originados a partir de construção nova;
- Resíduos de demolição provenientes da demolição de edifícios ou de outras estruturas; e

- Resíduos provenientes da renovação e reabilitação.

### 3.2.1.1. Resíduos de construção

Os resíduos provenientes da construção são constituídos principalmente por materiais utilizados durante a construção, sobras de novos materiais de construção, os quais podem estar danificados por exemplo, embalagens de resíduos, e todos os outros resíduos típicos das atividades que ocorrem num estaleiro [26]. Relativamente à construção nova, na Tabela 3.1 apresentam-se as causas que originam a sua produção no estaleiro ao longo do processo construtivo [21].

Tabela 3.1 – Causas dos resíduos de construção [21]

Fase de projeto
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de atenção na coordenação dimensional dos produtos;</li> <li>• Alterações realizadas no projeto durante o decorrer dos trabalhos;</li> <li>• Inexperiência do arquiteto na sequência e método da construção;</li> <li>• Falta de atenção aos tamanhos padrão existentes no mercado;</li> <li>• Falta de conhecimento do arquiteto quanto a produtos alternativos;</li> <li>• Complexidade de detalhes nos desenhos;</li> <li>• Falta de informação nos desenhos;</li> <li>• Caderno de encargos com erros e incompleto;</li> <li>• Seleção de produtos de baixa qualidade.</li> </ul>
Fase de execução
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erros cometidos durante o transporte ou pelos operários;</li> <li>• Acidentes devido a negligência;</li> <li>• Danos no trabalho concluído causados por operações posteriores;</li> <li>• Uso incorreto do material que, por sua vez, exige substituição;</li> <li>• Aquisição de quantidades inexatas devido à falta de planeamento;</li> <li>• Atrasos na entrega de informação ao construtor relacionado com o tamanho e tipo dos produtos a serem utilizados;</li> <li>• Mau funcionamento dos equipamentos;</li> <li>• Condições climáticas adversas.</li> </ul>
Manuseio de materiais
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Danos durante o transporte;</li> <li>• Armazenamento inapropriado que leva à deterioração ou dano dos materiais;</li> <li>• Materiais fornecidos em embalagens separadas (por exemplo, sacos de cimento);</li> <li>• Utilização do material existente nas proximidades do local de trabalho, mesmo que não seja o mais indicado;</li> <li>• Conflitos entre a equipa de projeto e os trabalhadores;</li> <li>• Roubo/vandalismo.</li> </ul>
Aspetos contratuais
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erros de encomenda (por exemplo, encomendar materiais a mais ou a menos);</li> <li>• Falta de possibilidade de encomendar menores quantidades;</li> <li>• Adquirir produtos que não cumprem as especificações.</li> </ul>

### 3.2.1.2. Resíduos de demolição

Devido às construções que já não fazem face às necessidades para as quais foram criadas, ou da sua não adaptação aos requisitos atuais dos seus utilizadores, recorre-se frequentemente à demolição indiferenciada donde resulta uma enorme produção de resíduos de demolição, os quais, na maioria dos casos, são depositados em aterro [27]. Os resíduos obtidos através de ações de demolição encontram-se em maior volume do que os de construção [26].



Figura 3.1 – Exemplo de resíduos de demolição [26]

Para evitar tal situação, como alternativa à demolição habitual deve optar-se pela desconstrução. Esta traduz-se num processo que possibilita aos resíduos resultantes de tal operação serem novamente utilizados. Com a sua execução pretende-se diminuir a excessiva produção de resíduos provenientes deste tipo de obras, através do desenvolvimento de técnicas que permitam a aplicação prática da desconstrução e a construção de edifícios mais duráveis, adaptáveis, com materiais de menor impacto ambiental e com grande potencialidade de reutilização [27].

Em termos ambientais a desconstrução ou demolição seletiva é vantajosa, pois permite o cumprimento de forma mais eficaz da hierarquia de valorização dos resíduos, aplicada à indústria da construção. Em suma, a desconstrução possibilita a reutilização e reciclagem de materiais, a inovação na construção, a existência de sustentabilidade na construção e o aparecimento de um novo mercado, o de materiais usados [27].

### 3.2.2. CLASSIFICAÇÃO E COMPOSIÇÃO DE RCD

A Lista Europeia dos Resíduos (LER), é um documento que compatibiliza no espaço europeu a classificação de resíduos de acordo com a sua proveniência. Foi aprovada pela Decisão da Comissão 2000/532/CE, de 3 de Maio, encontrando-se internamente publicada na Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março. [28]

A classificação dos resíduos é feita através de um código de 6 dígitos, no qual os dois primeiros identificam a atividade que origina os resíduos e os restantes quatro, o tipo de resíduos. Os RCD são identificados sempre que o código começa por 17, no entanto, existem resíduos que podem ser considerados RCD, os quais não possuem este código [28].

Tabela 3.2 – Código e respetiva descrição de RCD, adaptado de [28]

Código	Descrição
17 01	Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
17 02	Madeira, vidro e plástico
17 03	Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão
17 04	Metais (incluindo ligas)
17 05	Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem
17 06	Materiais de isolamento e de construção, contendo amianto
17 08	Materiais de construção à base de gesso
17 09	Outros resíduos de construção e demolição

Relativamente à composição, os RCD, estes são bastante heterogéneos e são constituídos maioritariamente por materiais inertes [21]. Segundo o Decreto-Lei n.º 152/2002, no qual são apresentados os diferentes tipos de resíduos, os RCD, podem ser classificados segundo três categorias [23]:

- Resíduos inertes: são aqueles que apresentam as seguintes características:
  - Não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas significativas;
  - Não são solúveis nem inflamáveis nem sofrem de outro tipo de reação física ou química;
  - Não é biodegradável;
  - Não afeta substâncias com as quais entra em contacto aumentando a poluição do ambiente ou prejudicando a saúde humana;
  - Lixiviabilidade total, conteúdo poluente e ecotoxicidade do lixiviado são insignificantes;
  - Não alteram a qualidade das águas superficiais e subterrâneas.
- Resíduos perigosos: apresentam no mínimo uma característica de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, e são identificados na LER com um asterisco no final do código que os identifica.
- Resíduos não perigosos: são os resíduos que não são abrangidos pelo conceito de resíduos perigosos e inertes apresentados nos pontos anteriores.

A composição dos RCD depende de vários fatores, nomeadamente da sua origem (construção, reabilitação ou demolição), da época da infraestrutura de onde estes surgem, do tipo de soluções existentes e dos critérios utilizados para a sua classificação e medição [29]. Quanto aos principais materiais que originam de um modo genérico a composição global dos resíduos são os evidenciados na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Composição global dos resíduos [29]

Materiais	% Peso total
Betão, alvenaria e argamassa	50
Madeira	5
Papel, cartão e outros combustíveis	1 – 2
Plásticos	1 – 2
Solos de escavação, brita de restauração de pavimentos	20 – 25
Asfalto	5 – 10
Lamas de dragagem e perfuração	5 – 10

Através da sua análise, verifica-se que os materiais maioritariamente desperdiçados são o betão, a alvenaria e a argamassa com cerca de 50% do peso total. Nesse contexto, devem ser procurados métodos que visem a minimização da sua produção através da reutilização, bem como vias que permitam a sua reciclagem ou outras formas de valorização [30].

### 3.3. ENQUADRAMENTO LEGAL

#### 3.3.1. LIGAÇÃO ENTRE A LEGISLAÇÃO

Para executar a prevenção e gestão de RCD torna-se fundamental relacionar a legislação ambiental com a legislação relativa ao setor da construção civil.

Surgiram dificuldades na aplicação do Regime Geral da Gestão de Resíduos aos RCD devido à especificidade destes. As soluções técnicas de valorização dos mesmos evidenciam alguns constrangimentos, que incluem a triagem e os locais apropriados para as instalações de depósito, o que futuramente se quer limitado aos resíduos não valorizáveis. Do referido, ressaltam em termos ambientais, situações que não se desejam como a deposição não controlada de RCD, inadequadas aos objetivos ambientais do nosso país, decorrente de compromissos assumidos quer internacionalmente quer em sede comunitária. [24].

Deste modo, há necessidade de recorrer a legislação própria para executar a sua gestão, legislação essa definida no Regime Jurídico de Urbanização e Edificação (RJUE) e no Código dos Contratos Públicos (CCP). É fundamental articular a legislação para se conhecerem as obrigações das empresas. Surge então o regime geral de gestão de RCD através do qual se criaram condições legais para a correta gestão de RCD [24].

### 3.3.2. LEGISLAÇÃO GERAL: DECRETO-LEI Nº 178/2006, DE 5 DE SETEMBRO

O Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro estabelece o regime geral aplicável à prevenção e gestão de resíduos. Durante a gestão de resíduos devem ser tidos em consideração os princípios de gestão enunciados no referido decreto-lei. Estes constam resumidamente dos seguintes preceitos legais [25]:

- Artigo 4.º: De harmonia com o princípio da autossuficiência e da proximidade, as operações de tratamento, ou seja, qualquer operação de valorização ou eliminação, devem decorrer em instalações adequadas com recurso às tecnologias e métodos apropriados, de modo a garantir a proteção do ambiente e da saúde pública. Estas operações devem ocorrer preferencialmente em território nacional e obedecendo a critérios de proximidade. Quanto à transferência de resíduos para o território nacional, esta pode ser impedida pela Autoridade Nacional de Resíduos (ANR) nos termos do Decreto-Lei n.º 45/2008, de 11 de Março. Segundo este, a ANR protege a rede de instalações nacional, limitando as entradas de resíduos que impliquem a eliminação dos resíduos nacionais ou o tratamento dos mesmos de modo incompatível com os respetivos planos de gestão.
- Artigo 5.º: De acordo com o princípio da responsabilidade pela gestão, esta e os seus respetivos custos são atribuídos ao produtor inicial dos resíduos, sendo que também pode ser imputada, na totalidade ou em parte ao produtor dos produtos que originaram os resíduos e partilhada pelos distribuidores do produto. No entanto, caso o seu produtor seja desconhecido, o responsável pelos resíduos passa a ser o seu detentor. Quando os resíduos são provenientes de outros países, a responsabilidade do destino final a dar aos mesmos pertence a quem os introduziu em território nacional, salvo em certos casos definidos na legislação referente à sua transferência.
- Artigo 6.º: Através do princípio da proteção da saúde humana e do ambiente que encima este artigo, pretendem-se evitar e reduzir os correspondentes riscos, garantindo que a produção, a recolha e transporte, o armazenamento preliminar e o tratamento de resíduos sejam realizados através de processos ou métodos que não causem impactes sobre o ambiente.
- Artigo 7.º: Respeitando o princípio da hierarquia da gestão de resíduos, este impõe a seguinte ordem de preferências no que se refere às práticas de prevenção e gestão:
  - a) Prevenção e redução;
  - b) Preparação para a reutilização;
  - c) Reciclagem;
  - d) Outros tipos de valorização;
  - e) Eliminação.

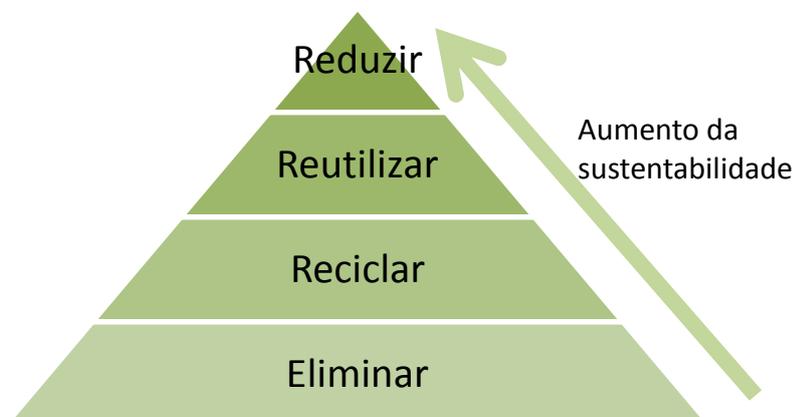


Figura 3.2 – Hierarquia da gestão de resíduos, adaptado de [26]

É fundamental que os produtores de resíduos procedam à separação de forma a promover a sua valorização por fluxos e fileiras.

De acordo com a contratação de empreitadas de construção e de manutenção de infra-estruturas ao abrigo do CCP, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de Janeiro, sempre que for tecnicamente exequível, é obrigatória a utilização de pelo menos 5 % de materiais reciclados ou que os incorporem, relativamente à quantidade total de matérias-primas usadas em obra.

- Artigo 8.º: Segundo o princípio da responsabilidade do cidadão, todos os cidadãos devem contribuir para a continuação dos princípios e objetivos referidos nos artigos anteriores, adotando medidas de carácter preventivo e práticas que facilitem a reutilização e valorização.
- Artigo 9.º: No que concerne ao princípio da regulação da gestão de resíduos, esta rege-se pelos princípios gerais referido no regime geral de gestão de resíduos e pela restante legislação aplicável, bem como em respeito dos critérios qualitativos e quantitativos fixados nos instrumentos regulamentares e de planeamento.  
Salienta-se que são proibidas operações de resíduos não licenciadas, bem como o abandono de resíduos, a incineração no mar, a sua injeção no solo e a queima a céu aberto.
- Artigo 10.º: Em consonância com o princípio da equivalência, deve haver uma compensação tendencial dos custos sociais e ambientais gerados pelo produtor à comunidade, ou dos benefícios que esta lhe faculta.
- Artigo 10.º-A: No que respeita ao princípio da responsabilidade alargada do produtor, este consiste em atribuir total ou parcialmente, física e ou financeiramente, ao produtor do produto a responsabilidade pelos impactes ambientais e pela produção de resíduos decorrentes do processo produtivo e da posterior utilização dos respetivos produtos, bem como da sua gestão quando atingem o final de vida.

### 3.3.3. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA: DECRETO-LEI Nº 46/2008

O decreto-lei em análise estabelece o regime das operações de gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edificações ou de derrocadas, ou seja de RCD, tendo em consideração a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação.

Segundo o referido no artigo 5.º, durante as fases de projeto e execução de obra deve privilegiar-se a minimização da produção e a perigosidade dos RCD, optando-se pela reutilização de materiais e pela utilização de materiais cuja possibilidade de originar RCD seja menor. Outra das práticas a adotar é a maximização da valorização de resíduos, utilizando materiais recicláveis e reciclados bem como adoção de métodos construtivos, que facilitem a demolição orientada para a aplicação dos princípios da prevenção e redução da hierarquia das operações de gestão de resíduos.

A obrigatoriedade da aplicação deste decreto-lei vem expressa no CCP e no RJUE. No CCP definem-se um conjunto de documentos que devem acompanhar o projeto de execução, sendo que conforme consta do artigo 43.º, o plano de prevenção e gestão de RCD é um deles.

De harmonia com o artigo 394.º do referido Decreto-Lei, as condições de receção da obra dependem da vistoria e do modo como foi executado o plano de prevenção e gestão de RCD, modo esse que deve ser referido no auto de receção provisória. Mesmo que a obra seja considerada tacitamente recebida,

poderá haver lugar a sanções segundo a legislação aplicável. Caso o dono de obra considere que a execução do plano de prevenção e gestão de RCD não foi a correta, tal deve ser declarado no auto de receção provisória conforme estabelece o artigo 395.º [31, 33].

No que respeita a obras particulares, o RJUE consagra a obrigação do cumprimento do regime das operações de gestão de RCD, através dos artigos 7.º, 53.º e 57.º, os quais impõem a obrigatoriedade do cumprimento do Decreto-Lei n.º 46/2008.

De acordo com o artigo 86.º do mesmo Decreto-Lei, é condição da emissão do alvará de autorização de utilização ou da receção provisória das obras de urbanização, que após a conclusão da obra se proceda à limpeza da área conforme o regime da gestão de RCD.

Conforme determina o artigo 54.º, sempre que for prestada uma caução, é aberta uma exceção ao referido no artigo anterior para garantia da execução desta operação [32, 33, 34].

Seguidamente, analisam-se os aspetos mais importantes referidos na legislação específica de RCD, os quais devem ser tidos em conta na sua gestão.

#### 3.3.3.1. Utilização de RCD em obra

Segundo refere o artigo 7.º, a utilização de RCD em obra, deve ser feita em conformidade com normas técnicas nacionais e comunitárias aplicáveis.

Caso estas não existam, devem ser aplicadas as especificações técnicas definidas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil e homologadas pelos membros do Governo responsáveis pelas áreas do ambiente e das obras públicas, relativas à utilização de RCD nomeadamente:

- Agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos;
- Aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte;
- Agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos;
- Misturas betuminosas a quente em central

As especificações do LNEC para RCD são as apresentadas de seguida:

- E 471 – 2006: Guia para a utilização de Agregados Reciclados Grossos em Betões de Ligantes Hidráulicos;
- E 472 – 2006: Guia para a Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central;
- E 473 – 2006: Guia para a Utilização de Agregados Reciclados em Camadas Não Ligadas de Pavimentos;
- E 474 – 2006: Guia para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e Camada de Leito de Infraestruturas de Transporte.

Depois da submissão dos resíduos às especificações acima enunciadas, estes passam a ser encarados como materiais/produtos, sendo que deixa de lhes ser aplicável a legislação respeitante aos RCD [31].

#### 3.3.3.2. Triagem e encaminhamento de RCD

A triagem traduz-se na separação de resíduos através de processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista à valorização ou a outras operações de gestão [25].

Conforme refere o artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, sempre que a reutilização não for possível, os RCD devem ser sujeitos a triagem em obra com vista o seu encaminhamento, por fluxos e fileiras de materiais para outros destinos como a valorização e a eliminação. Quando esta não for exequível em

obra, deve ser feita em local afeto à mesma, ou através do encaminhamento dos resíduos para operadores licenciados.

É de salientar que, a deposição de RCD em aterro, só é permitida após os resíduos serem submetidos a triagem conforme vem consignado no artigo 9.º do Decreto-Lei n.º46/2008.

As instalações de triagem a fixar em obra devem possuir os seguintes requisitos mínimos [24]:

- Vedação que impeça o livre acesso à instalação.
- Sistema de controlo de admissão de RCD.
- Sistema de pesagem com báscula para quantificar os RCD.
- Sistema de combate a incêndios.
- Zona de armazenagem de RCD não contendo resíduos perigosos, com piso impermeabilizado, dotada de sistema de recolha e encaminhamento para destino adequado de águas pluviais, águas de limpeza e de derramamentos e, quando apropriado, dotado de decantadores e separadores de óleos e gorduras. No caso de possuir resíduos perigosos esta deve ainda ser coberta.
- Existência de contentores adequados, identificados para o armazenamento seletivo dos diferentes resíduos destinados a reutilização, reciclagem ou outras formas de valorização.

### 3.3.3.3. Aplicação a obras públicas e particulares

Sempre que se tratar de uma obra pública, como já se referiu, o plano de execução deve ser acompanhado do PPG de RCD, o qual assegura os princípios gerais de RCD. Neste plano deve constar obrigatoriamente:

- A metodologia para a incorporação de reciclados de RCD;
- A metodologia de prevenção de RCD, identificando e estimando a quantidade de materiais a reutilizar na própria obra ou noutra;
- A referência a métodos de acondicionamento e triagem de RCD; e
- A estimativa dos RCD a produzir, a reciclar ou a sujeitar a outras formas de valorização, bem como a quantidade a eliminar, devidamente identificados com o código da lista europeia dos resíduos.

O plano pode ser alterado pelo dono de obra na fase de execução se tal for proposto pelo produtor de RCD. Deve estar disponível no local da obra para efeitos de fiscalização pelas entidades competentes e ser do conhecimento dos intervenientes neste tipo de gestão.

A sua conceção é da responsabilidade do dono de obra, caso não seja estipulado no contrato o contrário, o empreiteiro tem como responsabilidade a sua execução em obra assegurando que o seu conteúdo é cumprido.

No caso de obras particulares a conceção e execução do PPG de RCD não é obrigatória segundo a legislação. No entanto, esta é aconselhável, principalmente em obras particulares de grande dimensão [33].

Conforme o preceituado no artigo 11.º, em obras particulares, o produtor de RCD não tem como obrigação o PPG de RCD, mas é obrigado a:

- Promover a reutilização de materiais e a utilização de reciclados de RCD;
- Assegurar a existência de um sistema de acondicionamento adequado;

- Assegurar a aplicação de uma metodologia de triagem ou o seu encaminhamento para operador licenciado;
- RCD devem ser mantidos em obra o menor tempo possível, sendo que no caso de resíduos perigosos, não deve ultrapassar os 3 meses;
- Cumprir as normas técnicas aplicáveis; e
- Efetuar e manter o registo de dados de RCD.

#### 3.3.3.4. Transporte de RCD

Segundo os artigos 12.º e 16.º Decreto-Lei n.º 46/2008, o transporte de RCD deve ser executado conforme o referido na Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio. Esta Portaria fixa as regras de sujeição do transporte de resíduos dentro do território nacional, com exceção dos n.ºs 5, 6 e 7, relativos à utilização da guia de acompanhamento de resíduos, as quais são definidas na Portaria n.º 417/2008, devido ao desajustamento demonstrado pela anterior, quanto às especificidades dos resíduos produzidos pelo setor construtivo.

Sempre que o produtor e o detentor procedam ao transporte de resíduos, devem assegurar que este é feito de acordo com tal Portaria, e verificar se o seu destinatário está autorizado a recebê-los.

Quando se tratar do transporte de resíduos considerados perigosos pelo Regulamento Nacional do Transporte de Mercadorias Perigosas, aprovado pela Portaria n.º 977/87, de 31 de Dezembro, o produtor, o detentor e o transportador estão obrigados ao cumprimento desse regulamento.

Na portaria n.º 417/2008 estão fixadas as regras de utilização das guias de acompanhamento de resíduos. Existem dois modelos de guias, sendo que se utiliza a do Anexo I quando existir um único produtor ou detentor, e no caso de existirem vários utiliza-se a corresponde ao Anexo II.

Sempre que se justificar o transporte de RCD, seja no caso de a triagem não ser feita na própria obra, ou no caso de serem encaminhados para operadores licenciados ou destinos autorizados, deve ser feito o preenchimento da Guias de Acompanhamento de RCD (GARCD) tal como demonstrado na Figura 3.3.

Conforme o referido no artigo 16.º do Decreto-Lei n.º46/2008, o operador de gestão de RCD tem como responsabilidade o envio ao produtor um certificado de receção de RCD recebidos na sua instalação no prazo máximo de trinta dias, devendo ser disponibilizada uma cópia às autoridades de fiscalização, sempre que solicitado.

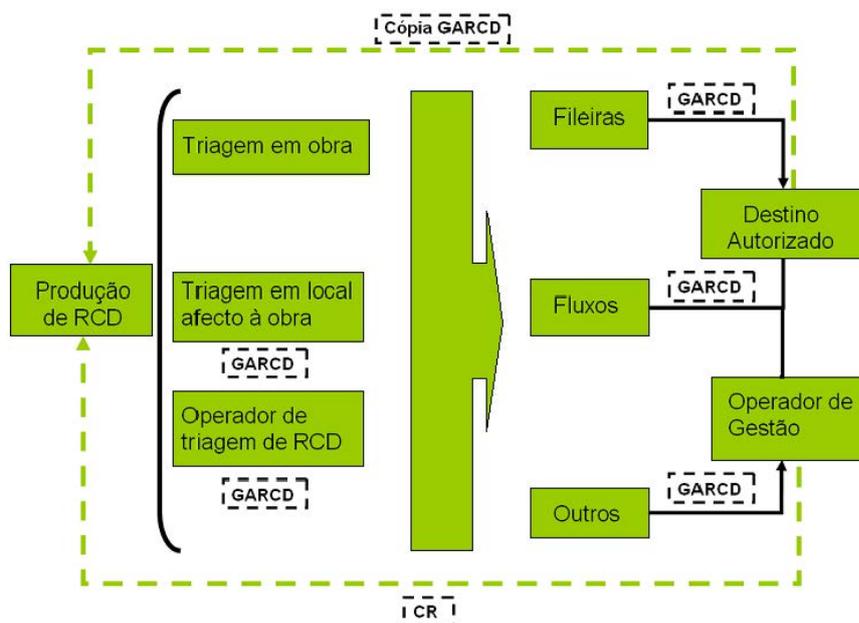


Figura 3.3 – Fluxograma de encaminhamento dos resíduos [29]

Está previsto que as guias de acompanhamento em formato papel passem a guias eletrónicas (eGAR). No entanto, até à entrada em funcionamento do registo eletrónico de transporte de resíduos referido no artigo 21.º do Decreto -Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, na redação dada pelo presente decreto -lei, mantém -se em vigor a Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio [35].

### 3.3.3.5. Licenciamento de operações envolvendo RCD

Segundo o estabelecido no artigo 13.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, as operações de armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de RCD estão sujeitas ao regime de licenciamento constante dos artigos 23.º a 44.º do Decreto -Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro. Quanto à deposição em aterro, esta também está sujeita a licenciamento, segundo o Decreto-Lei n.º152/2002.

Relativamente às operações dispensadas de licenciamento são as apresentadas de seguida:

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

#### 3.3.3.6. Registo de informação sobre a gestão de RCD

De acordo com o artigo 15.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, os produtores e operadores de gestão de RCD, estão obrigados ao registo e à prestação de informação exigida no Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos, SIRER.

Este é gerido pela ANR, a qual mantém um sistema integrado de registo eletrónico, que se designa por SIRER e permite o registo e o armazenamento de dados relativos à produção e gestão de resíduos e outras informações importantes.

#### 3.3.3.7. Taxa de gestão de RCD

Através da criação da taxa de resíduos, a qual é utilizada com sucesso noutros países, promove-se uma gestão eficiente dos resíduos que passa pela interiorização por produtores e consumidores dos custos ambientais que lhe estão associados [25].

Segundo o artigo 21.º do Decreto-Lei n.º 46/2008, a taxa para resíduos inertes depositados em aterro tem o valor de 2€/ton, ou seja, valor inferior ao disposto no Decreto-Lei n.º 178/2006 para os mesmos resíduos [24].

# 4

## PRÁTICAS E INDICADORES DE DESEMPENHO A APLICAR NA PREVENÇÃO E GESTÃO DE RCD

### 4.1. INTRODUÇÃO

Atualmente, ainda existem dificuldades em implementar uma correta gestão de resíduos ao longo do processo construtivo e torna-se fundamental que a empresa de construção assegure que os vários intervenientes envolvidos neste tipo de gestão ao longo da atividade construtiva estejam devidamente informados e coordenados [36].

Nesse contexto, e sendo a sua produção inevitável, deve prever-se uma correta e eficaz gestão para que sejam minimizados os impactes ambientais gerados pela sua deposição e melhorado o aproveitamento de todos os recursos utilizados.

No corrente capítulo, são apresentadas um conjunto de práticas a aplicar de modo sequencial (antes, durante e após o processo construtivo) que passam pela prevenção, reutilização e valorização dos resíduos. Através da sua implementação, a empresa de construção melhorará os resultados ao nível da prevenção e gestão de RCD. A partir destas práticas, foi elaborado um conjunto de indicadores, o qual permite verificar se a gestão de RCD é executada de forma sustentável.

### 4.2. PROPOSTA DE PRÁTICAS DE PREVENÇÃO GESTÃO DE RCD

Com as práticas de seguida apresentadas, pretende-se facilitar e melhorar a prevenção e gestão de resíduos em obra. Funcionam como um complemento aos aspetos legislativos referidos anteriormente.

Durante este capítulo serão apresentadas as práticas correspondentes à prevenção e gestão nas quais se pretende minimizar a produção de RCD, e o carácter perigoso, para o ambiente ou saúde, dos resíduos e materiais ou substâncias neles contidas. Todo este processo deve abranger as ações desde a extração de matérias-primas até à valorização de resíduos ou através do seu encaminhamento para outros destinos, como é demonstrado através do esquematizado na Figura 4.1[36].

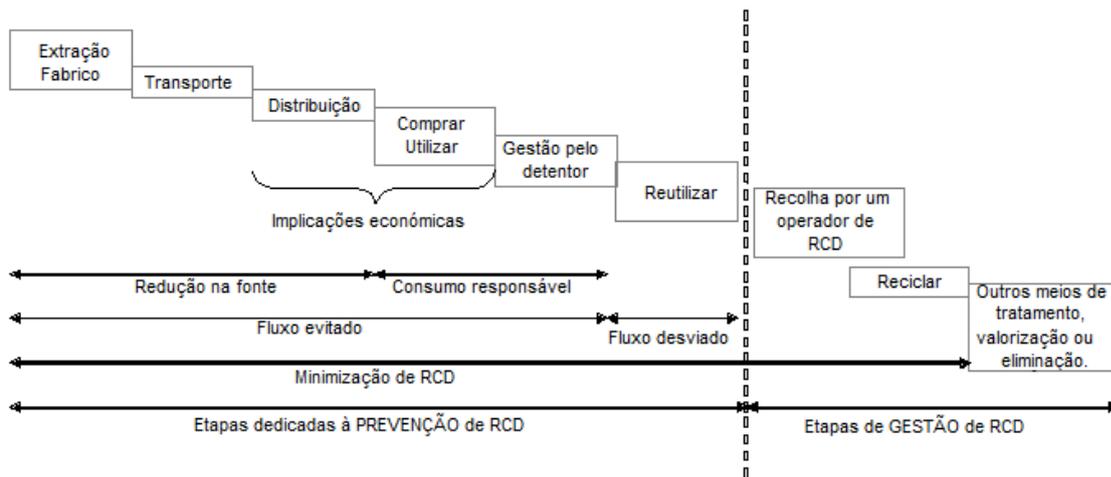


Figura 4.1 – Práticas de prevenção e de gestão de RCD, adaptado de [36]

É de salientar que, as práticas seguidamente apresentadas devem ser pensadas a montante do processo construtivo, assegurando que a prevenção e gestão de resíduos em obra são feitas da forma mais sustentável possível. Isto porque o pensar antecipadamente, torna possível a adoção de soluções que privilegiam a limitação do desperdício, a redução da perigosidade, promovendo a reutilização e valorização de resíduos, permitindo um melhor controlo de custos, o que torna o processo construtivo mais sustentável [36].

As práticas propostas são referentes ao momento anterior ao processo construtivo, à construção propriamente dita, e à fase posterior ao processo construtivo. São definidas ao longo de sete etapas como está representado no esquema da Figura 4.2. Estas foram elaboradas tendo como principal referência o livro referido em [36].

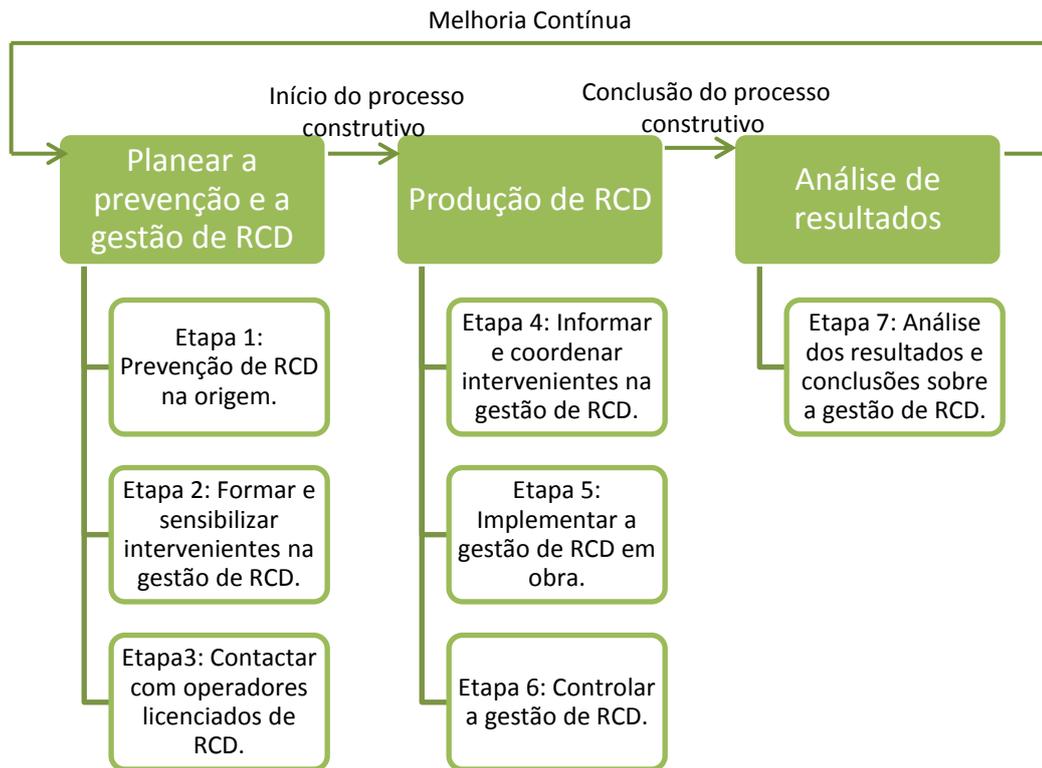


Figura 4.2 – Práticas a considerar na prevenção e gestão de RCD

A empresa de construção deve assegurar a implementação das práticas apresentadas ao longo das várias fases do processo construtivo, nomeando um responsável principal pela prevenção e gestão de RCD. Este deve possuir o perfil apresentado seguidamente.

### 4.3. PERFIL DO RESPONSÁVEL PELA GESTÃO DE RCD

Na execução das várias ações que integram a gestão de RCD em obra, estão envolvidos vários intervenientes. De seguida, apresentam-se os vários intervenientes e as respetivas ações a considerar (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Ações dos intervenientes na gestão de RCD, adaptado de [34]

Interveniente	Ações
Engenheiro Técnico Civil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilização de solos e rochas contaminadas;</li> <li>• Reutilização de RCD em obra;</li> <li>• Triagem de RCD;</li> <li>• Deposição em Aterro;</li> <li>• Plano de Prevenção e Gestão de RCD;</li> <li>• Cumprimento das obrigações do promotor;</li> <li>• Transporte de RCD.</li> </ul>
Engenheiro Técnico Civil – Geotécnico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilização de solos e rochas contaminadas.</li> </ul>
Técnico do ambiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reutilização de RCD em obra;</li> <li>• Triagem de RCD;</li> <li>• Deposição em Aterro;</li> <li>• Plano de Prevenção e Gestão de RCD;</li> <li>• Cumprimento das obrigações do promotor.</li> </ul>
Formador	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triagem de RCD.</li> </ul>
Técnico de Prevenção e Segurança	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triagem de RCD.</li> </ul>
Técnico de Prevenção de Incêndios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triagem de RCD.</li> </ul>
Encarregado – Trabalhador da Construção Civil e Obras Públicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triagem de RCD.</li> </ul>
Operários – Trabalhadores da Construção Civil e Obras Públicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triagem de RCD.</li> </ul>
Serventes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triagem de RCD.</li> </ul>

Devido ao elevado número de ações a executar neste tipo de gestão é necessário que a empresa de construção nomeie um responsável pela gestão de RCD. Este deve implementar de forma bem-sucedida as operações correspondentes à prevenção e à gestão dos resíduos.

O responsável pela gestão de RCD deve planear toda a sua gestão antes do início do processo construtivo e assegurar que esta é executada em conformidade com o que foi pensado anteriormente. É o interlocutor entre a empresa de construção e os vários intervenientes em obra no que respeita a esta matéria. No caso de não lhe ser possível estar sempre a acompanhar o desenrolar de tal gestão, ou seja caso a obra seja de grande dimensão ou este possua mais obras por qual é responsável, deve nomear um ou mais assistentes para que estes desempenhem o seu papel na sua ausência e deste modo fique assegurada a boa execução da gestão de RCD [36].

Analisando, as várias ações a implementar por cada interveniente de cada um, os que possuem perfil mais adequado para desempenhar tal papel são o Engenheiro Técnico Civil e o Técnico Ambiental pois são os que estão presentes em praticamente todas as ações desta gestão e que lhes permite acompanhar de forma contínua todas as ações. No entanto, o planeamento e a elaboração de planos devem ser executados pelo Engenheiro Civil, visto este ter competências para o fazer.

De seguida apresenta-se um conjunto de práticas que devem ser consideradas ao nível da prevenção e gestão de RCD e cuja implementação deve ser assegurada pelo responsável com os perfis anteriormente referidos. No entanto, estas devem ser do conhecimento de todos os outros intervenientes nesta gestão.

#### 4.4. PREVENÇÃO DE RCD NA ORIGEM

##### 4.4.1. ADOTAR PRÁTICAS QUE MINIMIZEM O DESPERDÍCIO EM OBRA

Para que haja uma minimização da produção dos resíduos, deve-se refletir sobre a aquisição de materiais, optar-se pelos métodos construtivos ou desconstrutivos mais adequados em função do tipo de obra (construção, reabilitação ou desconstrução) e assegurar a existência de um sistema de triagem que permita reutilizar os resíduos produzidos [36].

Tendo presente as várias fases do ciclo de vida de uma construção (projeto, construção, operação/manutenção, demolição/deposição), é de salientar que algumas das práticas apresentadas nesta fase de prevenção de RCD ficam decididas na fase de projeto como a seleção dos materiais e dos métodos construtivos. De acordo com o referido no capítulo mostra-se fundamental que as empresas de construção sejam integradas nas equipas de projeto, onde ambas têm influência sobre as tomadas de decisão. Isto porque existem questões que ficam definidas logo na fase de projeto [11].

##### 4.4.1.1. A escolha de materiais de construção

A crescente procura de ecoprodutos, ou seja, de produtos que causem um menor impacto ambiental, do que um modelo de produto anterior ou de um produto concorrente ao longo do seu ciclo de vida, constitui o principal incentivo ao uso da informação contida numa declaração ambiental de produto da sua cadeia de abastecimento. Sendo os produtos geralmente constituídos por vários materiais e componentes, estes deverão assegurar que o conjunto é ambientalmente o menos nocivo quanto possível [38].

É importante fazer a comunicação do desempenho ambiental dos materiais e componentes no seu fornecimento, através da utilização de etiquetas/declarações ambientais. Estas são aplicáveis mundialmente por todas as empresas e organizações interessadas [38].

Existem etiquetas e declarações ambientais, a partir das quais se comunicam os aspetos ambientais de um produto ou serviço ao mercado. Nesse contexto, destacam-se as declarações ambientais de produto, as quais têm como objetivo comum, o incentivo da procura e da oferta de produtos que causem menos impactos a nível ambiental, estimulando o potencial de mercado e impulsionando a melhoria contínua ambiental. Estas são alvo da normalização ISO tanto a nível mundial como europeu [39].

De acordo com as normas ISO, existem três tipos de etiquetas/declarações ambientais (tipo I, II e III). Todas são dirigidas para o mercado alvo do retalho, embora as do tipo III se destinem também à indústria, estando aqui incluídos os produtos de construção [38].

Segundo as características dos ecoprodutos referidos no ponto 2.3.3, estes devem ser selecionados tendo em consideração o seu potencial de reutilização e reciclagem, ou seja a aptidão que estes têm para novas utilizações, depois de completarem o seu ciclo de vida. Para isso, devem optar-se primeiramente pelos materiais que tem maiores potencialidades de reutilização, e só depois pelos que possuem potencial de reciclagem, pois a reutilização direta consome menor quantidade de energia, embora ambas as opções evitem a descarga de resíduos no meio ambiente [9].

Ao optar pela aquisição de materiais de construção a fornecedores que tenham em consideração os aspetos ambientais referidos há uma minimização da quantidade RCD produzida já que esta opção traduz-se no seguinte [36]:

- Produção de embalagens reduzida, pois os fornecedores evitam-na sempre que possível e fazem a sua recuperação;
- Redução da utilização de materiais que geram resíduos perigosos;

- Minimização do impacto sobre o meio natural, com os inerentes reflexos ao nível dos impactos ambientais, preservando o meio ambiente;
- Maximização da durabilidade dos materiais.

#### 4.4.1.2. Práticas construtivas que geram menor quantidade de resíduos

Com a adoção de certos métodos construtivos, os quais podem também ser decididos na elaboração do projeto, pode reduzir-se a produção de resíduos [1, 36].

- Optar por materiais que não necessitem de ser processados no local da obra.
- Utilizar componentes padronizadas e sistemas modulares de construção, como por exemplo a utilização de elementos pré-fabricados, que reduzam a necessidade de adaptações em obra e a complexidade de operações no local, prática esta cada vez mais comum;
- Pesquisar sobre o desempenho e garantia de materiais reutilizados, reciclados ou recuperados e, caso estas sejam adequadas, optar por este tipo de produtos;
- Projetar e construir edificações mais fáceis de desmontar, através de junções e acabamentos que o facilitem, para que, no final da sua vida útil, sejam gerados menos resíduos no estaleiro;
- Projetar edificações de fácil adaptação e reutilização no fim da sua vida útil;
- Fazer um planeamento das reservas existentes na obra e estimar quais as possíveis utilizações a dar aos futuros resíduos reutilizáveis, de modo a gerar uma menor quantidade em obra .

#### 4.4.1.3. Triagem e reutilização na própria obra

Sempre que possível deve optar-se pela triagem e reutilização na própria obra. Todos os materiais não reutilizáveis e que constituam RCD, devem ser forçosamente alvo de triagem em obra com vista ao seu envio para os diferentes destinos, com vista à reciclagem ou outras formas de valorização ou eliminação. Caso a triagem não possa ser feita em obra, é dever da empresa de construção enviá-lo para um local afeto à mesma, ou para operadores licenciados [24].

No entanto, sempre que houver a possibilidade de instalar um sistema de triagem na própria obra, tal será favorável à reutilização de RCD no local, sendo esta uma das práticas fundamentais para a redução da quantidade de RCD produzida. Este sistema de triagem é também importante, pois evita que certos resíduos sejam contaminados por outros, que contenham substâncias prejudiciais à sua reutilização [36].

#### 4.4.2. DEFINIR O ENCAMINHAMENTO DOS RCD SEGUNDO OS DIFERENTES DESTINOS

A partir da estimativa da produção de RCD segundo os diferentes destinos para onde são encaminhados, a qual consta do PPG de RCD, deve instalar-se um sistema de triagem de resíduos, a partir do qual a empresa os separe, mediante processos manuais ou mecânicos, sem alterar as suas características, e que permita a sua valorização ou o encaminhamento para outro destino [25].

Para se definirem quais os destinos dos diferentes tipos de RCD gerados em obra, para além do princípio da hierarquia dos resíduos, devem ser consideradas as limitações locais que mais tarde poderão condicionar tal escolha. Deste modo, o responsável pela questão dos resíduos de uma determinada obra, deve visitar o futuro local de construção. Em obras de demolição ou de reabilitação com uma

fase de demolição, esta visita mostra-se preponderante, devido à maior quantidade de resíduos que existem para gerir. Esta visita, permite ter uma melhor perceção das várias limitações que poderão mais tarde afetar a logística de RCD, como por exemplo [36]:

- As condições de acesso;
- O espaço disponível para a implementação do estaleiro;
- O espaço disponível para as instalações destinadas ao depósito de RCD;
- O tipo de vizinhança;
- O estado atual do edifício existente;
- Eventuais mudanças experimentadas pela construção ao longo do tempo;
- Outro tipo de limitações.

A escolha dos destinos para onde são enviados os resíduos deve ter em conta os custos das várias opções. Nesse contexto, deve elaborar-se um orçamento com todos os custos que podem surgir na gestão em causa, tendo em conta as limitações locais e os diferentes destinos para onde podem ser enviados os resíduos. A visita à obra permite identificar condicionantes locais, as quais podem alterar a gestão planeada, e deste modo alterar o custo estimado [36].

#### 4.4.3. DETERMINAR A POSIÇÃO DAS INSTALAÇÕES DE DEPÓSITO DE RCD E O NÍVEL DE TRIAGEM

Outro dos aspetos a ter em consideração antes de se iniciar o processo construtivo é a localização das instalações destinadas ao depósito dos RCD, bem como a definição do nível de triagem cuja implementação seja exequível no estaleiro. Nem sempre há possibilidade de ter em obra grandes áreas e o número de contentores desejados para executar a triagem de RCD do modo mais conveniente. A visita à obra e o conseqüente conhecimento das condicionantes locais, constituem, também, aspetos fundamentais na tomada de respetivas decisões [36].

Relativamente à posição das instalações para o depósito de RCD, esta deve ser estratégica e selecionada, em função das seguintes variantes:

- Facilidade em aceder ao espaço onde estão depositados os resíduos, para que seja possível a sua recolha, por parte dos meios de transporte dos operadores licenciados;
- Existência de uma área de armazenamento temporária no local, onde são executadas as tarefas que originam os resíduos, a qual deve estar devidamente sinalizada por exemplo através de painéis separadores;
- Identificar os meios, para o transporte horizontal e vertical dos resíduos gerados e por vezes acumulados em zonas intermédias de depósito, através da utilização de rampas e da aquisição de equipamentos elevatórios para a realização da tarefa se necessário; e
- Prever mudanças de localização das instalações de depósito, que se mostrem vantajosas para a gestão de RCD, necessárias ao longo das diferentes fases construtivas.

Quanto ao nível de triagem adotado, este depende dos destinos escolhidos e do encaminhamento dos RCD (reutilização, valorização e eliminação). Não há, portanto, uma solução única para nenhum tipo de construção. O esquema apresentado de seguida apresenta dois níveis de classificação: mínimo e otimizado para promover a reciclagem em obra.

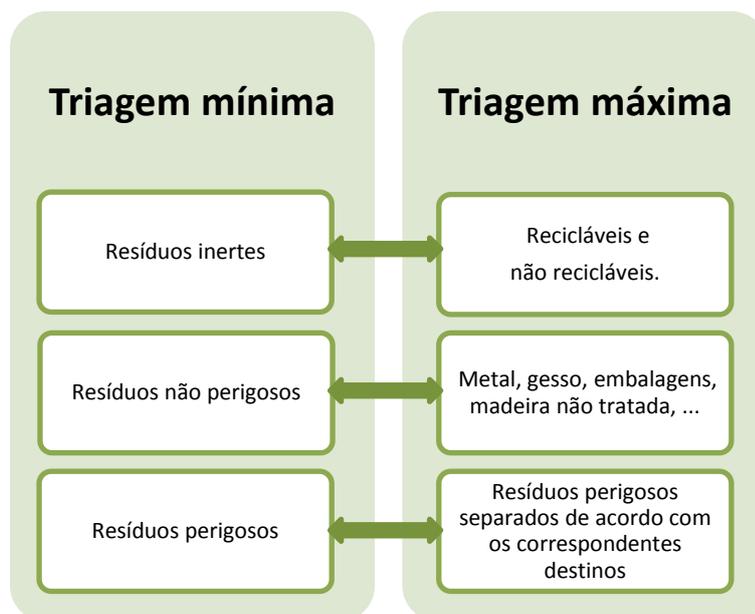


Figura 4.3 – Níveis de triagem, adaptado de [36]

É de salientar que, para o depósito dos resíduos, as empresas de construção devem optar pelos tipos de recipientes mais adequados para a triagem dos RCD conforme a obra a executar, a área disponível em estaleiro, a produção de RCD esperada, os diferentes destinos considerados e o tipo de resíduo a ser armazenado. Na Figura 4.4 apresentam-se alguns dos recipientes possíveis.



Figura 4.4 - Formas de acondicionamento, adaptado de [40].

Caso não existam limitações locais, deve escolher-se o recipiente mais adequado em função do resíduo que lá se pretende armazenar. Na Tabela 4.2 apresentam-se exemplos de RCD a armazenar em função do recipiente [40].

Tabela 4.2 – Meios de acondicionamento de RCD, adaptado de [40]

Recipiente	RCD
Contentores metálicos	Utilizados para resíduos como madeira, inertes, metais, plástico, papel e cartão.
Big-bags	Armazenam reduzidas quantidades de resíduos, tais como inertes, plástico, papel e cartão, materiais de isolamento.
Jerricans	São utilizados para armazenar resíduos de óleos ou águas oleosas em pequenas quantidades.
Bidões	Servem para acondicionar resíduos perigosos tais como embalagens, terras contaminadas, ou outras originadas em caso de derrame sobre o solo.
Sem recipiente (acondicionamento a granel)	Podem ser armazenados resíduos de madeira, inertes, metais

Note-se ainda que, para evitar possíveis erros na separação de resíduos, os contentores, devem ser corretamente identificados quanto ao conteúdo que lá deve ser depositado.

#### 4.4.4. DETERMINAR A FREQUÊNCIA DE RECOLHA DOS RCD

É necessário estimar a capacidade de enchimento dos recipientes destinados à deposição dos resíduos, em função do seu volume e do tipo de resíduo, para definir a quantidade e o volume dos contentores a colocar no estaleiro ao longo do processo construtivo, bem como determinar com que frequência de recolha dos resíduos por parte de operadores licenciados.

Assim, em função destas duas variáveis, apresenta-se a Tabela 4.3, que evidencia a capacidade de enchimento em função do volume do contentor e do tipo de resíduo. Outro modo de estimar a capacidade de enchimento dos resíduos, é a utilização de fatores de conversão de volume em peso, segundo os diferentes resíduos, a qual está representada na Tabela 4.4. Os fatores de conversão apresentados nas tabelas referidas são propostos por um método Francês proposto em [36].

Tabela 4.3 – Capacidade de enchimento (expressa em toneladas) em função dos vários volumes [36]

Volume do contentor	10m <sup>3</sup>	15m <sup>3</sup>	20m <sup>3</sup>	30m <sup>3</sup>
Resíduos inertes	≥8	<14	-	-
Madeira	1	1,5 a 2	2 a 2,5	> 3
Embalagens	0,3 a 0,5	0,5 a 0,8	1 a 1,5	-
Sucata metálica	0,5 a 1	1	1,5	> 3
Resíduos não perigosos	0,5 a 1	1 a 2	2 a 3,5	3,5 a 4,5
Resíduos perigosos	1	-	-	-

Tabela 4.4 – Fatores de conversão de volume em peso de alguns tipos de RCD, adaptado de [36]

Resíduos	m <sup>3</sup>	Toneladas
Mistura de resíduos inertes	1	1,5
Tijolo	1	0,7
Betão	1	1,8
Mistura de resíduos não perigosos	1	0,31
Resíduos não perigosos compactos	1	0,8
Madeira	1	0,14
Caixotes	1	0,036
Resíduos vegetais	1	0,14
Sucata	1	0,13
Barris metálicos	1	0,05
Barris plásticos	1	0,05
Coberturas de plástico	1	0,05
Metais não-ferrosos	1	0,2
Tintas e vernizes	1	1,2
Pneus triturados	1	0,7
Pneus a granel	1	0,14
Pneus de camião	1	0,16
Pneus empilhados	1	0,2
Poliestireno expandido	1	0,04
PVC-PET	1	0,025
Solventes	1	1
Têxteis	1	0,1
Vidro	1	0,4
Vidro moído	1	0,7
Resíduos em papel	1	0,28

No caso de um resíduo não estar presente nas tabelas anteriormente apresentadas, deve adotar-se um fator de conversão, o qual deve ser melhorado com a prática no decorrer do processo construtivo. Por

outro lado, se um dos fatores de conversão originar uma frequência diferente da real, estes devem ser retificados, aumentando ou diminuindo o respetivo fator de conversão até encontrar um valor mais próximo da realidade.

Ao longo da recolha dos resíduos existentes no estaleiro, é fundamental que o responsável pelos RCD, assegure o referido nos seguintes pontos:

- Conformidade com o planeado ao nível do número de contentores e do seu volume. No entanto, podem ocorrer variações durante o processo construtivo e caso estas sejam significativas, a estimativa sobre a recolha dos RCD deve ser retificada;
- Sinalização no local de depósito durante todo o processo construtivo uma vez que mesmo em tarefas finais ocorre a produção de resíduos;
- Registo contínuo das quantidades de RCD recolhidas ao longo do processo construtivo da informação relativa aos tipos de resíduos recolhidos, das respetivas quantidades, do destino para onde são encaminhados e do número da GAR na data em que esta ação foi executada. Esta informação permite controlar a produção de resíduos.

Estas boas práticas levam a que não ocorram as seguintes não conformidades durante esta gestão:

- Existência de recipientes sobrelotados, considerados como depósitos caóticos no local, sendo que devem ser respeitadas as suas quantidades limite;
- Recolha de recipientes sem que o a capacidade de preenchimento seja totalmente preenchida;
- Existência de erros relativos a uma incorreta separação.

Através da implementação de tais práticas, no que diz respeito à recolha dos resíduos em obra, transmite-se a qualquer visitante do estaleiro, a existência de processos demonstrativos de rigor e exigência, no que concerne à organização e limpeza.

#### 4.4.5. PREVER QUESTÕES RELACIONADAS COM A SEGURANÇA

No que concerne à segurança, devem ser previstas algumas práticas relacionadas com situações que por vezes podem por em causa a segurança no estaleiro como o armazenamento, e com questões relacionadas com resíduos perigosos, como as apresentadas de seguida:

- Não sobrecarregar as zonas de depósito intermédias;
- Assegurar a sinalização do depósito em zonas intermédias;
- Armazenar, os resíduos líquidos perigosos ou as embalagens que contêm líquidos perigosos em tanques com sistemas de retenção;
- Verificar incompatibilidades entre os vários materiais perigosos antes de armazená-los;
- Organizar fichas aquando da entrega dos materiais com informações importantes para uma futura consulta por parte da empresa.

Conforme o Decreto-Lei 273/2003, no Plano de Segurança e Saúde analisam-se os possíveis riscos e as respetivas medidas preventivas a adotar nos sistemas de evacuação de resíduos [41].

#### 4.4.6. DEFINIR MEDIDAS PARA EVITAR A CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL

Para além das melhorias técnicas a considerar ao longo do processo construtivo ao nível de materiais, da segurança e saúde, devem ser considerados também os aspetos ambientais. Existem diversas atividades provocadas durante a execução da gestão de RCD, que causam danos ao meio ambiente e à po-

pulação. A contaminação dos solos e da água e a produção de poeiras e lamas são exemplos de danos provocados por este tipo de gestão [42].

No que diz respeito à produção de lamas, estas surgem quando ocorrem movimentos de terra em dias chuvosos. Os pneus dos camiões que fazem o transporte, entre diferentes locais onde são depositadas as terras, devem ser limpos ao deixar a área de construção, pois para além do aspeto desagradável que a deposição de lamas pode provocar em zonas públicas, há uma maior probabilidade da ocorrência de acidentes no caso destas ficarem depositadas nas vias [42].

Outra das preocupações ambientais a ter em consideração é a produção de poeiras, as quais nesta gestão podem resultar de práticas de demolição e de movimentos de transporte. A produção de poeiras pode criar problemas de saúde, principalmente a quem sofre de problemas respiratórios, degrada o meio ambiente poluindo o ar e a água, danifica a propriedade, cria condições inseguras de trabalho e a sua produção envolve um aumento de custos pelo trabalho adicional envolvido.

Uma das práticas a executar é dar conhecimento aos moradores das ações que vão ocorrer em obra, informando-os sobre a data em que vão ocorrer tais ações e deixar um contato para qualquer problemas que surja. Isto pode reduzir problemas com quem habita perto da obra e assegura que no caso de ocorrer algum problema ou emergência estes possam ser resolvidos rapidamente.

Deve ser organizado um plano de gestão das operações geradoras de poeira antes de se iniciar o processo construtivo. Caso seja prevista a sua produção em grande quantidade, devem ser colocadas barreiras físicas, controlar o tráfego no estaleiro, compactar os solos, entre outras medidas preventivas.

Relativamente à contaminação dos solos e da água, esta deve-se à emissão de certos resíduos perigosos no ambiente natural, tais como tintas, solventes, óleos e águas de lavagem do local de construção ou outros produtos que contêm substâncias perigosas [36]. O tratamento deste tipo de contaminação tem custos muito elevados que causam inconvenientes para a população local e para os visitantes. Deste modo, devem ser cumpridos os requisitos mínimos exigidos no Anexo I do Decreto-Lei n.º46/2008, no que respeita ao seu armazenamento de modo a evitar que tal ocorra.

Terminado o planeamento de medidas que visam prevenir e reduzir a quantidade de RCD em obra, resumem-se as principais tarefas do responsável pela gestão de RCD representadas no fluxograma da Figura 4.5.

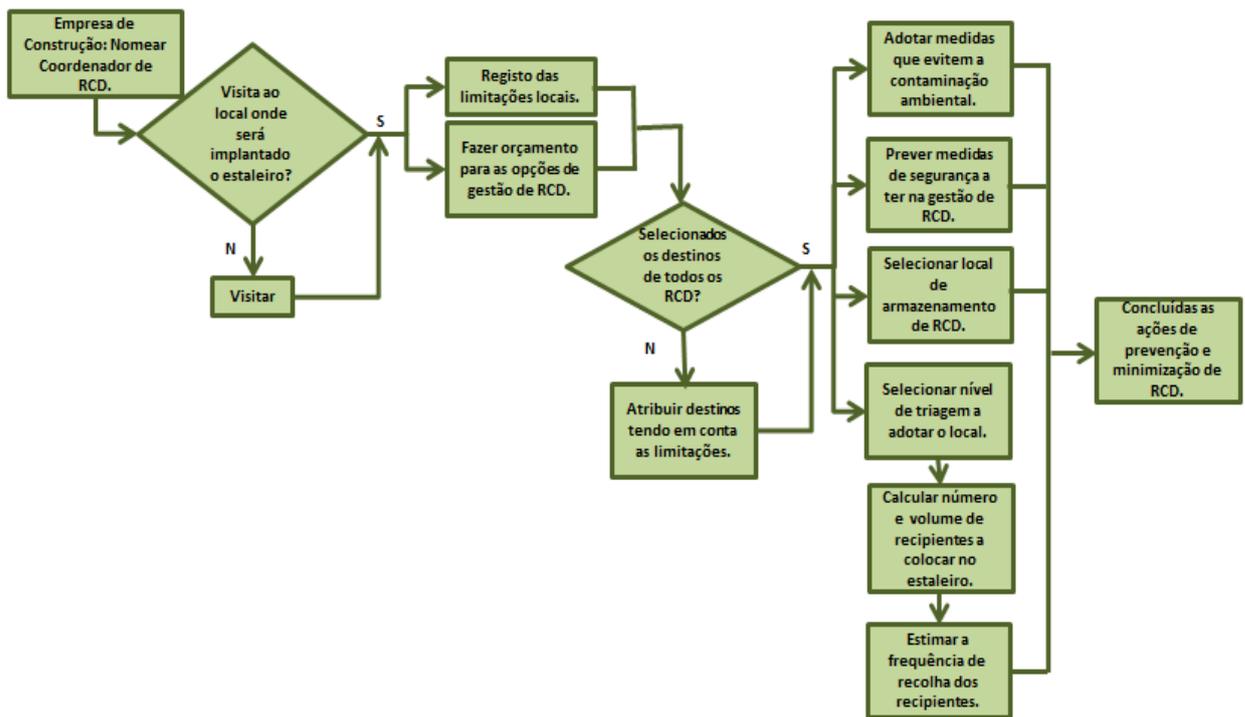


Figura 4.5 – Práticas relativas ao planeamento da prevenção de RCD

A empresa de construção deve assegurar que foi nomeado um responsável pela gestão de RCD e que este leva a cabo as práticas de prevenção e gestão de RCD. Depois de estas serem planeadas, o responsável por esta gestão, deve verificar a instalação de todos os meios de armazenamento bem como a respetiva identificação dos recipientes selecionados para o depósito de resíduos no estaleiro, deve preparar sistemas de registos que auxiliem a gestão dos RCD em obra bem como e agendar sessões de formação aos vários intervenientes, tanto da própria empresa, como também a subcontratados [36].

#### 4.5. FORMAR E SENSIBILIZAR INTERVENIENTES NA GESTÃO DE RCD

Outro conjunto de práticas que devem ser executadas pelo responsável desta gestão de RCD anteriormente ao processo construtivo, relaciona-se com a formação e sensibilização dos vários intervenientes envolvidos nesta gestão [36].

Deve ser implementada uma cultura no sentido da sensibilização e formação de todos os participantes na gestão de RCD, para que todos tenham acesso à informação relevante neste tipo de gestão. Sempre que há novos intervenientes no processo construtivo, estes devem frequentar sessões de formação sobre RCD. Deste modo, a empresa não está só a está a investir no projeto atual, mas também em futuros projetos de construção. A formação sobre a gestão de RCD deve abranger os seguintes temas [36]:

- Responsabilidades e deveres;
- Reconhecimento e classificação de resíduos;
- Interesses e as práticas do tipo;
- Práticas proibidas e algumas regras específicas;
- Medidas de segurança relativas à gestão de resíduos;
- Aspectos gerais sobre o conteúdo do PPG de RCD.

Para além da formação, a existência de meios de sensibilização disponíveis no estaleiro, evita a existência de não conformidades ao nível da execução de tarefas na gestão de RCD. Estes podem ser os seguintes [36]:

- Ícones com a representação dos resíduos admissíveis em cada recipiente para cada área de armazenamento;
- Cartazes sobre as regras gerais da gestão;
- Informação disponibilizada sobre a gestão de RCD, ilustrada com fotografias se possível, por exemplo folhetos.

Para que a gestão de resíduos no estaleiro decorra da forma mais eficiente possível, é necessário organizar uma reunião antes do início da construção, na qual se informam os vários intervenientes no estaleiro, sobre as condições de gestão de RCD na obra em questão. Os intervenientes devem ser sensibilizados no que respeita a aspetos relativos à triagem dos resíduos, cuidados a ter de modo a evitar a contaminação ambiental, questões relacionadas com a segurança e a gestão de resíduos e também deve ser apresentada a localização das instalações de depósito. Para que todos tenham conhecimento da sua existência, devem ser ainda apresentados os meios de comunicação e sensibilização da gestão de RCD usados no estaleiro. Podem ainda surgir outros aspetos importantes, os quais devem ser referenciados na reunião de apresentação da gestão de RCD da obra em causa [36].

#### **4.6. CONTACTAR COM OPERADORES LICENCIADOS DE RCD**

O contacto com operadores de resíduos licenciados deve ser feito assim que for estimada a quantidade de resíduos produzidos, definidos os seus destinos bem como a frequência da sua recolha.

As empresas de construção quanto a seleção dos operadores devem considerar o custo do serviço prestado, informações sobre instalações de destino final de resíduos e requisitos exigidos para a aceitação de RCD nas instalações dos operadores.

Os operados licenciados de RCD devem, especificar qual o nível dos requisitos de triagem, para que os resíduos sejam aceites nas instalações para onde são enviados. Estes podem, também, aconselhar sobre as questões de triagem dos RCD, tendo em consideração as oportunidades do local, os resíduos, o tipo de admissão nas suas instalações e podem também acompanhar a formação dos trabalhadores no estaleiro.

O responsável pela gestão de RCD deve fazer um registo contínuo referente ao nível de desempenho dos diferentes operadores licenciados por local. Esse registo deve conter a seguinte informação:

- Avaliação das capacidades e restrições técnicas;
- Análise dos custos médios;
- Respeito por compromissos;
- Existência de atrasos;
- Disponibilidade para formação no local.

#### **4.7. INFORMAR E COORDENAR OS INTERVENIENTES NA GESTÃO DE RCD**

Iniciado o processo construtivo, todos os intervenientes na gestão de RCD devem estar devidamente informados e coordenados para que as diferentes tarefas sejam executadas conforme o planeado, sendo que tal deve ser assegurado pelo responsável desta gestão. Ao longo de toda a construção, este deve garantir que todos conheçam de um modo geral, o estabelecido em certos documentos de referência

como o PPG de RCD, o plano de segurança e saúde e os documentos de comunicação e sensibilização elaborados para a implementação do plano de prevenção e gestão de RCD. Para além disto, todos os envolvidos nesta gestão devem ter em consideração as suas responsabilidades, e cumprir as respetivas funções segundo o planeado. Para assegurá-lo, o responsável pela gestão de RCD deve clarificar as funções de cada interveniente, sempre que tal seja necessário, para que todos atuem de forma organizada [36].

Devem ainda ser marcadas reuniões de sensibilização intermédias, para que as diferentes empresas que vão entrando, de modo progressivo no processo construtivo, conheçam as práticas adotadas na gestão de RCD, e caso seja necessário lhes sejam esclarecidas eventuais dúvidas. Estas reuniões devem também ser agendadas no caso do surgimento de não conformidades, tais como [36]:

- Separação não otimizada;
- Frequência de recolha dos contentores não ser a mais adequada;
- Falta de limpeza no local;
- Questões ligadas a segurança ou a outros aspetos que não sejam executados conforme o planeado;
- Outras não conformidades que surjam ao longo do processo construtivo.

As não conformidades devem ser esclarecidas, sendo que o responsável por este tipo de resíduos deve averiguar as causas que lhe estão associadas, bem como as suas consequências para a gestão de RCD. Para além disso, devem ser procuradas soluções caso ainda não estejam resolvidas.

O responsável pelos RCD, deve ainda aproveitar a marcação das reuniões intermédias, para relembrar aspetos importantes que foram abordados aquando da preparação do local e que constata não estarem a ser postos em prática [36].

#### **4.8. IMPLEMENTAR A GESTÃO DE RCD EM OBRA.**

Ao longo de todo o processo construtivo, devem ser consideradas as várias operações que constituem a gestão de RCD, tais como: recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação [24]. Nesse contexto, o coordenador de RCD para além de implementar ao longo do processo construtivo todas as práticas conforme o planeado, para todas estas operações, deve também ter em consideração as seguintes práticas, cuja implementação deve ser assegurada por tal profissional [9, 36]:

- Sempre que a triagem de RCD seja feita em obra, deve preparar-se o local de depósito, através da delimitação das áreas e da implantação de contentores. Devem igualmente ser cumpridos, os métodos de acondicionamento e triagem de RCD definidos no PPG de RCD, para garantir uma gestão seletiva dos resíduos;
- Durante a receção dos materiais deve ter-se em linha de conta a:
  - Verificação das condições em que chegam à obra, para que no caso de estarem danificados, serem devolvidos de imediato ao fornecedor;
  - Devolução ao fornecedor das embalagens que acondicionam os produtos e componentes da construção, já que estas apenas servem para evitar que os mesmos não sejam danificados durante a fase de transporte. Os produtores, deveriam recolher as embalagens e reutiliza-las, o que diminuiria o custo da sua produção.
- Redução da quantidade de materiais armazenados, através da escolha do modo de entrega, do tipo “Just-in-time delivery”, através do qual são entregues apenas na data em que são utilizados, ou seja, quando necessários, em vez de serem adquiridos na sua totalidade

na fase inicial da construção. Este tipo de fornecimento previne a degradação dos materiais e garante que tenham uma melhor qualidade;

- Assegurar o acompanhamento dos operadores de RCD no local, sempre que estes se mostrem disponíveis, para formarem os vários intervenientes na sua gestão;
- Assegurar que a recolha de RCD em obra é feita de acordo com a frequência estimada e que esta é suficiente;
- Verificar que o transporte dos RCD é feito em condições ambientalmente adequadas para evitar a dispersão ou o derrame de resíduos e assegurar que são preenchidas as Guias de Acompanhamento de RCD;
- No caso do destino escolhido ser a eliminação, deve garantir-se que os resíduos não são abandonados e que a sua deposição está sob controlo.

#### **4.9. CONTROLAR A GESTÃO DE RCD**

A gestão de RCD deve ser submetida a um controlo por parte do seu responsável durante as várias fases do processo construtivo. Este controlo tem como objetivo a verificação dos seguintes pontos:

- Todos os intervenientes neste tipo de gestão cumprem as suas funções;
- São respeitadas as especificações presentes no PPG de RCD;
- Encaminhamento de RCD para os respetivos destinos segundo o planeado;
- Controlo de custos, respeitando o orçamento destinado a esta gestão.

O responsável pela gestão de RCD, deve verificar a qualidade da triagem e o cumprimento das disposições especificadas no plano de prevenção e gestão, por parte dos trabalhadores da própria empresa e de subcontratados. Deve, também, verificar se as práticas definidas anteriormente ao processo construtivo estão a ser executadas conforme o previsto.

Outra das ações de controlo a executar por tal responsável, relaciona-se com a sua presença nas ações de recolha dos resíduos do estaleiro e tem como objetivo a sua regulação e evitar não-conformidades ou fazer o seu registo caso sejam detetadas. No caso de se encontrar um erro na separação dos RCD, a obrigação do coordenador é identificar a origem do erro, com os seguintes objetivos:

- Relembrar aos intervenientes responsáveis pelo erro os requisitos de classificação;
- Responsabilizar os responsáveis pelos custos que possam surgir, originados por eventuais erros/falhas, como se exemplifica com o facto de um resíduo perigoso poder ser depositado por erro num contentor de não perigosos, e em consequência todos os constantes nesse contentor, serem forçosamente classificados de forma errada, o que implicaria um aumento dos inerentes custos.

No caso da obra em causa ser de desconstrução ou reabilitação com uma fase de desconstrução, o responsável deve fazer uma avaliação dos RCD já depositados, antes do abate do edifício [36].

#### **4.10. ANÁLISE FINAL DA ATIVIDADE CONSTRUTIVA: CONCLUSÕES DE INTERESSE PARA A GESTÃO DE RCD**

Depois de concluído o processo construtivo, deve ser feita uma análise comparativa, entre o que foi feito na prática e o que estava teoricamente previsto. Com os resultados obtidos são retiradas conclusões para futuros projetos em obras equivalentes. A avaliação deve basear-se no registo de informação sobre os seguintes pontos:

- Dificuldades/benefícios em aplicações de certas técnicas;
- Adaptações ao sistema de gestão ou vias a explorar;
- Análise sobre questões de segurança, conforto e higiene;
- Análise da eficiência dos meios de sensibilização e supervisão;
- Análise dos meios de gestão utilizados tais como o tipo de equipamentos utilizados e a sinalética fixa no local e o tempo que lá esteve.

Sempre que ações de prevenção e gestão de RCD se mostrem vantajosas para a empresa de construção, devem ser desenvolvidas e quantificadas através da comparação com locais semelhantes, onde estas não sejam implementadas.

Para auxiliar esta revisão final, criaram-se indicadores de desempenho, os quais na sua maioria são de cálculo mensal. Estes permitem ao responsável por toda a gestão de RCD melhorar a sua gestão e comparar os dados entre as várias obras da empresa construtora.

Através deste processo, de registo e análise de valores, o qual está representado no fluxograma da Figura 4.6, devem ser retiradas conclusões de interesse para esta gestão [36].

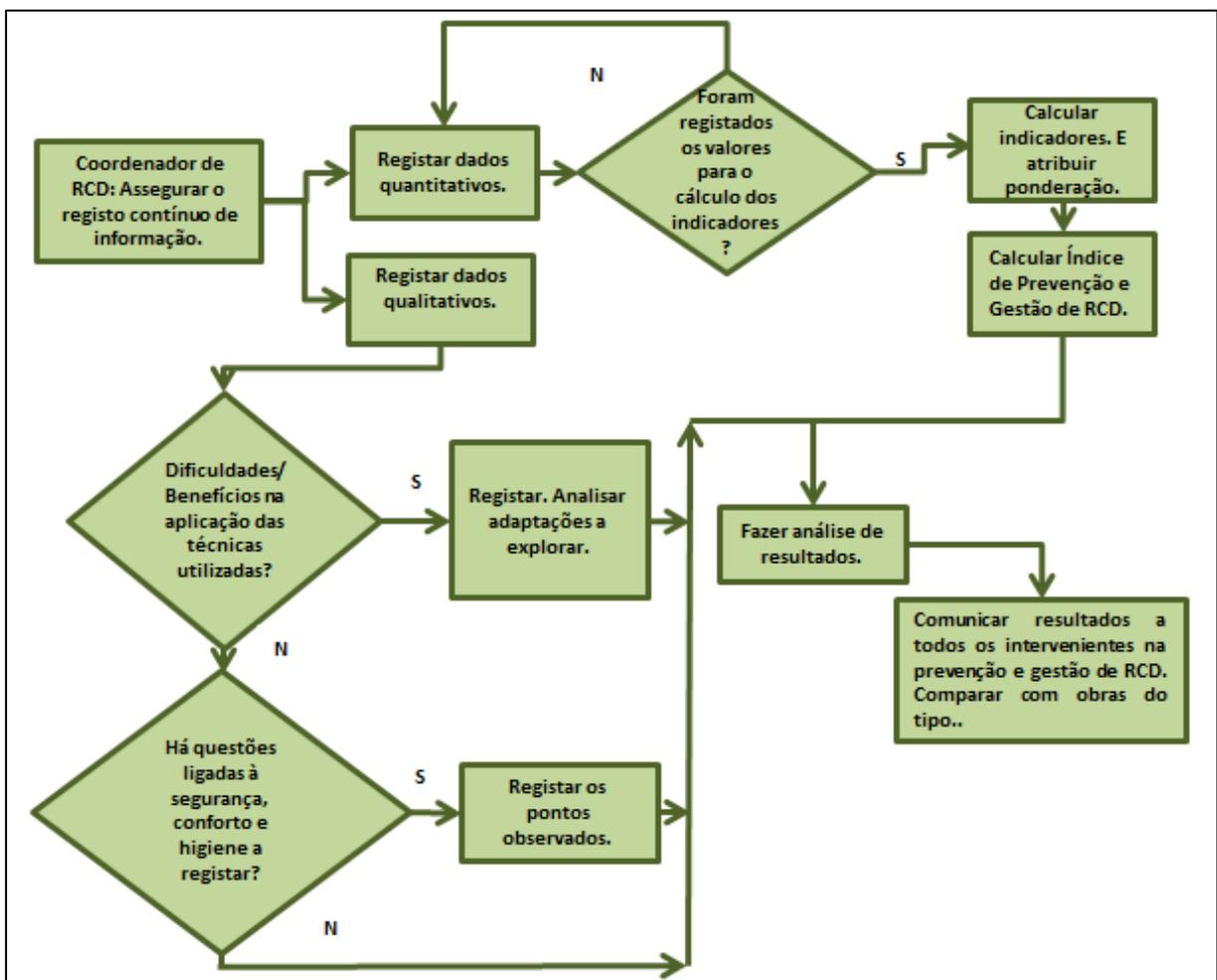


Figura 4.6 - Registo de dados relativos à gestão de RCD

#### 4.11. PROPOSTA DE INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE NA GESTÃO DE RCD

Uma correta e controlada gestão de RCD torna a atividade construtiva mais sustentável. As empresas construtoras devem estar conscientes de que o investimento feito em práticas sustentáveis se reflete tanto ao nível ambiental, como social e económico. Deste modo representa-se através do esquema da Figura 4.7 as vantagens associadas às três vertentes do desenvolvimento sustentável.

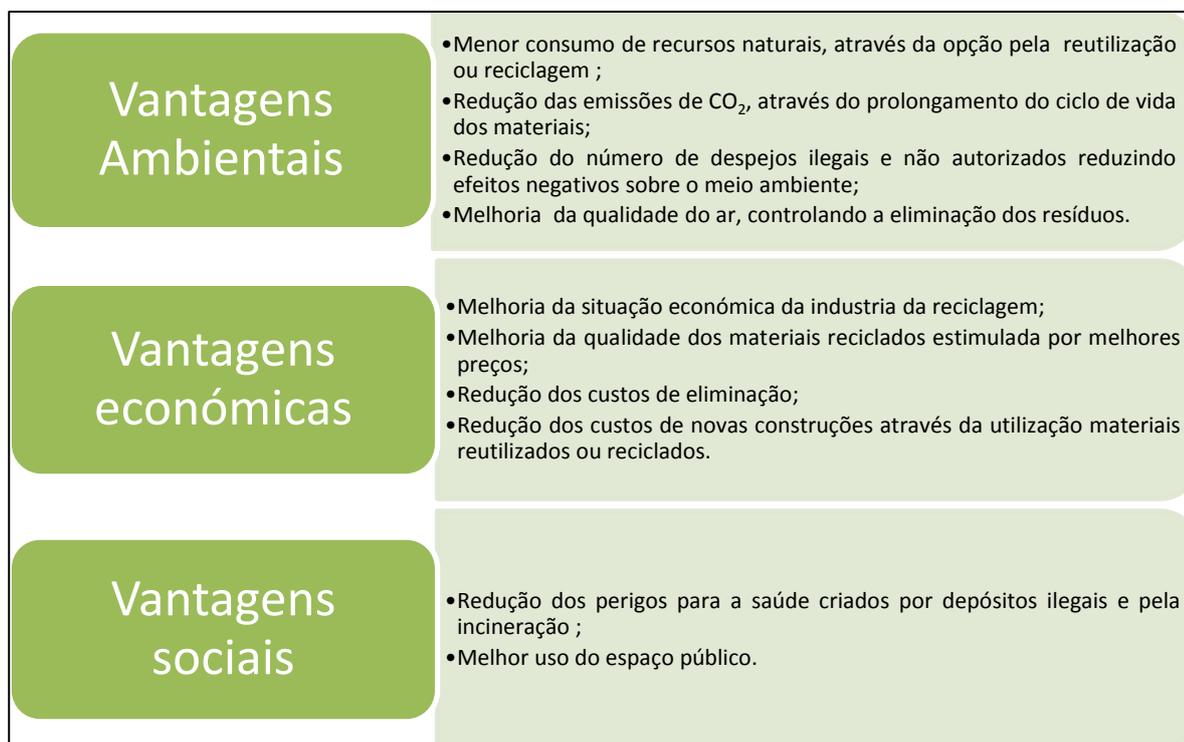


Figura 4.7 – Vantagens associadas a uma correta prevenção e gestão de RCD, adaptado de [26]

Assim, mostra-se importante avaliar se esta gestão está ou não a ser feita de modo sustentável. Essa análise deve englobar as três vertentes do desenvolvimento sustentável, logo, definiu-se um conjunto de indicadores para a avaliação das referidas vertentes.

Para que se possa avaliar a gestão de RCD em obra, o responsável por esta gestão, deve assegurar que é feito um registo contínuo de todos os dados necessários ao cálculo dos indicadores. No que respeita à análise e comparação dos resultados dos vários indicadores deve ser tida em consideração as características do local e os objetivos da empresa, uma vez que este confronto de resultados obtidos permite ao responsável pela gestão de resíduos, avaliar se esta gestão é feita de forma sustentável e aperfeiçoar as práticas a utilizar em estaleiros semelhantes.

Seguidamente, apresentam-se os indicadores mais adequados, para se avaliar a prevenção e gestão de RCD. Estes foram elaborados, tendo em atenção as práticas apresentadas para as várias fases construtivas, bem como aspetos legislativos.

#### 4.11.1. OS INDICADORES DE DESEMPENHO

##### 4.11.1.1. Conceito

Índices e indicadores traduzem-se em informações essenciais no auxílio da avaliação de um determinado sistema em estudo. Estes conceitos são frequentemente utilizados de forma errónea como sinónimos [43].

Os indicadores são utilizados como pré-tratamento dos dados originais enquanto os índices correspondem a um nível superior de agregação. É importante ter em consideração a hierarquia que relaciona ambos os conceitos, a qual está representada esquematicamente na Figura 4.8. Ambos são utilizados para obter informação sobre o estado do sistema avaliado, sendo que traduzem valores do momento para o qual são calculados [43].

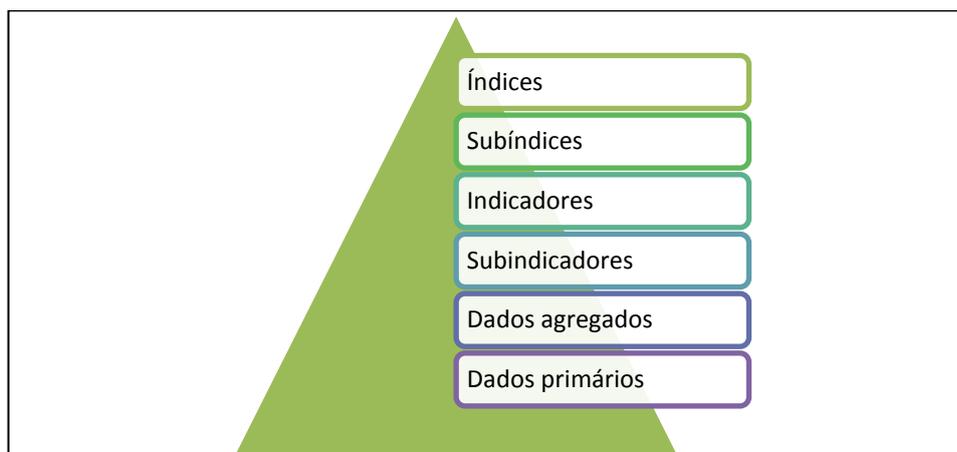


Figura 4.8 – Agregação de um sistema de avaliação, adaptado de [43]

Um indicador quantifica e simplifica informação de forma a facilitar a compreensão das práticas executadas, sendo que para isso estes devem ser práticos e realistas, dadas as muitas restrições enfrentadas pelos que implementam e monitorizam os processos [44]. Nesse contexto, na seleção dos indicadores, deve ser considerado o seguinte conjunto de requisitos:

- Seletividade: Os indicadores devem ser selecionados de acordo com os aspetos mais relevantes para o desempenho do sistema de gestão proposto. Assim, evita-se a existência de numerosos indicadores que, para além de serem de difícil análise, tornam moroso o preenchimento dos dados.
- Simplicidade: Os indicadores devem ser de fácil compreensão e aplicação, logo, o seu cálculo também deve ser o mais simples possível.
- Baixo Custo: A obtenção de dados deve basear-se na relação custo-efetividade, ou seja, o custo com a recolha, processamento e avaliação dos mesmos, não deve ser superior ao benefício obtido no seu cálculo.
- Estabilidade: O processo para elaboração dos indicadores, deve ser recolhido, através de procedimentos que a empresa utiliza e que se tornam rotinas aplicadas pela da empresa.

##### 4.11.1.2. Apresentação da proposta

Tendo em conta os objetivos do desenvolvimento sustentável, devem ser consideradas todas as práticas privilegiadas ao longo da gestão de resíduos e que permitem a sua prevenção, reutilização e outras

formas através das quais se oferece uma nova utilização ao material. De seguida, apresenta-se um esquema com os principais aspetos a serem avaliados para a criação de um conjunto de indicadores relativos à análise da sustentabilidade na gestão de RCD, segundo as grandes vertentes do desenvolvimento sustentável.

É de salientar que, os resultados dos indicadores devem ser divulgados para as pessoas envolvidas neste tipo de gestão, possibilitando a troca de opiniões entre os vários intervenientes, para que deste modo, as medidas de gestão de RCD possam ser melhoradas.

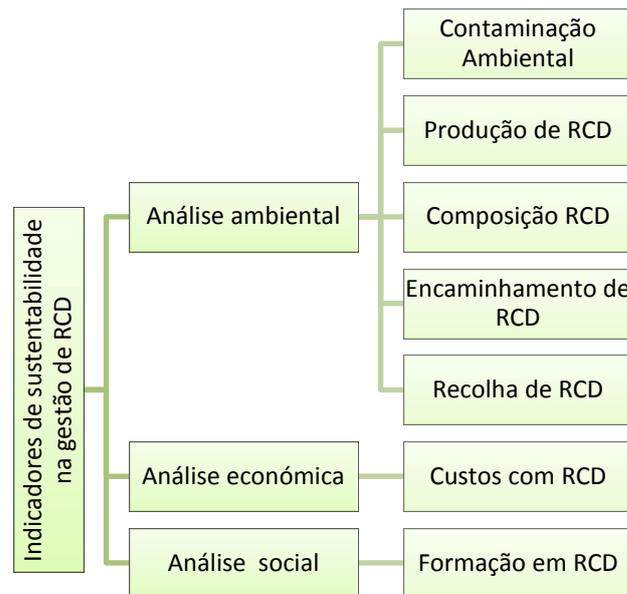


Figura 4.9 – Aspetos a considerar na análise da sustentabilidade na gestão de RCD

Os indicadores de sustentabilidade descrevem impactos ambientais, económicos e sociais provocados pela indústria da construção e os resultados obtidos a partir destes podem ser utilizados para [45]:

- Avaliar e criar valores de referência para obras do mesmo tipo e definir metas;
- Diagnosticar através da análise de fatores os quais afetam a sustentabilidade;
- Comparar entre as várias alternativas existentes;
- Monitorizar de políticas e estratégias na direção da sustentabilidade.

Deste modo, na proposta de indicadores apresentada serão considerados indicadores de avaliação, os quais entram de forma direta no cálculo da sustentabilidade. Serão também considerados indicadores de diagnóstico, os quais ajudam a perceber os resultados obtidos, melhorando aspetos negativos relacionados com a gestão de RCD.

Os indicadores foram, maioritariamente, definidos a partir de rácios, os quais tem em consideração as condições locais e permitem através da sua aplicação prática que o seu estudo seja aperfeiçoado em obras semelhantes.

Apresenta-se, de seguida a Tabela 4.5 onde são especificados os vários indicadores de sustentabilidade na avaliação da gestão de RCD a aplicar pela empresa de construção, designadamente pelo responsável por esta gestão. Estes foram definidos segundo alguns aspetos importantes referidos em [36].

Tabela 4.5- Proposta de indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD

Vertente da sustentabilidade	N.º	Título	Cálculo	Função do resultado do indicador
Ambiental	I.1	Prevenção da contaminação ambiental	Qualitativo	Diagnóstico
	I.2	Produção de RCD	Quantitativo	Avaliação
	I.3	Redução na produção de RCD	Quantitativo	Avaliação
	I.4	Encaminhamento de RCD		
	I.4.1	Reutilização na própria obra	Quantitativo	
	I.4.2	Reutilização em local diferente da obra	Quantitativo	Avaliação
	I.4.3	Valorização	Quantitativo	
	I.4.4	Eliminação	Quantitativo	
	I.5	Composição de RCD		
	I.5.1	Inertes	Quantitativo	Avaliação
	I.5.2	Perigosos	Quantitativo	Diagnóstico
	I.5.3	Não perigosos	Quantitativo	
	I.6	Recolha RCD		
	I.6.1	Não conformidades	Quantitativo	Avaliação
I.6.2	Frequência da recolha	Quantitativo	Diagnóstico	
I.6.3	Classificação dos conteúdos recolhidos	Qualitativo		
Económica	I.7	Custo da gestão de RCD	Quantitativo	Avaliação
	I.8	Custo de não conformidades	Quantitativo	Avaliação
	I.9	Desvio de custo da gestão de RCD	Quantitativo	Diagnóstico
Social	I.10	Tempo de formação	Quantitativo	Avaliação Diagnóstico

#### 4.11.1.3. Indicadores ambientais

No que concerne à avaliação desta gestão tendo em consideração aspetos ambientais devem ser avaliados os seguintes indicadores:

- Prevenção da contaminação ambiental;
- Produção de RCD;
- Redução na produção de RCD;
- Destino de RCD;
- Composição de RCD;
- Não conformidades.

De seguida, apresentam-se as tabelas com os vários indicadores propostos:

Tabela 4.6 – Indicador da prevenção da contaminação ambiental

Indicador I.1	
Título	Prevenção da contaminação ambiental
Descrição	Trata-se de um indicador que averigua a implementação de medidas que impeçam a contaminação ambiental ao nível do solo, ar e água.
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	<p>Devido à dificuldade em quantificar este indicador calcula-se através de respostas simples (Sim/Não) às seguintes perguntas:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Foi elaborado um plano que tem em conta medida preventivas da contaminação ambiental?</li> <li>2) Foram implementadas no local da construção as medidas previstas ao nível desses planos?</li> <li>3) O local e a zona envolvente apresentam-se limpos, isentos de perigos que possam causar eventuais acidentes?</li> <li>4) As medidas preventivas estão implementadas ao longo de todo o processo construtivo?</li> </ol>
Obtenção de dados	Antes de se iniciar o processo construtivo, deve ser feita uma análise das medidas previstas a nível ambiental relacionadas com a gestão de RCD. Estes dados são recolhidos através da observação local depois do início do processo construtivo.
Periodicidade de cálculo	Assim que se iniciar o processo construtivo
Fórmula de Cálculo	Resposta às perguntas apresentadas.

Tabela 4.7 – Indicador da produção de RCD

Indicador I.2	
Título	Produção de RCD
Descrição	Através do cálculo deste indicador, determina-se a quantidade de RCD gerado em função da área de construção, que contribui para a sua produção.
Objetivo	Através do seu cálculo, determinam-se quais as obra com melhores ou piores técnicas de prevenção de RCD, utilizadas pela empresa.
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD produzidos (ton) Área das tarefas de construção que originou a produção de RCD (m <sup>2</sup> )
Obtenção de dados	Para se obter o valor agregado da quantidade total de RCD produzidos, deve consultar-se os certificados de receção onde se encontra o registo do peso dos vários resíduos enviados para valorização e eliminação no mês em causa. A estes ainda deve ser adicionado o valor dos resíduos reutilizados o qual foi estimado ao longo da obra pelo responsável por esta gestão, caso não existam no estaleiro meios apropriados para a sua pesagem. Quanto à área de construção das tarefas que produzem os RCD deve ser elaborada uma lista com as principais tarefas produtoras de resíduos.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal.
Fórmula de Cálculo	$I.2 = \frac{\text{Quant. total de RCD}}{\text{Área das tarefas que originam RCD}}$ O resultado vem expresso em ton/m <sup>2</sup> .
Observações	Para simplificar o cálculo do indicador, pensou em fazer-se o quociente entre a quantidade total de RCD produzidos e a área bruta de construção. No entanto esta área não considera tarefas que também originam a produção de resíduos tais como a preparação inicial do estaleiro, os acabamentos entre outras.

Tabela 4.8 – Indicador da redução da produção de RCD

Indicador I.3	
Título	Redução da Produção de RCD
Descrição	Este indicador, traduz-se na diferença entre a quantidade de resíduos produzidos num local onde são aplicados os princípios de prevenção de RCD, e um local onde não houve tal preocupação.
Objetivo	Através da sua determinação, pretende-se perceber em que medida é que a aplicação de práticas preventivas com vista a redução da quantidade de RCD, são benéficas ou não para o tipo de local.
Dados de cálculo	Produção de RCD aplicando medidas preventivas (ton) Produção de RCD não aplicando medidas preventivas (ton)
Obtenção de dados	A determinação do valor da produção de RCD aplicando medidas preventivas é igual ao valor da quantidade total de RCD, o qual se calcula através da consulta dos certificados de receção de resíduos enviados para valorização ou eliminação e do peso dos resíduos enviados para reutilização. Quanto à determinação da produção de RCD sem a aplicação de medidas preventivas numa obra equivalente, ou a empresa possui o registo de valores em obras onde não se aplicaram medidas preventivas ou o responsável por esta gestão estima o seu valor supondo que não foram aplicadas tais medidas, ou seja, considerando que resíduos evitados ou reutilizados foram produzidos.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal.
Fórmula de Cálculo	$I.3 = \text{Prod. com medidas preventivas} - \text{Prod. sem medidas preventivas}$ O resultado vem expresso em ton.
Observações	Também pode ser calculada para locais onde não foram aplicadas medidas preventivas e a partir daí determinar caso fossem aplicadas qual a quantidade de resíduos a evitar.

Tabela 4.9 – Indicador que considera os diferentes destinos de RCD

Indicador I.4	
Título	Destinos RCD
Descrição	Com o cálculo deste indicador, avalia-se o encaminhamento dos resíduos, segundo os diferentes destinos: reutilização na própria obra (I.4.1) ou noutra local (I.4.2), valorização (I.4.3) e eliminação(I.4.4).
Objetivo	Ao analisar os resultados dos subindicadores, pode fazer-se uma comparação dos diferentes destinos escolhidos para os vários tipos de RCD. Nesse contexto, determinam-se quais as obras, que cumprem da melhor forma o princípio da hierarquia das operações de gestão de RCD.
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD (ton) Quantidade de RCD reutilizados (ton) Quantidade de RCD valorizados (ton) Quantidade de RCD eliminados (ton)
Obtenção de dados	Para o cálculo destes subindicadores são necessários dados primários, ou seja, as quantidades de RCD reutilizados em obra ou noutra local, valorizados, ou eliminados. Para se obterem estes valores, é necessário consultar os certificados de receção onde se encontra o peso dos vários resíduos enviados para valorização e eliminação recolhidos para o período em causa. O valor dos resíduos reutilizados, caso não existam no estaleiro meios apropriados para a sua pesagem, deve ser feita a sua estimativa de forma contínua pelo responsável por esta gestão. Para obter a quantidade total de RCD produzidos na obra em causa basta somar todos os dados primários calculados anteriormente.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal
Fórmula de Cálculo	$I.4.1 = I.4.2 = \frac{\text{Quant. de R. reutilizados}}{\text{Quant. total de RCD}} \times 100$ $I.4.3 = \frac{\text{Quant. de R. valorizados}}{\text{Quant. total de RCD}} \times 100$ $I.4.4 = \frac{\text{Quant. de R. eliminados}}{\text{Quant. total de RCD}} \times 100$ <p>O resultado vem expresso em percentagem (%).</p>

Tabela 4.10 – Indicador da composição de RCD

Indicador I.5	
Título	Composição RCD
Descrição	Este indicador, determina a composição do conjunto de resíduos produzidos, segundo a sua composição: inertes (I.5.1), perigosos (I.5.2) e não perigosos (I.5.3).
Objetivo	A determinação da quantidade produzida de cada resíduo é fundamental, pois permite a comparação entre vários tipos produzidos e um controlo da produção de certos resíduos como os perigosos. Auxilia também a compreensão dos dados do indicador I.4 para averiguar quais os destinos enviados para os diferentes destinos em função de cada tipo.
Dados de cálculo	Quantidade total de RCD produzidos (ton) Quantidade de RCD inertes produzidos (ton) Quantidade de RCD perigosos produzidos (ton) Quantidade de RCD não perigosos produzidos (ton)
Obtenção de dados	Para se calcular a quantidade resíduos inertes, perigosos) e não perigosos produzidos deve consultar-se os certificados de receção e tendo em conta a classificação em função da composição somar as quantidades em função de cada tipo de resíduo. A quantidade total de RCD produzidos é a soma de todas as quantidades de resíduos.
Periodicidade de cálculo	Cálculo Mensal
Fórmula de Cálculo	$I.5.1 = \frac{\text{Quant. de R. inertes}}{\text{Quant. total de RCD}} \times 100$ $I.5.2 = \frac{\text{Quant. de R. perigosos}}{\text{Quant. total de RCD}} \times 100$ $I.5.3 = \frac{\text{Quant. de R. não perigosos}}{\text{Quant. total de RCD}} \times 100$ <p>Os resultados vêm expressos em percentagem (%).</p>

Tabela 4.11 – Indicador das não conformidades na gestão de RCD

Indicador I.6.1	
Título	Não conformidades na gestão de RCD
Descrição	Este indicador permite determinar a existência de não conformidades ao nível da gestão de RCD.
Objetivo	Com o cálculo de não conformidades ao nível da gestão de RCD, pretende-se determinar a existência de erros de triagem, frequência mal estimada ao nível das ações de recolha, ausência de sinalética, entre outras. Identificam-se os aspetos a melhorar e a abordar de forma mais intensiva em novas ações de formação, ou outras.
Dados de cálculo	Número de não conformidades na gestão de RCD
Obtenção de dados	As não conformidades devem ser registadas pelo responsável da gestão de RCD ou por outro interveniente nesta gestão, sempre que sejam detetadas, num documento próprio onde possa ser feito o seu controlo.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal.
Fórmula de Cálculo	$I. 6.1 = N.º \text{ de não conformidades}$ O resultado vem expresso em n.º.
Observações	Para interpretar o resultado deste indicador devem também ser analisados os I.6.2 e I.6.3.

Tabela 4.12 - Frequência da recolha

Indicador I.6.2	
Título	Frequência da recolha
Descrição	Ter conhecimento da frequência de recolha de resíduos do estaleiro num dado período de tempo.
Objetivo	Averiguar se a frequência de recolha estimada antes do início do processo construtivo é a ideal. Caso não seja, este cálculo permite a sua retificação.
Dados de cálculo	Número de recolhas ocorridas no período em análise.
Obtenção de dados	Para determinar o valor correspondente ao número de recolhas ocorridas no período em análise deve ser consultado o registo dos certificados e guias de receção e averiguar quantas recolhas foram feitas no mês em causa em função dos diferentes resíduos. No caso de existirem frequências de recolha diferentes, deve fazer-se esse registo.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal
Fórmula de Cálculo	$I. 6.2 = N.º \text{ de Recolhas feitas}$ O resultado vem expresso em n.º.
Notas e observações	Este indicador permite detetar em conjunto com o apresentado seguidamente (I.6.3) a existência de certas não conformidades durante ações de recolha de RCD.

Tabela 4.13 - Atribuição de uma classificação por contentor

Indicador I.6.3	
Título	Classificação dos contentores recolhidos
Descrição	Este indicador permite ter a perceção do estado em que o contentor se encontra no momento anterior á sua recolha.
Objetivo	É possível, através da sua determinação verificar a existência de atrasos ou adiantamentos por parte do operador de resíduos, ou a existência de erros na estimativa da frequência de recolha, ao longo das diferentes fases do processo construtivo.
Dados de cálculo	Atribuição de uma classificação: A/B/C/D/E
Obtenção de dados	O responsável pela gestão de RCD ou um assistente nomeado, deve estar presente no ato da recolha dos resíduos e registar o estado em que este se encontra no momento de tal ação.
Periodicidade de cálculo	Antes da recolha do contentor.
Fórmula de Cálculo	A – Contentor com todo o volume ocupado B – Contentor cujo volume ainda não foi completamente preenchido C – Contentor quase vazio D – Contentor sobrelotado E – Contentor completamente vazio
Observações	Os resultados obtidos através da sua determinação, em conjugação com o indicador I.6.2 permitem determinar algumas das não conformidades e evitar que estas voltem a repetir-se.

#### 4.11.1.4. Indicadores económicos

Outro dos aspetos que deve ser controlado ao longo do processo construtivo são os custos originados por esta gestão. Deste modo importa calcular o seguinte conjunto de indicadores:

- Custo da gestão de RCD;
- Custo com não conformidades;
- Desvio do custo da gestão de RCD.

Nas tabelas seguintes apresentam-se de forma mais detalhada os indicadores apresentados.

Tabela 4.14 - Custo da Gestão de RCD

Indicador I.7	
Título	Custo da Gestão de RCD
Descrição	Determinar o custo da gestão de RCD em função da área de construção que origina a produção destes resíduos.
Objetivo	Avaliar se este custo é representativo em cada tipo de obra.
Dados de cálculo	Custo da estação de RCD (€) Área das tarefas de construção que originou a produção de RCD (m <sup>2</sup> )
Obtenção de dados	Os custos devem ser obtidos em conjunto com um técnico do departamento financeiro da empresa.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal
Fórmula de Cálculo	$I.7 = \frac{\text{Custo da gestão de RCD}}{\text{Área das tarefas que originam RCD}} \times 100$ <p>O resultado vem expresso €/m<sup>2</sup></p>

Tabela 4.15 - Custos com não conformidades

Indicador I.8	
Título	Custos com não conformidades
Descrição	Determinar custos com eventuais não conformidades em função do valor do custo desta gestão.
Objetivo	Avaliar qual o consequente custo em função de não conformidades e determinar a sua representatividade na gestão de resíduos. Saber qual o custo evitado caso não ocorressem não conformidades em obra
Dados de cálculo	Custo de não conformidades (€) Custo total da construção (€)
Obtenção de dados	Os custos devem ser obtidos em conjunto com um técnico do departamento financeiro da empresa.
Periodicidade de cálculo	Cálculo mensal.
Fórmula de Cálculo	$I.8 = \frac{\text{Custo de não conformidades}}{\text{Custo total da construção}} \times 100$ <p>O resultado vem expresso em percentagem (%).</p>

Tabela 4.16 - Desvio de custo da Gestão de RCD

Indicador I.9	
Título	Desvio de custo da gestão de RCD
Descrição	Com este indicador, pretende-se saber qual o desvio entre o custo de gestão RCD estimado inicialmente, e o efetivamente praticado pela empresa.
Objetivo	Analisar o porquê da existência desse desvio e melhorar o controlo de custos desta gestão.
Dados de cálculo	Custo da Gestão de RCD (€) Custo estimado da Gestão de RCD (€)
Obtenção de dados	Os custos devem ser obtidos em conjunto com um técnico do departamento financeiro da empresa.
Periodicidade de cálculo	Finalizado o processo construtivo.
Fórmula de Cálculo	$I.9 = \text{Custo da gestão de RCD} - \text{Custo estimado da gestão de RCD}$ <p>O resultado vem expresso em €.</p>

## 4.11.1.5. Indicadores sociais

Neste tipo de gestão deve ser assegurada aos participantes toda a formação necessária e que eles devem ter como base antes do início do processo construtivo. Deste modo, mostra-se fundamental conhecer os seguintes indicadores:

- Tempo dedicado à formação em RCD;
- Participação em Reuniões.

Nas tabelas seguintes apresentam-se de forma mais detalhada os indicadores apresentados.

Tabela 4.17 - Tempo dedicado à formação em RCD

Indicador I.10	
Título	Tempo de formação
Descrição	Com este indicador, é avaliado o número de horas de formação, em função do número de trabalhadores.
Objetivo	Através da comparação com outros indicadores, obtém-se valores de referência em função do tipo de obras, relevante para efeitos de cálculo do número ideal de horas a dedicar à formação relacionada com o RCD.
Dados de cálculo	Número de horas de formação dadas Número de trabalhadores formados
Obtenção de dados	Para obter estes dados devem ser verificados os registos de informação acerca de ações formativas bem como o número de presenças nas mesmas.
Periodicidade de cálculo	Anteriormente ao processo construtivo.
Fórmula de Cálculo	$I.10 = \frac{\text{Número de horas de formação dadas}}{\text{Número de trabalhadores formados}}$ <p>O resultado vem expresso em n.º de horas/n.º de trabalhadores.</p>

Tabela 4.18 - Participação em Reuniões

Indicador I.11	
Título	Participação em reuniões
Descrição	Analisar a participação dos intervenientes na formação sobre RCD.
Objetivo	Avaliar a percentagem de presenças nas ações de formação e comparar com o resultado do indicador das não conformidades.
Dados de cálculo	Número de participantes na reunião Número de intervenientes na gestão de RCD
Obtenção de dados	Para obter estes dados devem ser contabilizados o número de intervenientes nesta gestão bem como o número de presenças nas reuniões de formação.
Periodicidade de cálculo	Anteriormente ao processo construtivo.
	$I.11 = \frac{\text{Número de participantes na reunião}}{\text{Número de intervenientes na gestão de RCD}}$
Fórmula de Cálculo	O resultado vem expresso em percentagem (%).

## 4.11.2. TEMPO DE CÁLCULO DOS INDICADORES

Para que sejam analisados os indicadores apresentados anteriormente, deve fazer-se um registo contínuo de todo os dados relevantes para o cálculo dos mesmos, no decorrer do processo construtivo.

O tempo dedicado ao registo dos dados para o cálculo dos indicadores depende do tipo e dimensão da obra em causa bem como da quantidade de resíduos produzidos e enviados para os diferentes destinos, entre outros fatores. Assim, no tempo de cálculo apresentado, não está contabilizado o tempo ao registo da informação necessária. Na Tabela 4.19 é apresentada uma proposta de tempos necessários ao cálculo de cada indicador mensalmente.

Tabela 4.19 – Tempo de cálculo do indicadores

Indicador	Tempo de cálculo (minutos)
Prevenção de contaminação ambiental	Entre 15 a 60 minutos
Produção de RCD	Entre 5 a 60 minutos
Redução da produção de RCD	Entre 15 a 60 minutos
Destino de RCD	Entre 5 a 60 minutos
Composição de RCD	Entre 5 a 60 minutos
Não conformidades na gestão de RCD	Entre 5 a 20 minutos
Frequência da recolha	Entre 5 a 20 minutos
Classificação dos contentores recolhidos	Entre 5 a 20 minutos
Custo da gestão de RCD	Entre 5 a 10 minutos
Custo com não conformidades	Entre 5 a 10 minutos
Desvio de custo da gestão de RCD	Cerca de 5 minutos
Tempo de formação	Cerca de 5 minutos
Participação em reuniões	Cerca de 5 minutos

Depois de toda a informação ser recolhida, o cálculo dos indicadores baseia-se na consulta dos documentos nos quais consta o registo de dados fundamentais para este cálculo. Torna-se necessário agregar os dados consoante os valores necessários para cada indicador

No estabelecimento destes tempos de cálculo para além do tempo considerado na organização da informação, é também considerada a dificuldade na obtenção de dados cujo o registo não depende da empresa. Nos que há uma maior dependência desse tipo de dados, como no caso dos indicadores referentes à produção, ao destino e composição dos RCD, está associado um maior tempo de cálculo. Estes indicadores são calculados através dos mesmos dados só que organizados de diferente modo.

No que respeita à redução da produção de RCD, é necessário ter dados de obras semelhantes à que está a ser analisada onde não foram aplicadas medidas preventivas. Caso estes dados não existam, para calcular o indicador devem ser determinadas quais as medidas implementadas na obra e estimar a produção de resíduos para esse caso.

No caso de indicadores como a recolha, a formação e os custos, estes são de cálculo mais rápido pois a consulta e agregação de dados exige uma menor quantidade de informação. Pelo contrário, à prevenção da contaminação ambiental foi atribuído um maior tempo de cálculo pois esta deve ser avaliada através da verificação da existência de medidas preventivas implementadas o que implica uma visita ao local onde decorrerá a construção.

#### 4.11.3. DEFINIÇÃO DE CRITÉRIOS DE PONTUAÇÃO E PONDERAÇÃO

Depois da formulação dos indicadores, estes devem ser devidamente pontuados e ponderados em função de cada tipo de obra, de modo a obter um índice final que permita retirar conclusões assertivas sobre a sustentabilidade na gestão de RCD. Assim não devem ser comparados indicadores e índices associados a diferentes tipos de obras (construção, reabilitação e demolição) pois estas encontram-se associadas a um diferente grau de dificuldade na sua gestão devido à diferente quantidade de resíduos produzidos [27].

Assim, a pontuação deve ser definida em forma de intervalo, tendo como referência valores obtidos em diferentes tipos obras. Estas devem ser testadas e melhoradas conforme a sua aplicação prática.

A ponderação deve ser atribuída em maior valor aos indicadores que devem ter melhores resultados de acordo com as condicionantes encontradas em cada obra. No caso dos objetivos da empresa, também devem estar associados a uma maior ponderação, os indicadores que contribuirão para melhores resultados a esse nível.

Assim sendo, no cálculo de um índice final de sustentabilidade na gestão de RCD, é necessário serem analisadas em função de cada obra as diferentes realidades encaradas em cada estaleiro. Nesse contexto, os pesos atribuídos aos indicadores, podem variar consoante as certas condicionantes, algumas das quais são apresentadas seguidamente:

- Acessos ao local: Sempre que os acessos à obra não sejam os melhores, devem ser privilegiadas as práticas de redução da produção de resíduos bem como a sua reutilização na própria obra, pois para além da sua produção ser menor, existe igualmente uma diminuição do número de recolhas, e a quantidade de materiais a fornecer. Assim, deve atribuir-se um maior peso aos indicadores, que tem em consideração essas ações.
- Tipo de obra: É necessário ter em consideração se a obra em análise retrata construção nova, reabilitação ou demolição, porquanto, nestas duas últimas, a quantidade de resíduos produzidos é mais significativa [27]. Deste modo, o indicador que diz respeito à produção

total de RCD, deve ter pesos diferentes para os diferentes tipos de obras. Este indicador só é comparável entre obras do mesmo tipo.

- Área livre disponível para a localização de instalações de depósito: No caso de a área disponível para a montagem do estaleiro ser reduzida, não é possível ter um grande número de recipientes, para o armazenamento de resíduos em obra. Deve-se então tentar aplicar, o máximo de medidas ao nível da prevenção na produção de RCD para que esta seja a menor possível, bem como caso seja necessário aumentar a frequência das ações de recolha.
- Proximidade com edifícios vizinhos: No caso de a obra se localizar perto de outros edifícios, deve evitar-se que os resíduos e a construção prejudiquem os seus residentes, bem como as atividades locais. Assim, o indicador através do qual é avaliada a prevenção de contaminações ambientais, deve ter um peso mais elevado para evitar a contaminação do solo, água e a produção de poeiras ou lamas.
- Limitações da zona envolvente: caso perto do local da construção não existam zonas onde os materiais possam ser valorizados ou eliminados, é fundamental que se dê maior peso aos indicadores que quantificam a sua produção e a reutilização na própria obra, evitando o conseqüente encaminhamento para tais operadores licenciados.
- Preocupações com questões ambientais: A atividade da construção civil tem grande impacto sobre o meio ambiente devido ao consumo de recursos naturais, à geração de resíduos decorrentes de desperdícios e principalmente de demolições, pelo que deve atribuí-se um maior peso a estes fatores sempre que o ambiente seja a principal preocupação da empresa de construção. No caso da construção se situar num local, onde existem grandes preocupações ambientais pela existência de ecossistemas e de uma extensa biodiversidade, a contaminação ambiental deve ser o fator a dar maior peso. Deve também atribuir uma ponderação mais significativa à produção de RCD e à sua reutilização para que estas sejam as menores possíveis e se evite o consumo de recursos naturais desnecessariamente [9].
- Preocupações com aspetos económicos: O principal indicador a privilegiar na ponderação, é o custo com a gestão de RCD, para que este seja o mais baixo possível. Deste modo, devem analisar-se as várias situações possíveis ao nível da gestão de RCD e escolher a mais vantajosa a nível de custos, sem infringir a legislação que lhe é aplicável.

Algumas das situações referidas podem ocorrer simultaneamente, devendo as mesmas ser previstas no sistema de ponderação, que permite a obtenção do índice final. Caso as limitações apresentadas não sejam consideradas, o valor final do índice pode ser enganador e não identificar a obra com a gestão de RCD mais sustentável, pois não considera as condições em que foi realizada. Esta situação será analisada no caso de estudo apresentado no seguinte capítulo.

Deste modo, consoante as situações, a ponderação é atribuída repartindo um total de 100 pontos pelos diferentes indicadores. Tendo em consideração o estudo do índice de sustentabilidade apresentado no artigo [46], define-se que quanto mais próximo de zero for o valor final do índice de sustentabilidade na gestão de RCD mais sustentável foi a gestão para a obra em análise.



# 5

## CASO DE ESTUDO

### 5.1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, pretende-se estudar a gestão de RCD na construção de uma via de comunicação e de uma obra de arte, nomeadamente de uma autoestrada e de um viaduto. Os dados alvo deste trabalho têm origem em empreitadas reais que, por questões de natureza confidencial, não se identificarão neste estudo.

Durante a construção de ambas as obras, foi implementado pela empresa construtora, um conjunto de práticas ambientais. A política ambiental utilizada assentou nos seguintes princípios fundamentais:

- Cumprir toda a legislação ambiental aplicável;
- Prevenir a poluição causada na execução da obra;
- Sensibilizar colaboradores e entidades subcontratadas;
- Melhoria contínua das práticas implementadas.

Um dos aspetos considerados na gestão ambiental foi a questão respeitante aos RCD, na qual foram adotadas várias medidas para assegurar que esta era executada de acordo com aos princípios enunciados anteriormente. Nesse contexto, pretende-se analisar algumas das práticas utilizadas ao nível da gestão nas obras referidas, bem como testar os indicadores apresentados no capítulo anterior, analisando para um determinado mês se esta gestão é ou não feita de forma sustentável.

A empresa fez um registo contínuo da informação necessária para o cálculo dos próprios indicadores de sustentabilidade, muitos dos quais não coincidem com os apresentados na proposta do capítulo anterior, logo apenas alguns dos indicadores poderão ser calculados e interpretados.

### 5.2. A GESTÃO DE RCD NA AUTOESTRADA E NO VIADUTO

#### 5.2.1. PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

##### 5.2.1.1. Viaduto

De seguida apresentam-se os principais resíduos produzidos no viaduto, num determinado mês da sua construção. Apesar de só terem sido registados dois tipos de resíduos, podem ter existido atividades que produziram outros, mas não em quantidade suficiente para proceder à sua recolha. A produção destes resíduos explica-se, pelo facto de no mês em análise se ter executado a betonagem do tabuleiro

do viaduto, o que origina a produção de resíduos decorrentes da madeira utilizada nas cofragens e do aço resultantes da colocação da armadura.

Tabela 5.1 – RCD produzidos num mês de construção do viaduto

Resíduo	Código LER
Madeira	17 02 01
Ferro e Aço	17 04 05

#### 5.2.1.2. Autoestrada

No caso da autoestrada, a variedade de resíduos provenientes da sua construção não pode ser explicada de modo tão linear. É de salientar que esta é uma obra de grande extensão, ao longo da qual intersesta material rochoso e que contém várias passagens inferiores e superiores, passagens agrícolas e viadutos. Serão analisadas 3 partes distintas da sua construção, as quais ao longo do presente capítulo serão indicadas por A1, A2 e A3. Em cada fração existem várias frentes de obra, as quais se encontram com diferentes tarefas em desenvolvimento, devido às diferentes características locais e por não se terem iniciado na mesma data. Na Tabela 5.2, apresentam-se os resíduos obtidos nas várias frações da estrada, para o mês em análise.

Tabela 5.2 - RCD produzidos num mês de construção da autoestrada

Resíduo	Código LER
Madeira	17 02 01
Plástico	17 02 03
Ferro e Aço	17 04 05
Embalagens Papel e Cartão	15 01 01
Embalagens de plástico	15 01 02
Embalagens de metal	15 01 04
Embalagens compósitas	15 01 05
Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	15 01 10 (*)
Outros óleos de motores, transmissões e lubrificação	13 02 08 (*)
Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	17 09 04
Betão	17 01 01
Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01	17 03 02

No que respeita às quantidades obtidas de solos, a empresa não os contabilizou com os restantes resíduos. Como este tipo de obra movimentava grandes quantidades de solos, o seu registo foi feito separadamente para que pudesse ser analisada de forma individualizada.

### 5.2.2. MEIOS DE TRIAGEM E ACONDICIONAMENTO DE RCD

Nas várias obras em análise, os resíduos foram sempre separados e acondicionados em contentores adequados e segundo a sua tipologia. Foram disponibilizados vários meios que permitiram executar a triagem dos diversos tipos de RCD, produzidos ao longo da atividade construtiva, tais como os representados na Figura 5.1. É de salientar que, todos os meios utilizados para a separação e o acondicionamento dos resíduos foram devidamente sinalizados, definindo qual o conteúdo permitido a colocar em cada recipiente.



Figura 5.1 – Armazenamento de diferentes resíduos em ambas as obras

No caso dos resíduos perigosos, as suas instalações de triagem cumprem os requisitos exigidos na legislação. Estas instalações têm uma base impermeabilizada, são cobertas, dispõem de um sistema adequado de drenagem de águas pluviais, águas de limpeza e derramamentos. Antes de serem utilizados, foram realizados ensaios para verificar a sua conformidade. Um exemplo desta instalação de triagem é representado na Figura 5.2.



Figura 5.2 – Armazenamento de Resíduos Perigosos

No caso dos resíduos produzidos ao longo da construção dos vários troços da autoestrada, devido à existência de várias frentes de obra e da sua extensão, não era possível disponibilizar em todas essas frentes contentores para as várias tipologias de resíduos produzidos. Assim, houve a necessidade de se criarem locais de armazenamento temporário nas várias frentes, sendo os resíduos transferidos daí para os locais de armazenamento fixo assim que tal se justificou. No caso do armazenamento temporário de resíduos perigosos, este era feito em bidões colocados em recipientes estanques de preferência sob tinas de retenção, para que este tipo de RCD fosse acondicionado devidamente. Exemplos deste tipo de acondicionamento são dados na Figura 5.3.

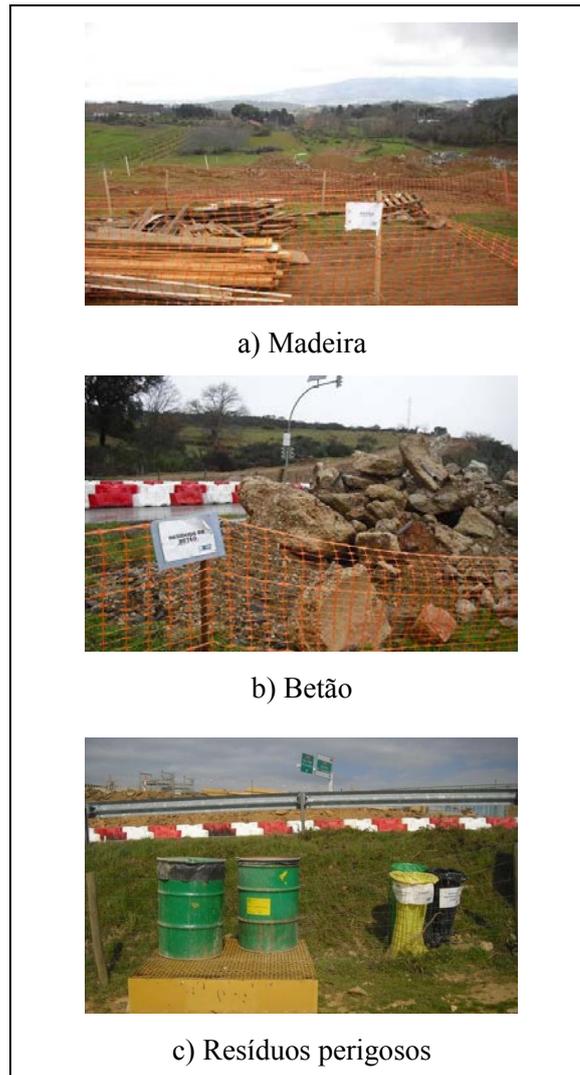


Figura 5.3 - Armazenamento temporário de RCD

Outro dos aspetos a garantir é a limpeza do estaleiro, e para isso foram colocados vários ecopontos para fazer a separação de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), provenientes por exemplo dos lanches dos trabalhadores. Estes, devem estar devidamente identificados sobre o conteúdo que pode ser lá depositado, para garantir a separação seletiva dos resíduos.

Os produtos químicos, foram armazenados verticalmente e em recipientes metálicos, colocados sobre tinas de retenção e limitados por absorventes. Estas tinas são disponibilizadas sempre que possível em frentes de obra. Como por vezes houve a necessidade de transportar produtos para o local onde estes são utilizados, era colocada uma tela de plástico no solo e só depois utilizado o produto em causa. Através desta prática, evitam-se derrames, dos quais podem resultar contaminações ambientais.



Figura 5.4 – Armazenamento de produtos químicos

#### 5.2.3. RECOLHA DOS RCD

Os operadores de RCD foram selecionados tendo em consideração a garantia do cumprimento legal, a capacidade técnica e, naturalmente, a proposta económica mais competitiva.

Quanto à recolha de RCD, sempre que um contentor atingisse a quantidade limite, a empresa de construção contactava o respetivo operador licenciado, o qual fazia a recolha dos mesmos. Este processo é diferente do apresentado nas práticas na gestão de RCD abordadas no capítulo anterior.

#### 5.2.4. REGISTO DOS DADOS RELATIVOS À GESTÃO DE RCD

O controlo da gestão de resíduos está a cargo dos Técnicos de Ambiente, que coordenam todas as atividades relativas a esta temática, na empresa e na cadeia de subempreiteiros.

No que respeita à pesagem dos resíduos produzidos, devido às características da empreitada, não existia nas obras um sistema de pesagem com báscula para os quantificar. Assim, estes eram quantificados através da consulta dos certificados de receção nos casos dos resíduos enviados para valorização e eliminação, ou através de uma estimativa feita a partir dos dados locais, utilizando um fator de conversão de volume para peso no caso dos resíduos reutilizados.

No entanto, o fator de conversão utilizado foi o mesmo para todos os tipos de resíduos, o que faz com que tal estimativa possua um erro associado ao seu cálculo. Este erro varia com o afastamento entre o fator de conversão utilizado e o real, o que origina uma maior ou menor divergência entre a quantidade estimada e a realmente produzida. Mostra-se fundamental melhorar os valores dos fatores de conversão em função dos vários resíduos produzidos.

No que concerne aos resíduos valorizados ou eliminados, o certificado da sua receção deveria chegar no prazo de 30 dias, podendo neste caso registar-se pontualmente atrasos na receção dos referidos certificados. Como a maior parte dos dados são necessários mensalmente, sempre que os certificados de receção não chegam atempadamente, devem ser utilizados os valores estimados para a avaliação

dos indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD. Caso estes cheguem com atraso, as quantidades estimadas devem ser retificadas no mês em que estes forem rececionados.

### 5.3. CÁLCULO DE INDICADORES

Foram disponibilizados todos os dados relacionados com RCD registados pelos responsáveis da empresa construtora. No entanto, apenas serão analisados os indicadores apresentados na Tabela 5.3, devido à falta de registo de dados necessários ao cálculo de outros que constam da proposta apresentada.

Tabela 5.3 – Indicadores analisados

N.º	Indicador
I.2	Produção de RCD
I.4	Destinos de RCD
I.4.1	Reutilização
I.4.2	Valorização
I.4.3	Eliminação
I.5	Composição de RCD
I.5.1	Inertes
I.5.2	Não Perigosos
I.5.3	Perigosos
I.7	Custo da gestão de RCD

Para as obras em estudo foi necessário adaptar alguns dos indicadores em função dos dados disponibilizados. O indicador referente à produção total de RCD, segundo o apresentado no capítulo anterior, traduz-se no quociente entre a quantidade total de RCD produzida sob a área de tarefas que originam os respetivos RCD. No entanto, não é possível calcular o indicador dessa forma, pois não foi registada mensalmente a área das tarefas que originaram os respetivos resíduos. Como solução foi utilizada a extensão da construção, sendo que o resultado deste indicador, passa a ser expresso em toneladas por quilómetro (ton/km). De seguida apresenta-se a tabela com os respetivos valores.

Tabela 5.4 – Produção total de RCD nas várias obras

Obra	Produção total de RCD (ton/km)
A1	1,28
A2	167,90
A3	16,44
Viaduto	2,06

É de salientar que, as extensões das várias frações da construção da autoestrada são de valor semelhante, o que varia de forma significativa é a quantidade total de RCD produzida nesse mês. De acordo com os valores obtidos, observa-se que a fração A2 foi a que obteve o maior valor para este indicador, sendo o local com uma maior produção de resíduos. Como é feita a comparação entre três frações diferentes da autoestrada onde se aplicam o mesmo tipo de medidas preventivas e estas não se encontram na mesma fase construtiva, o valor obtido pode ser explicado pelo faseamento construtivo.

O viaduto possui uma extensão muito menor do que as restantes construções. No entanto, o valor do indicador é próximo do obtido na fração da autoestrada A1, o que pode também ser explicado pelo faseamento construtivo em que se encontram as construções.

De seguida apresentam-se a Tabela 5.5 e a Tabela 5.6 onde são calculados os indicadores correspondentes à composição e destino de RCD, respetivamente.

Tabela 5.5 – Composição dos RCD produzidos nas obras em análise

Composição RCD	A1	A2	A3	Viaduto
Inertes (%)	0,00	99,75	94,72	0,00
Perigosos (%)	3,29	0,00	0,07	0,00
Não perigosos (%)	96,71	0,25	5,20	100,00

Tabela 5.6 – Destinos de envio de RCD produzidos nas obras em análise

Destinos RCD	A1	A2	A3	Viaduto
Reutilização (%)	0,00	99,75	94,72	0,00
Valorização (%)	96,92	0,20	5,28	100,00
Eliminação (%)	3,08	0,06	0,00	0,00

Através da análise dos resultados obtidos nos dois indicadores, importa concluir que, sempre que nas diferentes frações da autoestrada há uma elevada percentagem de resíduos reutilizados na própria obra, ao analisar a sua composição percebe-se que esses resíduos são inertes, nomeadamente misturas betuminosas utilizadas em estradas locais, caminhos paralelos, leito de pavimento, entre outras. Para o mês em estudo esta situação verifica-se nas frações A2 e A3.

Quando são produzidos em obra resíduos não perigosos estes são enviados maioritariamente para valorização. Esta situação verifica-se na A1 e no viaduto.

No caso dos resíduos perigosos, são enviados para a valorização ou eliminação em pequenas quantidades, o que significa que a sua produção não é significativa. É de salientar que a permanência em obra destes resíduos não pode ser superior a 3 meses conforme está consignado no Decreto-Lei n.º46/2008 [18].

Assim, as obras mais sustentáveis do ponto de vista do destino dos resíduos, são as frações A2 e A3, sendo que quase todos os resíduos são reutilizados em obra. No caso da autoestrada 1 e do viaduto a maior parte dos resíduos foi enviada para valorização.

Por fim, calcula-se o custo da gestão de RCD, sendo que a sua fórmula de cálculo também foi adaptada. Este foi determinado através do quociente entre o custo da gestão de RCD e a extensão da construção em análise. De seguida apresentam-se os valores obtidos para este indicador.

Tabela 5.7 – Custo da gestão de RCD nas obras em análise

Construção	Custo da gestão de RCD (€/km)
A1	75,49
A2	34,64
A3	12,95
Viaduto	40,43

Mais uma vez importa salientar que, na análise deste indicador, deve ser considerada a fase construtiva. Numa fase inicial, os custos com a gestão de RCD provem de ações de formação, implementação do local de depósito, enquanto com o decorrer da obra estes são originários dos contratos estabelecidos com os vários operadores de RCD. No mês em causa, as obras já se tinham iniciado, logo os custos provem essencialmente da última causa.

O valor do indicador mais baixo foi obtido para a fração A3, sendo que nesta obra não houve uma produção de resíduos significativa, e na sua maioria os resíduos foram reutilizados. Já no caso da fração A1, esta possui o valor mais elevado do indicador em análise, pois todos os resíduos produzidos foram enviados para valorização e eliminação. No caso de A2, esta produz a maior quantidade de RCD, contudo, estes são praticamente todos reutilizados na própria obra o que faz com que o custo não seja o mais elevado. No caso do viaduto, é importante referir que todos os resíduos são enviados para valorização o que aumenta os encargos com os operadores licenciados.

#### 5.4. A IMPORTÂNCIA DA PONDERAÇÃO

Neste ponto, será analisada qual a obra mais sustentável ao nível da gestão de resíduos, tendo em conta os indicadores calculados. Para isso, estudou-se a influência dos critérios utilizados na ponderação, supondo diferentes limitações locais e objetivos que a empresa poderia ter, de acordo com o apresentado no ponto 4.11.2 do capítulo anterior. Na Tabela 5.8 definem-se os cenários alvo do estudo e na Tabela 5.9 e Tabela 5.10 as ponderações atribuídas em percentagem em função dos respetivos cenários.

Tabela 5.8 – Cenários em análise

Cenários	A1	A2	A3	Viaduto
1	Limitações da zona envolvente.	Não há limitações a registar.	Área limitada para a implementação do estaleiro e difíceis acessos locais.	Difíceis acessos ao local.
2	Difíceis acessos ao local	Área limitada para a implementação do estaleiro	Limitações da zona envolvente.	Não há limitações a registar.
3	Empresa valoriza aplicação de medidas que tem em consideração aspetos ambientais.			
4	Empresa apenas tem preocupações com aspetos económicos			
5	Empresa apenas pretende que se calcule a média ponderada de todos os indicadores.			

Tabela 5.9 – Ponderação atribuída ao Cenário 1

Indicadores	Cenário 1				Cenário 2			
	A 1	A 2	A3	Viaduto	A 1	A 2	A3	Viaduto
I.2	50	33,3	90	50	50	90	50	33,3
I.4	40	33,3	5	40	40	5	40	33,3
I.7	10	33,3	5	10	10	5	10	33,3

Tabela 5.10 – Ponderação atribuída aos Cenários 3, 4 e 5

Indicadores	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
	Ponderação (%)	Ponderação (%)	Ponderação (%)
I.2	50	10	33,3
I.4	40	10	33,3
I.7	10	80	33,3

Para calcular a sustentabilidade na gestão de RCD, os indicadores devem ser devidamente pontuados, sendo de seguida apresentada uma proposta de pontuação.

No que respeita ao indicador que avalia o destinos para onde são enviados os RCD, a pontuação atribuída está definida na Tabela 5.11, a qual foi elaborada tendo em consideração o princípio referente à hierarquia de resíduos.

Tabela 5.11 – Pontuação do indicador relativo ao destino de RCD

Critérios de Pontuação	Pontuação
Reutilização entre os 90 e 100%	1
Valorização entre os 90 e 100%	2
Valorização menor que 50% e reutilização maior que 50%	2
Valorização maior que 50% e reutilização menor que 50%	2
Reutilização e valorização maior que 50% e eliminação menor que 50%	3
Eliminação maior que 50% e reutilização e valorização menor que 50%	4

No caso dos indicadores correspondentes à produção total e aos custos de gestão de RCD, tendo em consideração os valores obtidos através do seu cálculo, propõe-se a adoção das pontuações expressas nas Tabela 5.12 e Tabela 5.13.

Tabela 5.12 – Pontuação do indicador relativo à produção total de RCD

Critérios de Pontuação	Pontuação
Menor do que 5 ton/km	1
Entre 5 e 15 ton/km	2
Entre 15 e 25 ton/km	3
Maior do que 25 ton/km	4

Tabela 5.13 - Pontuação do indicador relativo aos custos com a gestão de RCD

Critérios de Pontuação	Pontuação
Menor do que 15 €/Km	1
Entre 15 a 30 €/Km	2
Entre 30 a 45 €/Km	3
Maior do que 45€/Km	4

Atribuindo as pontuações propostas aos diferentes indicadores, obtém-se a pontuação expressa na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 – Pontuação dos indicadores

Indicadores	A1	A2	A3	Viaduto
Produção de RCD	1	4	3	1
Destino RCD	2	1	1	2
Custo gestão RCD	4	3	1	3

Depois de os indicadores serem pontuados, devem ser multiplicados pela respetiva ponderação e somados para obter o resultado final do índice de sustentabilidade na gestão de RCD. Na Tabela 5.15, apresentam-se os resultados globais da sustentabilidade na gestão de RCD.

Tabela 5.15 – Resultados da sustentabilidade na gestão de RCD

Situações	A1	A2	A3	Viaduto
1	170	267	280	160
2	170	380	200	200
3	170	270	200	160
4	350	290	120	270
5	233	267	167	200

Verifica-se, que a consideração dos diferentes cenários no que respeita à ponderação, influencia os resultados finais obtidos para a escolha da obra mais sustentável do ponto de vista da gestão de RCD.

No que respeita ao cenário 1, a obra com a gestão de RCD mais sustentável para o mês em análise, foi a do viaduto. Este encontra-se num local de difícil acesso, pelo que o responsável pela gestão de RCD deveria perante este cenário, implementar medidas que minimizassem a sua produção e optar pela reutilização na própria obra. Contudo o que aconteceu é que embora estes fossem produzidos em baixa quantidade, não houve reutilização optando-se antes pelo seu envio para valorização. O mesmo cenário aconteceu na fração A1 da autoestrada, a qual possuía limitações na zona envolvente pelo que deveriam ser implementadas as mesmas medidas. Os resultados ao nível dos indicadores produção de RCD e os destinos são os mesmos, contudo esta possui um custo mais elevado, logo o viaduto foi o que obteve melhor pontuação geral.

No caso do cenário 2, são mais uma vez criadas diferentes limitações locais para os vários cenários. Tendo isso em consideração, a fração da autoestrada A1 possui difíceis acessos locais o que pode dificultar o transporte dos resíduos pelos operadores licenciados. Deste modo atribuíram-se maiores ponderações à produção e reutilização na própria obra sendo que foram obtidos resultados favoráveis nestes dois indicadores.

No caso do cenário3, colocou-se a hipótese de a empresa possuir maiores preocupações ambientais. Deste modo, é necessário valorizar os indicadores correspondentes à produção e destino de RCD em todas as obras. Assim, os melhores resultados obtidos nestes indicadores correspondem aos da obra A1 e ao viaduto. Este último possui um menor custo pelo que obtém um resultado geral que o classifica neste cenário como a obra mais sustentável ao nível deste tipo de gestão.

Pelo contrário, no cenário 4, foram consideradas apenas preocupações económicas sendo que o indicador com maior ponderação foi o dos custos na gestão de RCD. Deste modo, A3 é a fração que possui o custo mais baixo, logo a mais sustentável neste caso.

Já no cenário 5, não foi feita qualquer distinção e todos os indicadores foram ponderados do mesmo modo, sendo que a obra com uma gestão de RCD mais sustentável foi a A3, ou seja, a que possui os indicadores com valores mais sustentáveis de um modo global.

A única obra que não foi considerada sustentável foi a fração A2. Isto deve-se à elevada quantidade de RCD produzidos durante este mês sendo este um fator considerado importante em vários dos casos das situações criadas. No entanto, praticamente todos os RCD produzidos foram reutilizados na própria obra. Assim, esta obra deveria ser analisada detalhadamente para perceber se a produção de resíduos poderia ser minimizada, ou caso não fosse, alterar o sistema de ponderação de modo a considerar a sua gestão mais sustentável.

Estes resultados, como foi referido ao longo do capítulo, variam consoante o faseamento construtivo pelo que só deveriam ser comparados os que se encontrassem na mesma fase. Outro dos fatores que condiciona a análise é o número de indicadores a ser utilizados. Caso se tivessem dados para calcular os da proposta, existiriam muitas mais variantes que influenciavam o resultado final.

## **5.5. MELHORIAS À PROPOSTA DE INDICADORES**

Através do estudo feito neste capítulo, torna-se possível fazer algumas considerações que permitem melhorar, a proposta de indicadores apresentada.

Em obras com diversas frentes, a análise de indicadores mensais deve ser feita separadamente, pois a construção pode encontrar-se em fases diferentes o que dá uma errada perceção do resultado.

Em obras que envolvam grandes movimentos de terras, como as analisadas, os solos não devem entrar no cálculo juntamente com os outros tipos de resíduos, criando indicadores próprios para que a gestão destes possa ser interpretada de modo correto. Assim, a gestão dos restantes RCD, será analisada de forma individualizada.

Outro dos aspetos que se mostrou relevante para o cálculo dos indicadores mas de difícil quantificação, é a contaminação ambiental que pode ser provocada por este tipo de gestão. Não podem ser realizadas ações de monitorização mensais para a quantificação de valores para o cálculo da sustentabilidade por estas ações serem muito dispendiosas para a empresa construtora. Assim, surgiu a opção de se quantificar em termos do registo do número de reclamações feitas devido à existência de poeiras, ruído, vibrações, contaminação dos solos ou falta de limpeza na zona envolvente ou na própria obra num determinado mês.

Durante a análise dos indicadores, mostrou-se necessário criar um que considerasse a produção de RCD e os resíduos reutilizados na própria obra para que não ocorram situações como as da fração da autoestrada A2. Assim deve ser feita a diferença entre os dois valores, caso na obra tenham sido implementadas medidas preventivas, e este indicador deve entrar na avaliação global da sustentabilidade.

É importante que as conclusões retiradas da análise dos indicadores seja fiável e esta está muitas vezes condicionada por fatores temporais, como o referido faseamento construtivo, valores mensais que podem muitas vezes não depender da própria empresa, limitações geográficas, entre outros. Assim, a análise dos indicadores e a interpretação dos resultados deve ser feita pela mesma pessoa que no local implementou práticas de gestão e assegurou ou o registo da informação necessária, pois tem conhecimento das limitações locais e da eventual fase construtiva em que a obra se encontra, podendo justificar certos valores obtidos.

Em obras de grande dimensão há uma dificuldade acrescida no controle desta gestão. No entanto, através da nomeação de um ou mais responsáveis pela gestão de RCD, seria mais fácil controlar o registo e fiabilidade dos dados.

Por último, mostra-se importante analisar os critérios de ponderação utilizados, porque como o demonstrado no ponto anterior estes influenciam de modo muito significativo a conclusão final sobre a sustentabilidade na gestão de RCD. Portanto, estes devem ser testados em várias obras de modo a chegar a valores que traduzam de forma credível a sustentabilidade neste tipo de gestão. Estes valores devem ser testados consoante o tipo de obra e ser melhorados continuamente através da sua aplicação prática.

# 6

## CONCLUSÕES

### 6.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da presente dissertação procurou-se analisar a sustentabilidade na gestão de RCD em diferentes tipos de obra.

Mostrou-se necessário estudar de forma aprofundada as várias especificações referentes ao desenvolvimento sustentável e ao processo correspondente à gestão de RCD, para selecionar indicadores que permitissem avaliar sob o ponto de vista da sustentabilidade este tipo de gestão. No entanto, no setor construtivo não há um equilíbrio entre as três vertentes do desenvolvimento sustentável, sendo à vertente económica a que possui maior importância atualmente. Esta situação provoca a degradação do meio natural, o que exige uma mudança urgente no setor. Um dos fatores que gera uma elevada poluição é a produção de RCD, importando deste modo avaliar, quais os melhores métodos a utilizar na sua gestão.

É de grande importância a existência de métodos que avaliem a sustentabilidade no processo construtivo, para que sejam realizadas análises comparativas entre as várias soluções e, deste modo, averiguar quais os valores e técnicas que permitem obter um equilíbrio entre as três vertentes do desenvolvimento sustentável.

Foram identificadas práticas que têm como objetivo implementar a gestão de RCD de forma sustentável, no entanto, a sua implementação deve ser preparada antes do início do processo construtivo para que se definam as prioridades a ter em conta, em função de cada local. Mostra-se necessária a nomeação de um responsável que assegure o planeamento e execução destas práticas no decorrer do processo construtivo, bem como a efetuação do registo dos dados essenciais ao cálculo dos indicadores. Este, deve analisar os dados obtidos mensalmente e utilizando também indicadores de diagnóstico, perceber o que não está a contribuir para uma gestão sustentável.

Nem todos os intervenientes na construção estão sensibilizados para a importância da adoção de medidas que valorizem a construção sustentável, sendo necessário que os principais responsáveis por este setor, motivem os menos interessados. A quantificação em termos de sustentabilidade, pode ajudar a perceber o que as políticas de reutilização e valorização melhoram, tanto a nível de custos como a nível ambiental. Assim, a análise dos indicadores relativos à sustentabilidade na gestão de RCD, deveria ser divulgada a todos os intervenientes neste tipo de gestão.

Foi testada a aplicabilidade da de alguns indicadores, apresentados através do seu cálculo em duas obras distintas, e foi possível melhorar a proposta em alguns pontos para as obras em causa. No entanto, existem poucos estudos sobre a quantificação deste tipo de resíduos, o que causou algumas dificuldades. Outra das dificuldades verificou-se ao nível dos dados necessários ao cálculo dos indicadores,

visto a empresa construtora apenas possuir o registo de alguns. É necessário calcular os vários indicadores para os vários tipos de obra, melhorando os valores de referência de cada uma, bem como adaptar os indicadores de cálculo consoante os diferentes cenários.

Os indicadores possíveis de calcular no caso de estudo, demonstram a importância da atribuição de diferentes ponderações, consoante as diferentes condições em que a obra é realizada e os objetivos que a empresa possui. Estas ponderações devem também ser melhoradas através da sua aplicação a vários tipos de obra, sendo que é necessário ter em consideração tudo o que a pode limitar, atribuindo a maior a ponderação aos indicadores à qual deve ser dada maior importância.

O estudo feito sobre as práticas e os indicadores de sustentabilidade na gestão de RCD, são o ponto de partida para a realização de um estudo aprofundado através do qual se estabeleça valores de referência, para os vários indicadores: em função do tipo de obra, do faseamento construtivo, de limitações locais, dos objetivos da empresa construtora, entre outros fatores que a possam influenciar. Logo, mostra-se importante o conhecimento prévio destes valores, para planear de forma mais sustentável a gestão deste tipo de resíduos.

Propõe-se assim que, no futuro, seja desenvolvido um método de avaliação que possa ser aplicado pelas várias empresas de construção a nível nacional, de modo a comparar e melhorar os valores obtidos nesta gestão. Este método deve também abranger outras áreas importantes na construção sustentável.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Edwards, B. *O guia básico para a sustentabilidade*. Editorial Gustavo Gili, Barcelona, 2008.
- [2] Pereira, Luís H., Said, J. Aguiar, J. L. Barroso de. 2004. *Gestão de Resíduos de Construção e Demolição*. <http://hdl.handle.net/1822/3046>. Data de acesso: 07/04/2012.
- [3] Pereira, Luís H., Said, J. Aguiar, J. L. Barroso de. *Viabilidade económica de uma central de tratamento de resíduos de construção e demolição*. 2004. <http://hdl.handle.net/1822/2596>. Data de acesso: 07/04/2012.
- [4] Bellen, V., Michael, H. *Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação*. Ambiente & Sociedade, Junho/2004, páginas 67 a 87.
- [5] Pacheco, Torgal., Said, Jalali. *Tendências para a sustentabilidade dos materiais de construção*. 2008. <http://hdl.handle.net/1822/8830>. Data de acesso: 07/04/2012.
- [6] Pinheiro, M. Duarte. *Ambiente e Construção Sustentável*. Instituto do Ambiente, Lisboa, 2006.
- [7] Sousa, H., *Construção e Sustentabilidade*, Congresso CONCRETA: Reabilitar/Habitar, Outubro 2009, Porto.
- [8] Teixeira, Ana. *Operacionalização de princípios de sustentabilidade nas práticas de projeto*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [9] Mateus, Ricardo., Bragança, Luís. *Tecnologias Construtivas para Sustentabilidade da Construção*. Edições ECOPY, Porto, 2006.
- [10] Son, H., Kim, C., Chong, W. K., Chou, J. S., B. *Implementing Sustainable Development in the Construction Industry: Constructors' Perspectives in the US and Korea*. Sustainable Development, 2011, páginas 337 a 347.
- [11] Riley, D., Pexton, K., Drilling, J., *Procurement of sustainable construction services in the United States: the contractor's role in green buildings*. Industry and Environment, Abril a Setembro 2003, páginas 66 a 71.
- [12] LiderA - <http://www.lidera.info/>. Data de acesso: 21/02/2012.
- [13] Pinheiro, M. Duarte. *LiderA Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes onstruídos*. Janeiro de 2011. [http://www.lidera.info/resources/LiderA\\_Apresentacao\\_geral\\_2011\\_v1.pdf](http://www.lidera.info/resources/LiderA_Apresentacao_geral_2011_v1.pdf). Data de acesso: 21/02/2012.
- [14] Castro, Daniel. *Sustentabilidade na Reabilitação*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [12] Análise do ciclo de vida - <http://acv.ibict.br/normas>. Data de acesso: 28/05/2012.
- [13] Sousa, F. *Optimização de métodos de escolha de materiais com base no desempenho sustentável*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [14] Bragança L., Mateus R. *Sustentabilidade de soluções construtivas*. Congresso sobre a construção sustentável, 2006,Porto.
- [15] Castro, D. *Sustentabilidade na Reabilitação*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.
- [16] LEED - <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CategoryID=19>. Data de acesso: 21/02/2012.
- [17] LEED - <http://www.centerpointct.com/gr-leed.asp>. Data de acesso: 05/06/2012.
- [18] Cepinha, Eloísa., Santos, Sofia., *Implementação de um sistema de avaliação de desempenho*

*ambiental da construção- LEED*. Research, Janeiro de 2009, edição n.º2, págs. 2-18, Sustentare, Lisboa.

[19] LiderA - <http://www.lidera.info/>. Data de acesso: 21/02/2012

[20] Pinheiro, M. Duarte. *LiderA Sistema voluntário para a sustentabilidade dos ambientes construídos*. Janeiro de 2011. [http://www.lidera.info/resources/LiderA\\_Apresentacao\\_geral\\_2011\\_v1.pdf](http://www.lidera.info/resources/LiderA_Apresentacao_geral_2011_v1.pdf). Data de acesso: 21/02/2012.

[21] Canedo, J.P., Couto, J.P. *Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição na Óptica dos Empreiteiros*, International Conference on Engineering 28 a 30 de Novembro de 2011, Universidade da Beira Interior, Covilhã.

[22] Eurostat - [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics\\_explained/index.php/Waste\\_statistics](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Waste_statistics). Data de acesso: 16/05/2012

[23] Decreto-Lei n.º152/2002, de 23 de Maio.

[24] Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março.

[25] Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro.

[26] Spies, S. *3R in Construction and Demolition Waste (CDW) – potentials and constraints*. 8 de Junho de 2012.

[27] Couto, A.; Couto, J.; Teixeira, J. *Desconstrução – Uma ferramenta para sustentabilidade da construção*. 2006.

[28] Portaria n.º209/2004, de 3 de Março.

[29] Brito, J. *A Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição*. Workshop “A Reciclagem na Casa do Futuro”, Aveirodomus, Aveiro, 2006.

[30] Melim, J. *Gestão de resíduos de construção e demolição em obras de reabilitação*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.

[31] Decreto-Lei n.º 18/2008, de 19 de Janeiro.

[32] Decreto -Lei n.º 60/2007, de 4 de Setembro.

[33] Caixilhas, J., Silva, C.L. *PPGR – Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos*. Seminário gestão de resíduos de construção e demolição, 30 de Outubro de 2008, Pequeno Auditório do Centro Cultural, Mirandela.

[34] Azevedo, A. *Reaproveitamento de materiais em grandes obras de reabilitação*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2010.

[35] Lei n.º73/2011, de 17 de Junho.

[36] ADEME. *Prévenir et gérer les déchets de chantier*. Editions Le Montieur, Paris, 2009.

[37] Classificação Nacional de Profissões. Disponível em: <http://www.iefp.pt/formacao/CNP/Paginas/CNP.aspx>. Data de acesso: 02/05/2012.

[38] Lee, K., Park P., *ENVIRONMENTAL AUDITING: Application of Life-Cycle Assessment to Type III Environmental Declarations*. Environmental Management, 17 DE Maio de 2001, páginas 533 a 546, Springer, New York.

- [39] Duarte, B. Preocupações de sustentabilidade e especificações técnicas de obras. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2009.
- [40] Godinho, C. *Gestão Integrada de Resíduos de Construção e Demolição – Análise de Casos de Estudo*. Dissertação de Mestrado, ISEL, 2011.
- [41] Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de Outubro.
- [42] Couto, J.P., Couto, A.M. *Construction sites environment management: establishing measures to mitigate the noise and waste impacts*. Portugal SB07 Sustainable Construction, 2007, páginas 56 a 62.
- [43] Siche, R., Agostinho, F., Ortega, E., Romeiro, A. *Índices versus indicadores: precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países*. Ambiente&Sociedade. Julho/2007.
- [44] Segnestam, L. *Environmental Performance Indicators*. Environmental economics series, Outubro/1999.
- [45] Gomes da Silva, V. *Environmental Performance Indicators*. Environmental economics series, Outubro/1999.
- [46] Jones, R., Smith, D. A., Seward, C. *Design of Aberdeen Channel, Bridge, Hong Kong*, Concrete Engineering for excellence and efficiency, 8 a 10 Junho de 2011, Praga.

