

# **GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO - ESTUDO DE CASO DOS INDICADORES DE OBRAS EM BRAGANÇA (PORTUGAL) E CURITIBA (BRASIL)**

**Maiz Inara Reck**

Relatório Final de Projeto Apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

Para a Obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia da Construção**

**Abril 2019**



# **GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO - ESTUDO DE CASO DOS INDICADORES DE OBRAS EM BRAGANÇA (PORTUGAL) E CURITIBA (BRASIL)**

**Maiz Inara Reck**

Relatório Final de Projeto Apresentado à  
**Escola Superior de Tecnologia e Gestão**  
**Instituto Politécnico de Bragança**

Para a Obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia da Construção**

Orientador: Prof. Dr. Rui Alexandre Figueiredo de Oliveira

Coorientador: Prof. Dr. André Nagalli

**Abril 2019**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente e infinitamente aos meus pais e ao meu irmão, porque são minha fundação e o meu porto seguro. São os apoios que me influenciaram e me encorajaram a dar todos os passos que me tornaram quem sou hoje. Nada do que conquistei foi sem a influência deles. Inclusive, sem a coragem que me passaram, não teria iniciado e ainda menos finalizado essa etapa de dupla diplomação. Tudo é por eles e para eles, que me criaram para o mundo.

Sou eternamente grata também às minhas mães de criação e de coração, que muito me ensinaram e, por mais que a distância as entristeça e a saudade aperte o peito, sempre me apoiaram e entenderam os motivos que me fizeram ir para longe.

Não há como deixar de agradecer aos meus amigos. E, tratando-se de um ano de intercâmbio, os amigos ficam, vão e vêm. Há aqueles que ficaram no Brasil, mas se mantiveram sempre perto. Aqueles feitos em Portugal, mas que acabaram por ir para longe. Aqueles que chegaram no meio da jornada e estão pessoalmente presentes durante a fase em que “tudo está terminando”. A verdade é que, a dissertação termina e o intercâmbio também, mas algumas pessoas ficam para sempre.

Agradeço também aos meus professores orientadores, Rui Oliveira e André Nagalli, que estiveram sempre dispostos a colaborar e auxiliar em tudo que fosse necessário. Eles que, juntamente comigo, fizeram tamanho esforço para que fossem coletadas as respostas necessárias e viabilizaram a finalização desse trabalho com o alcance de todos os objetivos iniciais.

Nos bastidores, mas muito influenciadora do crescimento adquirido através desse trabalho e da minha permanência em Bragança, está Ana Galvão.

Aos colegas, engenheiros e empresas que colaboraram com a pesquisa, deixo minha gratidão. Sem sua colaboração a realização deste estudo não seria possível.

Por fim, agradeço às oportunidades da vida e por ter sido capaz de concluir mais essa etapa.

## RESUMO

A indústria da construção influencia o meio ambiente de modo direto, uma vez que se apropria de recursos naturais, os aplica e, por conseguinte, gera resíduos. A preocupação com a sustentabilidade ambiental da construção requer aumento da eficácia do ciclo de vida de edificações, considerando soluções eficientes desde o projeto até ao seu desmantelamento. Por esse motivo, este trabalho abrange a evolução legislativa referente aos resíduos de construção em Portugal e no Brasil. Envolve as medidas de gerenciamento de resíduos que colaboram para a redução da geração dos mesmos e influenciam no seu tratamento, assim como os custos relacionados com essa prática, assim como quantificação de indicadores de resíduos de construção por área unitária de construção em Bragança (Portugal) e Curitiba (Brasil). A metodologia de pesquisa utilizada incluiu o levantamento de dados sobre a geração de resíduos, práticas de gerenciamento e encaminhamento de resíduos de construção, bem como os custos relacionados a esse quesito em canteiros de obra de edificações portuguesas e brasileiras. Os resultados da pesquisa com 18 obras brasileiras e 6 portuguesas mostram que, quanto às características de projeto, no Brasil há maior utilização de estruturas mistas, enquanto em Portugal prevalece a utilização de concreto armado para elementos estruturais. Os dois países demonstram preocupação com a conscientização dos trabalhadores, com o planejamento do canteiro de obras, em relação à redução da geração de resíduos. As tipologias de resíduos identificadas como produzidas com maior significância é a de mistura de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, seguido por concreto e madeira. Quanto à destinação dos resíduos, no Brasil existe a utilização de maior opção de soluções, como o encaminhamento para olarias e usinas de reciclagem, mas em Portugal parece existir maior criatividade na reutilização dos resíduos em obras. Além disso, há no Brasil maior frequência de geração de lucros advindos do encaminhamento dos resíduos, cerca de 65% e 33% em Portugal. Quanto a geração de resíduos de construção por unidade de área construída, os valores portugueses apresentam-se menores, apenas 4,84 kg/m<sup>2</sup> comparado à 101,14 kg/m<sup>2</sup> no Brasil. A disparidade de valores parece ser justificada pela falta de soluções de encaminhamento, sobretudo na região analisada em Portugal, facto que não acontece em Curitiba no Brasil.

Neste sentido, existe espaço no mercado da construção dos dois países para a introdução de medidas de gerenciamento mais avançadas que diminuam a geração de resíduos como a análise do ciclo de vida de edificações e produtos, a utilização do conceito de *Lean Construction*, bem como a utilização de certificações ambientais, que irão permitir um gerenciamento ainda mais eficaz.

Palavras-chave: Gerenciamento de Resíduos, Resíduos de Construção e Demolição, Canteiros de Obra, Medidas de Gerenciamento, Indicadores.

## **ABSTRACT**

Construction industry influences the environment directly, once it appropriates from natural resources, applies them and thereafter, generates waste. Concerning about construction's environmental sustainability demands construction life cycle efficiency improvement, considering efficient solutions since the project design up until its dismantling. Thus, this dissertation includes legislative developments concerning waste in Portugal and in Brazil. It enfoldes waste management measures that are collaborative to waste generation reduction and influence its treatment, related costs to this practice, as well as construction waste quantification by unit of constructed area in Bragança (Portugal) and Curitiba (Brazil). The research methodology included a construction waste generation, management and disposal measures and waste management related costs data survey in Portuguese and Brazilian construction sites. Survey results amongst 18 Brazilian and 6 Portuguese companies show that as to project features, in Brazil the use of mixed structures is more common, while in Portugal reinforced concrete prevails as the most chosen material for structural elements. Both countries express concern towards workers awareness, site planning, related to waste generation reduction. Mixed concrete, bricks, tiling, roof tiles and ceramic materials is the most produced waste typology, followed by concrete and timber. Regarding the waste disposal, Brazil presents higher range of solutions, such as disposition in potteries and recycling facilities, while Portuguese construction sites present more creativity when reusing waste on site. Besides that, Brazilian construction sites present higher frequency of income resulting from waste disposal, about 65% and 33% in Portugal. Portuguese waste generation per constructed area unit rate is lower, merely 4,84kg/m<sup>2</sup> compared to 101,14kg/m<sup>3</sup> in Brazil. The value difference seems to be justified by the lack of disposal solutions, especially in the region analyzed in Portugal, which is not the case in Curitiba in Brazil. For that matter, the construction market in both countries could use more advanced palliative management measures towards waste generation, such as product and building life cycle assessment, Lean Construction concepts as well as environmental certification, which will enhance the management efficiency.

Key words: Waste Management, Construction and Demolition Waste, Construction sites, Management Measures, Indicators.

## ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Enquadramento Geral .....	16
1.2	Objetivos e metodologia.....	18
1.3	Estruturação do trabalho .....	19
2	RESÍDUOS .....	20
2.1	Classificação e periculosidade dos resíduos.....	20
2.2	Geração mundial de resíduos sólidos .....	24
2.3	Evolução legislativa na Europa e no Brasil relacionada com os resíduos sólidos.....	25
2.4	Resíduos de construção e demolição (RCD) .....	27
2.4.1	Geração de RCD em Portugal e Europa.....	27
2.4.2	Geração de RCD no Brasil .....	30
2.4.3	Geração de resíduos em obras de construção .....	33
2.4.4	Legislação portuguesa.....	35
2.4.5	Legislação brasileira .....	39
2.5	Principais métodos construtivos e a sua geração de RCD.....	41
2.5.1	Infraestruturas.....	41
2.5.2	Acabamentos.....	41
2.5.3	Estruturas .....	42
2.5.3.1	Concreto .....	43
2.5.3.2	Alvenaria estrutural.....	44
2.5.3.3	Aço .....	45
2.5.3.4	<i>Light steel framing</i> .....	46
2.5.3.5	Madeira.....	47
3	GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO ..	49
3.1	Análise do ciclo de vida (ACV) .....	51
3.1.1	ACV de materiais e produtos .....	52
3.1.2	ACV de edifícios .....	54
3.2	Boas práticas associadas à redução da geração de RCD .....	56
3.2.1	Política dos 5R.....	56
3.2.2	Planejamento do canteiro de obras .....	58
3.2.3	Certificações ambientais.....	59



3.2.4	<i>Lean Construction</i> e pré-fabricação de elementos construtivos	.61
3.2.5	Desconstrução e Demolição Selectiva.....	63
3.2.6	Reutilização de resíduos inertes .....	64
3.3	Custos associados ao gerenciamento de resíduos .....	66
4	ESTUDO DE CASO.....	70
4.1	Metodologia.....	70
4.2	Análise da geração de resíduos de construção em obras portuguesas .....	73
4.2.1	Análise do projeto e dos métodos construtivos utilizados .....	73
4.2.2	Gerenciamento de RC adotado .....	75
4.2.3	Quantidade de resíduos de construção gerados .....	77
4.2.4	Destinação de resíduos de construção .....	80
4.2.5	Custos relacionados ao gerenciamento de resíduos .....	81
4.2.6	Análise conclusiva da situação em Portugal.....	82
4.3	Análise da geração de RC em obras brasileiras .....	83
4.3.1	Análise do projeto e dos métodos construtivos utilizados .....	83
4.3.2	Gerenciamento de RC adotado .....	87
4.3.3	Quantidade de resíduos de construção gerados .....	89
4.3.4	Destinação de resíduos de construção .....	93
4.3.5	Custos relacionados ao gerenciamento de resíduos .....	94
4.3.6	Análise conclusiva da situação no Brasil .....	95
4.4	Comparação entre dados obtidos .....	96
5	CONCLUSÕES.....	103
	REFERÊNCIAS .....	106
	ANEXOS.....	118

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Indicadores de geração de resíduos em construções .....	34
Tabela 2 - Representatividade do custo total da obra relacionado ao gerenciamento de RC .....	82
Tabela 3 - Representatividade do benefício monetário referente ao encaminhamento de RC .....	82
Tabela 4 - Geração de total de resíduos, geração de solos escavados e geração de resíduos excluindo solos em obras brasileiras .....	89
Tabela 5 - Geração média de resíduos em obras brasileiras .....	91
Tabela 6 - Geração de resíduos perigosos em obras brasileiras .....	93
Tabela 7 - Representatividade do custo total da obra relacionado ao gerenciamento de RC .....	95
Tabela 8 - Representatividade do benefício monetário referente ao encaminhamento de RC .....	95

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Percentagem de cada tipologia de resíduo gerada em cada estado membro da UE em 2014 .....	28
Figura 2 - Geração de resíduos/área econômica em Portugal, 2014 (%) .....	28
Figura 3 - Estrutura de resíduos setoriais por principais atividades econômicas 2010-2014 .....	29
Figura 4 - Estrutura de resíduos setoriais por principais atividades econômicas 2012-2016 .....	29
Figura 5 - RCD coletados no Brasil e por Macrorregiões .....	30
Figura 6 - Índice kg/hab/dia de RCD coletado pelos municípios no Brasil .....	31
Figura 7 - População urbana no Brasil em milhões de habitantes entre 2007 e 2016 .....	31
Figura 8 - RCD coletado pelos municípios no Brasil em toneladas/dia .....	32
Figura 9 - Quantidade de RCD coletado pelos municípios no Brasil entre 2008 e 2016 em toneladasx1000/ano .....	32
Figura 10 - Camadas de materiais do sistema ETICS .....	42
Figura 11 - Execução de estrutura de concreto <i>in loco</i> .....	44
Figura 12 - Esquema de parede em alvenaria estrutural .....	45
Figura 13 – Instalação de painel pré-fabricado em estrutura de aço.....	46
Figura 14 - Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing .....	47
Figura 15 - Montagem de sistema estrutural em madeira .....	48
Figura 16 - Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos .....	49
Figura 17 - Vantagens da utilização de medidas de gerenciamento de resíduos .....	51
Figura 18 - Metodologia de ACV .....	52
Figura 19 - Expressão gráfica da queda de desempenho natural de uma edificação com o tempo.....	55
Figura 20 - Ideias básicas da política dos 5R.....	57
Figura 21 - O papel da desconstrução no ciclo de um empreendimento de construção.....	64
Figura 22 - Principais materiais de acabamento utilizados em obras portuguesas. ..	74
Figura 23 - Utilização das tipologias de acabamento em obras portuguesas .....	74
Figura 24 - Materiais de isolamento utilizados em obras portuguesas.....	75

Figura 25 - Influência do plano de gerenciamento de resíduos em obras portuguesas .....	76
Figura 26 - Aplicação de medidas de gerenciamento de resíduos em obras portuguesas.....	76
Figura 27 - Geração de resíduos em obras portuguesas .....	78
Figura 28 - Geração de resíduos por tipologia em obras portuguesas.....	79
Figura 29 - Práticas de destinação de RC utilizadas em obras portuguesas .....	81
Figura 30 - Principais sistemas construtivos em obras brasileiras .....	85
Figura 31 - Principais acabamentos utilizados em obras brasileiras. ....	85
Figura 32 - Utilização das tipologias de acabamento em obras brasileiras .....	86
Figura 33 - Materiais de isolamento utilizados em obras brasileiras .....	86
Figura 34 - Influência do plano de gerenciamento de resíduos em obras brasileiras	87
Figura 35 - Aplicação de medidas de gerenciamento de resíduos em obras portuguesas.....	88
Figura 36 - Geração de RC exceto solos escavados em obras brasileiras .....	90
Figura 37 - Geração de solos escavados em obras brasileiras versus número de subsolos edificadas .....	90
Figura 38 - Geração de resíduos por tipologia em obras brasileiras .....	92
Figura 39 - Práticas de destinação de RC utilizadas em obras brasileiras.....	94
Figura 40 - Aplicação de medidas de gerenciamento de resíduos em obras brasileiras e portuguesas .....	97
Figura 41 - Tipologias de resíduos produzidas em obras brasileiras e portuguesas.	98
Figura 42 - Opções de destinação de RC utilizados no Brasil e em Portugal .....	101

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Divisão de resíduos conforme sua indústria geradora .....	21
Quadro 2 - Divisão de resíduos conforme sua origem .....	22
Quadro 3 – Classes brasileiras de resíduos de construção civil .....	24
Quadro 4 - Origens e causas de resíduos de construção .....	34
Quadro 5 - Possibilidades de reutilização e resíduos em canteiros .....	66
Quadro 6 - Comparação entre custos de certificação LEED E BREEAM .....	69
Quadro 7 - Características principais de obras portuguesas.....	71
Quadro 8 - Características principais de obras brasileiras .....	72
Quadro 9 - Principais sistemas estruturais em obras portuguesas .....	73
Quadro 10 - Principais sistemas estruturais em obras brasileiras.....	84

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABRELPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACC – Análise do Custo de Ciclo de Vida

ACV – Análise do Ciclo de Vida

BREEAM – *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

ETICS – *External Thermal Insulation Composite Systems*

EU – União Europeia

INE – Instituto Nacional de Estatísticas

INMETRO – Instituto Nacional de Meteorologia, Qualidade e Tecnologia

IPCC - *Intergovernmental Panel on Climate Change*

ISO – *International Organization for Standardization*

LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

LER – Lista Europeia de Resíduos

OSB – *Oriented Strand Board*

PPGR – Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos

PGRCC – Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil

PVC – Policloreto de polivinila

RC – Resíduos de construção

RD – Resíduos de demolição

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RJUE – Regime Jurídico da Urbanização e Edificação

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SGA – Sistema de Gestão Ambiental

SINDUSCON-SP – Sindicato da Indústria da Construção Civil de São Paulo

USGBC – United States Green Building Council

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Enquadramento Geral

Desde a ascendência da Revolução Industrial, o ser humano passou a mudar o modo como explora os recursos naturais, apropriando-se cada vez mais destes para sustentar o desenvolvimento da sociedade. Essa mudança de comportamento influenciou a maneira como matérias-primas são exploradas e sua destinação, de maneira que se passou a produzir mais resíduos com o passar do tempo.

Nesse contexto, o setor da construção é um dos que possui grande representatividade. Este setor é então destacado como uma das ações do ser humano que mais afetam o meio ambiente, de maneira que afeta o ciclo ecológico da água, o consumo de energia, representando 32% do consumo de energia mundial (IPCC – International Panel on Climate Change, 2018).

No Brasil, o setor da construção corresponde a aproximadamente 15% do PIB, estando entre os ramos de geração mais economicamente importantes, expandindo conforme o crescimento populacional e demandando grandes quantidades de recursos naturais e intervindo em fatores como água, solo, energia e materiais (Nagalli, 2014).

Tendo em vista que, atualmente, a construção civil possui crescimento mais significativo quando comparada a outros setores. Este crescimento da construção também representa maior geração de resíduos e intensifica a geração de resíduos em Portugal (CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002; Portugal, 2008a; Gramacho *et al.*, 2013).

No Brasil, existem informações suficientes para comprovar que existem perdas no processo de construção e, desta maneira, são criadas situações indesejáveis no âmbito ambiental. De maneira que, o aumento na geração de resíduos de construção e demolição causa deposição não controlada, a qual não vai de encontro com os objetivos para melhora do desempenho ambiental. Isto porque a disposição de resíduos da construção civil em locais inadequados contribui para a



degradação da qualidade ambiental. (Pinto, 1999; CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002; Portugal, 2008a).

Os resíduos da construção devem ser considerados como materiais com grande potencial de reaproveitamento, tendo a possibilidade de serem reutilizados ou reciclados. Sendo assim, essa situação desencadeou tentativas de desenvolvimento de fontes de materiais e da prevenção e minimização de resíduos de construção e demolição a níveis internacionais, nacionais, regionais e locais (Nagalli, 2014; Osmani; Villori-Saez, 2019).

Segundo o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2008), o setor da construção pode colaborar através da redução da demanda final de energia e no aumento da taxa de reciclagem de materiais, bem como no desenvolvimento da economia circular na indústria. Além disso, através da substituição de materiais com alto teor de carbono incorporado por materiais renováveis, como a troca de cimento e aço por madeira, pode colaborar para o desenvolvimento sustentável e conservação do meio ambiente.

Foi com este intuito que os governos Português e Brasileiro passaram a criar legislação que trata da gestão de resíduos da construção e demolição (RCD) para que seja instituída correta gestão dos RCD prevenindo a geração e dando prioridade à triagem na origem, reciclagem e diferentes formas de valorização. (Portugal, 2008a).

Como parte da melhoria de gestão, tanto em Portugal quanto no Brasil, foi normativamente instituída a elaboração de planos de gerenciamento de resíduos da construção civil, nomeadamente o PPGR e PGRCC, respectivamente. Através desses, os empreendimentos devem apresentar estratégias para redução da geração de resíduos, bem como suas estratégias de destinação e também estimativas da quantidade produzida durante a construção.

Desta maneira, a legislação colabora para a eficiência do planejamento e da execução da obra, pois exige controle na geração e destinação de resíduos. Sendo assim, torna-se importante o estudo da geração de resíduos na execução de edificações bem como os métodos construtivos utilizados, os custos relacionados ao gerenciamento e destinação de RCD, de maneira que o planejamento e a execução da obra possam ser realizados.

## 1.2 Objetivos e metodologia

Para elaboração deste trabalho, foram determinados os seguintes objetivos:

- I. Identificar as demandas por práticas de gerenciamento de resíduos na legislação portuguesa e brasileira e quais colaboram para a redução de resíduos de construção e demolição;
- II. Analisar o sistema de gerenciamento de resíduos adotado em canteiros de obra em Portugal e no Brasil, bem como práticas de encaminhamento e custos relacionados ao mesmo;
- III. Compilar dados quantificados relativos à geração de resíduos em canteiros de obra em Portugal e no Brasil;

Para isto, elaborou-se uma discussão teórica sobre os assuntos de interesse através de pesquisa bibliográfica de referência e um estudo de caso foi implantado para explorar a temática na prática. O estudo de caso envolveu a elaboração de um questionário para realização da coleta de dados de empreendimentos portugueses e brasileiros, considerando obras em Bragança (Portugal) e em Curitiba (Brasil). Depreende-se que existam significativas diferenças entre o cálculo de volumes/quantidades de resíduos de construção nos 2 países em análise, salientando-se por exemplo a não quantificação dos volumes de solos em Portugal e o oposto no país Brasil.

Através desse, efetuou-se a análise dos métodos construtivos utilizados e das medidas de gerenciamento implantadas nos canteiros de obra. A partir desses dados, dá-se a comparação entre a geração de resíduos total e por tipologias produzida na execução de cada obra. Foram estudadas também as destinações atribuídas aos resíduos de construção gerados, os custos relacionados ao gerenciamento de resíduos e os possíveis retornos monetários associados aos mesmos. O inquérito foi desenvolvido especificamente atendendo ao tipo de linguagem técnica utilizada tanto para o país Brasileiro como o Português. As questões levantadas são do tipo fechadas com opções de resposta, embora alguma sejam abertas, mas em número reduzido. O tratamento de dados fez-se por métodos de estatística descritiva, nomeadamente percentagem, médias, modas, desvio

padrão, variância. Os inquéritos utilizados na análise de resultados apenas resultam de obras de habitação, excluindo-se os restantes, assim como atendeu-se ao uso nas obras de métodos construtivos semelhantes.

### **1.3 Estruturação do trabalho**

Este trabalho está estruturado de maneira a apresentar inicialmente a introdução e em sequência os demais capítulos, conforme a seguir:

No capítulo 2 apresenta-se o enquadramento ao tema dos resíduos em geral, bem como dos resíduos de construção e demolição, a geração dos mesmos em escala mundial e em Portugal e no Brasil, e a evolução da legislação relacionada ao tema nos dois países. Além disso, engloba as principais tecnologias construtivas e sua relação com a geração de RCD.

Por sua vez, no capítulo 3 são apresentadas medidas de gerenciamento de resíduos que podem ser utilizadas no projeto e execução de edificações para colaborar com a redução de geração de resíduos de construção e demolição, bem como uma discussão sobre os custos associados ao gerenciamento de resíduos da construção.

A partir do capítulo 4 trata-se do estudo de caso, sendo é descrita metodologia para realização desse, as informações obtidas através do questionário aplicado às construtoras portuguesas e brasileiras e a discussão das informações coletadas em cada caso, tal como a comparação entre as mesmas.

No capítulo 5 são expostas as conclusões obtidas através da realização da pesquisa e os futuros estudos com possibilidade de desenvolvimento futuro.

Por fim, no capítulo 6 estão presentes as referências bibliográficas utilizadas na realização deste estudo e no capítulo 7 são apresentados os documentos anexos.

## **2 RESÍDUOS**

Em Portugal, tratam-se como resíduos as substâncias ou objetos listados na Lista Europeia de Resíduos, que os classifica conforme sua atividade ou processo geradores, de maneira semelhante ao contemplado pela normativa brasileira ABNT NBR 10004, que classifica os resíduos como industriais, domésticas, hospitalares, comerciais, de serviços e de varrição (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004; Comissão Europeia, 2014).

É instituído também o conceito de gerador referente à obrigação ou intenção de se desfazer dos resíduos. De maneira que, no Brasil, conforme a Resolução Conama nº 307/2002, se deve entender por gerador as pessoas que tem por responsabilidade atividades ou empreendimentos que produzam resíduos, sendo elas pessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas (CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2002; Portugal, 2006a).

### **2.1 Classificação e periculosidade dos resíduos**

No Brasil, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, define resíduos sólidos como:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.” (Brasil, 2010).

Conforme a legislação portuguesa instituída pelo Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro pode-se fazer ainda a divisão dos resíduos conforme suas indústrias de procedência, como explicitado no quadro 1. Dentre estes, destaca-se o subgrupo dos resíduos de construção e demolição.

Quadro 1 - Divisão de resíduos conforme sua indústria geradora

Divisão de resíduos conforme sua indústria geradora	
Resíduo agrícola	Resíduo proveniente de exploração agrícola e ou pecuária ou similar.
Resíduo de construção e demolição	Resíduo proveniente de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações.
Resíduo hospitalar	Resíduo resultante de atividades médicas desenvolvidas em unidades de prestação de cuidados de saúde, em atividades de prevenção, diagnóstico, tratamento, reabilitação e investigação, relacionada com seres humanos ou animais, em farmácias, em atividades médico-legais, de ensino e em quaisquer outras que envolvam procedimentos invasivos, tais como acupuntura, piercings e tatuagens.
Resíduo industrial	Resíduo gerado em processos produtivos industriais, bem como o que resulte das atividades de produção e distribuição de eletricidade, gás e água.
Resíduo urbano	Resíduo proveniente de habitações bem como outro resíduo que, pela sua natureza ou composição, seja semelhante ao resíduo proveniente de habitações.

Fonte: Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro

Quanto à situação brasileira, a divisão de resíduos conforme a sua origem é definida pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, segundo quadro 2.

Os resíduos gerados pelas atividades da construção civil são comumente designados de resíduos de construção e demolição (RCD). Esses são classificados a nível europeu desde 2004 pela denominada Lista Europeia de Resíduos (LER), que é atualmente a vigente em Portugal.

Na LER, os resíduos de construção são citados no capítulo 17 e identificados através de um código formado por seis dígitos. Os capítulos são identificados pelos 2 primeiros dígitos e, respectivamente, os subcapítulos pelos 2 dígitos seguintes e seguindo-se mais 2 dígitos que especificam a proveniência do próprio resíduo, conforme anexo A. A título de exemplo, o resíduo 17 01 02 é referente ao capítulo 17 (resíduos de construção e demolição), subcapítulos 01

(concreto, tijolos ladrilhos e materiais cerâmicos) e 02 que trata do material em si, neste caso, tijolos.

Quadro 2 - Divisão de resíduos conforme sua origem

Divisão de resíduos conforme sua origem	
Resíduos domiciliares	Resíduos originários de atividades domésticas em residências urbanas.
Resíduo de limpeza urbana	Resíduos originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana.
Resíduo sólidos urbanos	Resíduos domiciliares e resíduos de limpeza urbana.
Resíduo dos serviços públicos de saneamento básico	Resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos.
Resíduos industriais	Resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais.
Resíduos de serviços de saúde	Resíduos gerados nos serviços de saúde
Resíduos da construção civil	Resíduos gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis.
Resíduos agrossilvopastoris	Resíduos gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades
Resíduos de serviços de transportes	Resíduos originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira
Resíduos de mineração	Resíduos gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	Resíduos gerados nessas atividades, excetuados os resíduos de limpeza urbana, dos serviços públicos de saneamento básico, de serviços de saúde, da construção civil e de serviços de transportes.

Fonte: Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

Os resíduos sólidos podem também ser divididos em categorias conforme a sua periculosidade para a saúde pública ou para o meio ambiente. Em Portugal, a legislação responsável por determinar essa classificação é o Decreto-Lei 178/2006,

que utiliza a classificação da Lista Europeia de Resíduos para determinar quais são os resíduos perigosos.

No Brasil, a normativa responsável pelas classes de periculosidade dos resíduos é a NBR 10.004, que apresenta a classificação de resíduos em duas classes (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004):

- I. Resíduos classe I – Perigosos: os que apresentam periculosidade, causando risco à saúde pública e riscos ao meio ambiente quando forem gerenciados de maneira incorreta, que apresentem características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, ou ainda que possuam constituintes perigosos, conforme descrito em norma.
- II. Resíduos classe II – Não perigosos:
  - a. Resíduos classe II A – Não inertes: estão enquadrados nesta classe resíduos de madeira, sucata de materiais ferrosos, resíduo de papel e papelão, entre outros descritos em norma.
  - b. Resíduos classe II B – Inertes: são os que não se enquadram nas classificações acima citadas. Podem ter características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Em Portugal, Decreto-Lei 178/2006 também classifica os resíduos sólidos inertes:

“resíduo que não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas importantes e, em consequência, não pode ser solúvel nem inflamável, nem ter qualquer outro tipo de reação física ou química, e não pode ser biodegradável, nem afetar negativamente outras substâncias com as quais entre em contato de forma susceptível de aumentar a poluição do ambiente ou prejudicar a saúde humana, e cujos lixiviabilidade total, conteúdo poluente e eco toxicidade do lixiviado são insignificantes e, em especial, não põem em perigo a qualidade das águas superficiais e ou subterrâneas” (Portugal, 2006a).

A partir disso, conclui-se que grande parte dos resíduos da construção civil são inertes, e desta maneira, possuem aplicabilidade para reutilização e reuso. Tratando-se da normativa brasileira, a classificação dos RCD é citada no Artigo 3º, subitens I, II, III e IV da Resolução do Conama nº 307/2002, conforme quadro 3.

Quadro 3 – Classes brasileiras de resíduos de construção civil

Resíduos da Construção Civil	
Classe A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras.
Classe B	Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso.
Classe C	Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação.
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: Resolução nº 307, de julho de 2002

## 2.2 Geração mundial de resíduos sólidos

Com o desenvolvimento da sociedade e de tecnologias, a geração de resíduos também cresceu e com isso se tornou uma preocupação de ordem mundial. Segundo a Revisão Global do Gerenciamento de Resíduos Sólidos, apoiada pelo Banco Mundial (2012), a geração mundial de resíduos sólidos municipais é de 1,3 bilhões de toneladas por ano, incluindo neste caso, resíduos residenciais, comerciais, institucionais, municipais e da construção e demolição. A previsão deste relatório indica um aumento de 0,9 bilhões de toneladas por ano até 2025, representando um aumento na geração per capita de 1,2 kg para 1,42 kg por pessoa por dia nos próximos anos (Hoornweg and Bhada, 2012).

Ainda de acordo com o Banco Mundial (2012) um importante componente que precisa ser considerado é a geração de resíduos de construção e demolição, como escombros de construção, concreto e madeira, pois em algumas cidades esses resíduos podem representar até 40% do fluxo total de resíduos. Entretanto,



em cada país a composição dos resíduos produzidos por cada categoria pode ser diferente, de maneira que os métodos construtivos em cada localidade varia (Pinto, 1999; Hoornweg and Bhada, 2012).

Embora esteja aumentando constantemente, esse fluxo de resíduos, pode ser utilizado de forma eficaz para minimizar a extração o consumo de recursos naturais na indústria da construção civil e minimizar o volume de RCD que são depositados em aterros sanitários (Akhtar and Sarmah, 2018).

### **2.3 Evolução legislativa na Europa e no Brasil relacionada com os resíduos sólidos**

A preocupação a respeito da gestão de resíduos na União Europeia, iniciou-se em 1975, com a instituição da Diretiva n.º 75/442/CEE, de 15 de julho de 1975, que previa a recuperação de resíduos e a geração e utilização de materiais que incorporem os mesmos com vista a preservação dos recursos naturais (Diretiva n.º 75/442/CEE, 1975).

Em 1991 foi instituída a Diretiva n.º 91/156/CEE, que possuía o intuito de garantir que os Estados-Membros passassem a ser capazes de eliminar os resíduos produzidos em seus territórios, dando importância também à prevenção da geração e reciclagem de resíduos.

Em seguida, estabeleceu-se a Diretiva 2006/12/CE, para influenciar a valorização de resíduos, a tomada de medidas para a redução da geração desses e promover tecnologias limpas e produtos recicláveis. Esta diretiva determinou também que os custos da eliminação dos resíduos estariam de acordo com o princípio do 'poluidor-pagador', que especifica que o produtor e o detentor deverão assegurar a gestão de resíduos para garantir proteção do ambiente e da saúde humana (Diretiva 2006/12/CE, 2008).

Atualmente, a Diretiva n.º 2008/98/CE é a que tem vigência na UE e traz definições importantes para a gestão de resíduos, como os conceitos de prevenção, reutilização, valorização, eliminação e armazenamento de resíduos. Além disso, estabelece que a gestão de resíduos deve dar prioridade à prevenção de resíduos

em frente à reutilização e reciclagem de materiais. Introduziu-se também a importância da abordagem do ciclo de vida dos materiais, influenciando assim a análise do impacto ambiental de um produto desde sua extração até sua destinação final (*cradle to grave*) e não apenas a fase de resíduo do mesmo.

Tratando-se de Portugal, a preocupação com resíduos deu-se com a Portaria nº 335/97, de 16 de maio, estabelecendo diretrizes a respeito do transporte de resíduos, que deve ser realizado pelo gerador, eliminador licenciado, ou entidades autorizadas (Portaria nº 335/97, de 16 de maio, 1997).

Em sequência, foi publicado em 1999 o Decreto-Lei nº 516/99 de 2 de dezembro que implanta o Plano Estratégico de Resíduos Industriais, com o intuito de integrar a caracterização dos resíduos industriais produzidos ou existentes em Portugal e assume como objetivos prioritários a sua redução, reutilização e reciclagem (Decreto-Lei nº 516/99 de 2 de dezembro, 1999).

Por outro lado, no Brasil, o primeiro Projeto de Lei que tratou de resíduos sólidos foi o Projeto de Lei do Senado Federal nº 354/89, que aborda o acondicionamento, coleta, tratamento, transporte e destinação dos resíduos de serviços de saúde. Esse foi otimizado em 1991 e posteriormente, diferentemente da UE, não se deu continuidade ao desenvolvimento de legislação que trata dos resíduos.

Apenas em 2010 foi aprovada a Lei nº 12.305, que foi a primeira a instituir com obrigatoriedade responsabilidades relacionadas ao gerenciamento de resíduos, através da Política Nacional de Resíduos Sólidos e que estabelece diretivas relativas à gestão integrada e ao gerenciamento ambiental adequado de resíduos sólidos, bem como impõe obrigações aos empresários, aos governos e aos cidadãos no gerenciamento dos resíduos.

Essa legislação promove o aproveitamento de resíduos sólidos, através do direcionamento dos mesmos para sua cadeia produtiva ou para outras. Influencia na redução da geração de resíduos sólidos, no desperdício de materiais, na poluição e nos danos ambientais. Propõe a utilização de matérias-primas ambientalmente menos agressivos e mais sustentáveis. De maneira geral, induz à adoção de boas práticas no âmbito social e ambiental.

## **2.4 Resíduos de construção e demolição (RCD)**

Os resíduos produzidos pelas atividades de construção e demolição foram estabelecidos pela Resolução Conama nº 307/2002 como:

“provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha;” ( Resolução Conama nº 307/2002, 2002).

Os RCD são, entretanto, diferenciados conforme a atividade que os gera, podendo esses serem resíduos de construção (RC) ou resíduos de demolição (RD). Os RC são originados em novas construções, através das perdas ou sobras de material em canteiros de obra. Dentre os principais resíduos de construção encontram-se a cerâmica, o concreto, a madeira, aço em varão e tijolos e elementos sílico-calcáreos. Tratando-se dos RC, resíduos gerados em processos de demolição de edificações, tem-se composição caracterizada principalmente por concreto e tijolos, contendo também aço, plástico e madeira em menores quantidades (Angulo, 2000). Os restos de aço são geralmente vendidos para serem reintegrados na produção de novos elementos em aço.

### **2.4.1 Geração de RCD em Portugal e Europa**

Pode-se observar na figura 1 que dentre os resíduos produzidos em países europeus, a maior representatividade é de resíduos minerais advindos da construção e demolição, os quais são compostos por concreto, tijolos e materiais cerâmicos, gesso, madeira e asfalto. Em Portugal, nota-se grande prevalência dessa tipologia, representando aproximadamente 80% dos resíduos contabilizados, tendência que pode ser notada em aproximadamente 75% dos países europeus.

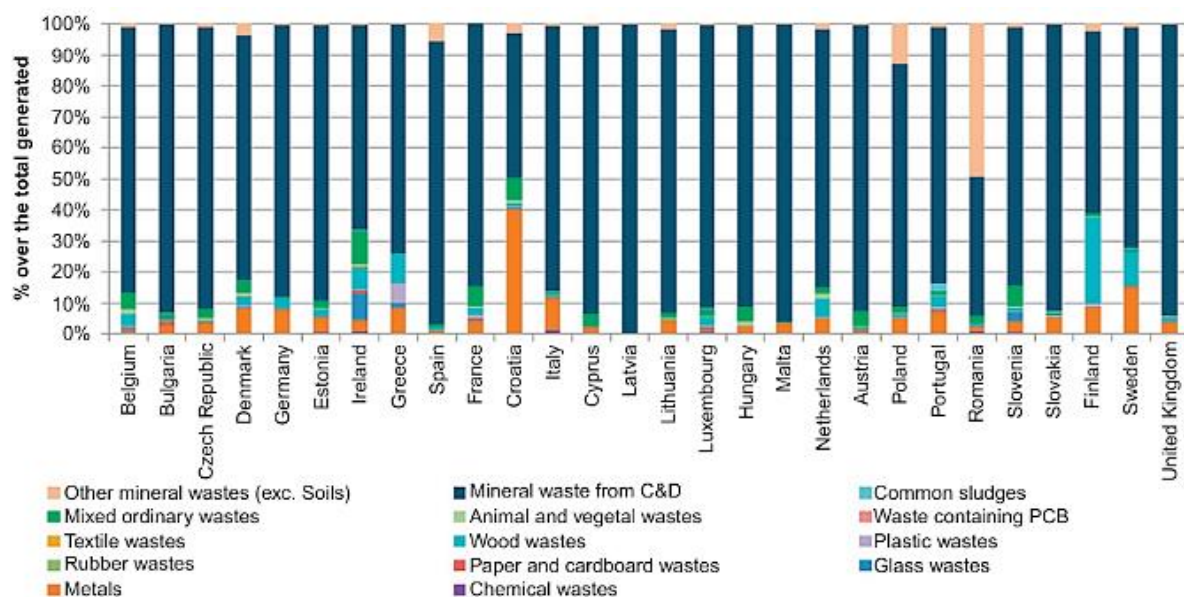


Figura 1 - Percentagem de cada tipologia de resíduo gerada em cada estado membro da UE em 2014  
Fonte: Osmani e Villoria-Sáez, 2019

Em 2014, a indústria da construção representou mais de 10% da geração de resíduos em Portugal, sendo a segunda área econômica com maior geração, com menor importância do que o setor de manufaturas, como expresso na figura 2.

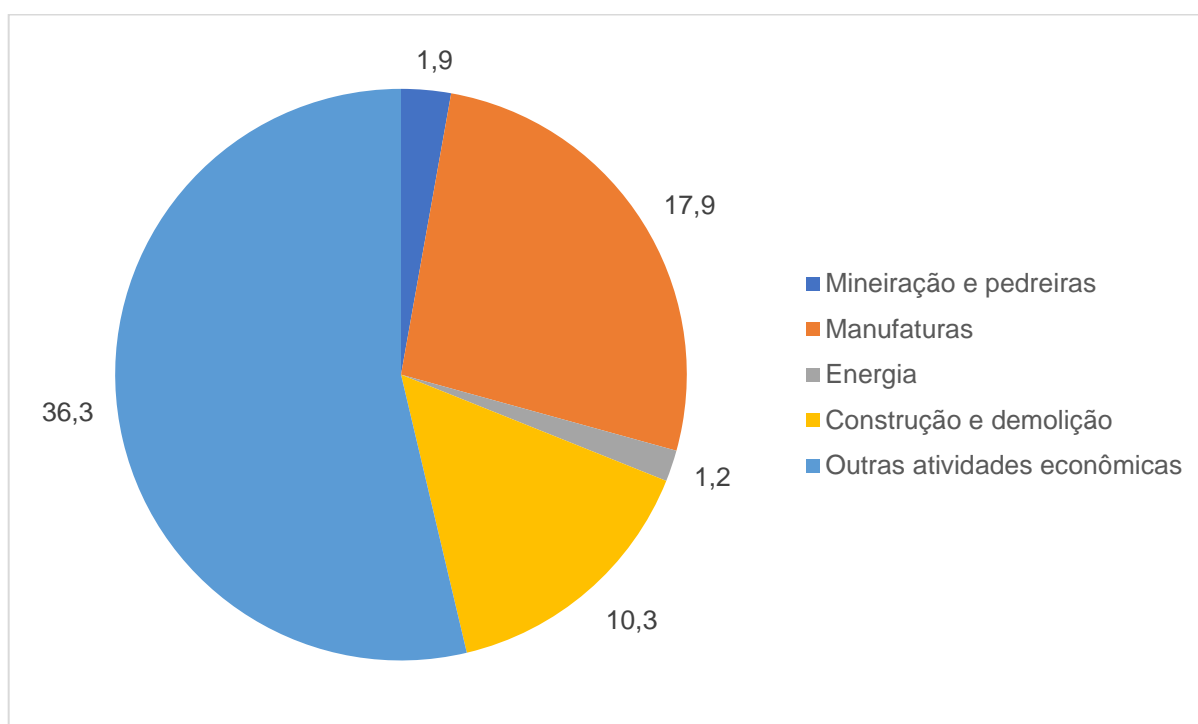


Figura 2 - Geração de resíduos/área econômica em Portugal, 2014 (%)  
Fonte: Eurostat, 2017

Segundo o Instituto Nacional de Estatísticas (INE) (2016), o setor da construção, juntamente com a indústria transformadora, foi responsável pela

geração de 61,7% do total de 38,3 milhões de toneladas de resíduos setoriais (resíduo produzido no exercício de atividades económicas com processos produtivos que geram resíduos diferentes dos resíduos gerados pelas famílias nas suas habitações) produzidos no país entre os anos de 2010 e 2014, conforme a figura 3.

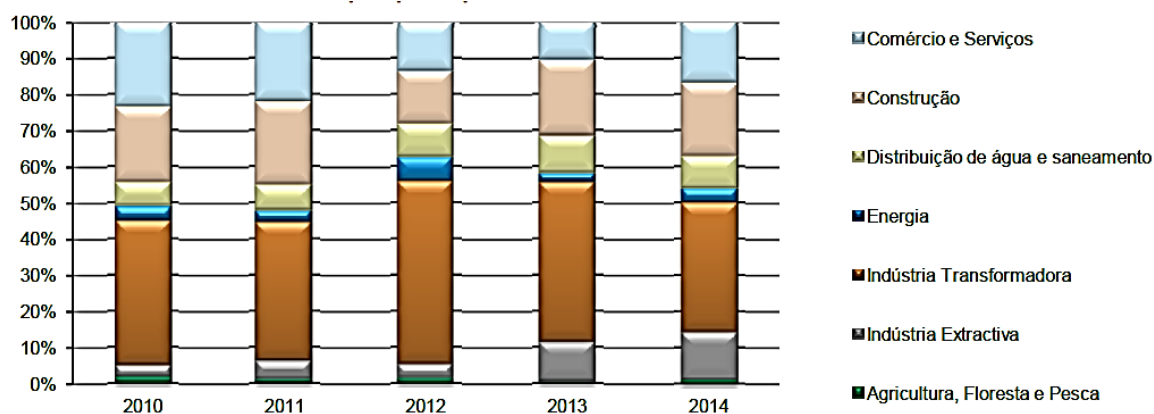


Figura 3 - Estrutura de resíduos setoriais por principais atividades econômicas 2010-2014  
Fonte: Instituto Nacional de Estatísticas, 2016b

Segundo as Estatísticas do Ambiente 2015, o setor da construção produziu menos resíduos em 2015, passando de 1,5 mil toneladas em 2014 para 620 mil toneladas. Em compensação, as Estatísticas do Ambiente 2016, voltam a identificar um aumento da geração de resíduos em 2016 por conta da área da construção civil, tendo produzido 1,8 milhões de toneladas, sendo a terceira indústria mais representativa, conforme figura 4 (INE - instituto nacional de estatísticas, 2016a; Instituto Nacional de Estatísticas, 2017).

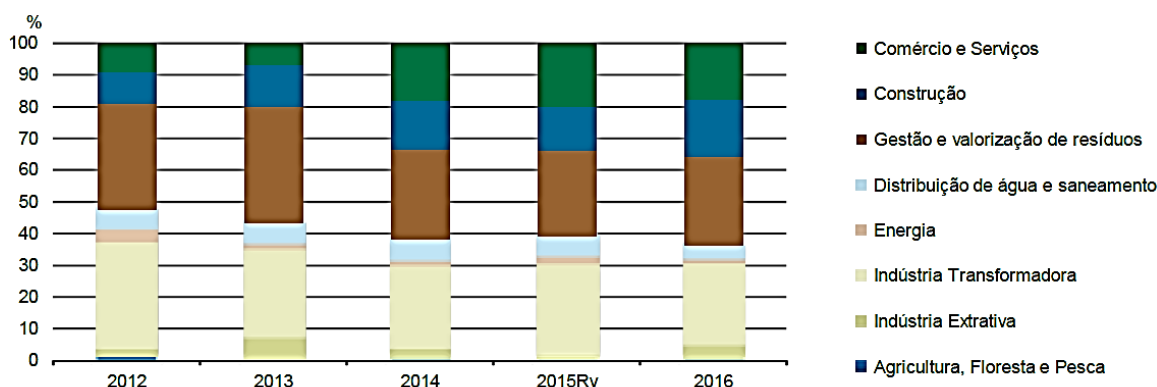


Figura 4 - Estrutura de resíduos setoriais por principais atividades econômicas 2012-2016  
Fonte: Instituto Nacional de Estatísticas, 2017

## 2.4.2 Geração de RCD no Brasil

Há alguns anos os resíduos de construção constituíam grande parte dos resíduos sólidos urbanos (RSU) em cidades de médio e grande porte, tornando as perdas geradas pela construção significativas. Como exemplo, pode-se citar a cidade de Curitiba, no estado do Paraná, na qual estima-se que 48% dos resíduos sólidos gerados são provenientes da construção civil, o que significa em torno de 3.000 m<sup>3</sup>/dia (PINTO, 1999; NAGALLI, 2014).

Uma das principais responsáveis pela compilação de dados a respeito da geração de resíduos no Brasil é a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE). Esta publica anualmente um acompanhamento do recolhimento de resíduos feito pelos municípios brasileiros, os quais recolhem resíduos sólidos urbanos, incluindo também os RCD lançados em logradouros públicos bem como os produzidos por obras sob o seu comando.

A primeira estimativa de coleta de RCD publicada pela ABRELPE deu-se em 2007 e, conforme mostra a figura 5, foram recolhidos em média 0,476 kg/hab/dia, sendo que a região onde foi identificado maior recolhimento de resíduos é a Sudeste, representando 50% do total recolhido.

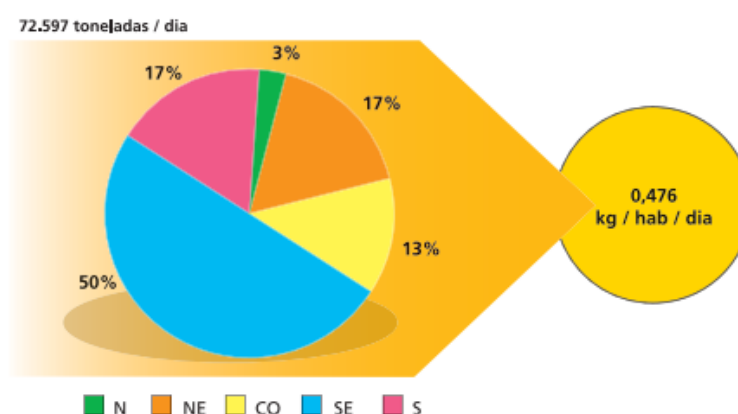


Figura 5 - RCD coletados no Brasil e por Macrorregiões  
 Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2007.

O índice de geração de resíduos por habitante a cada dia teve valores ascendentes entre 2007 a 2012, aumentando de 0,476 kg/hab/dia em 2007 para 0,686 em 2012 como indicado na figura 6. Um decréscimo deste índice ocorreu em 2013, o que pode ser explicado pelo aumento brusco da população brasileira, conforme figura 7. Desta maneira, o decréscimo do índice não significa que a coleta

de RCD feita pelos municípios brasileiros foi de menor quantidade. Ao contrário disso, pode-se observar na figura 8, que houve um acréscimo de 4% RCD coletados.

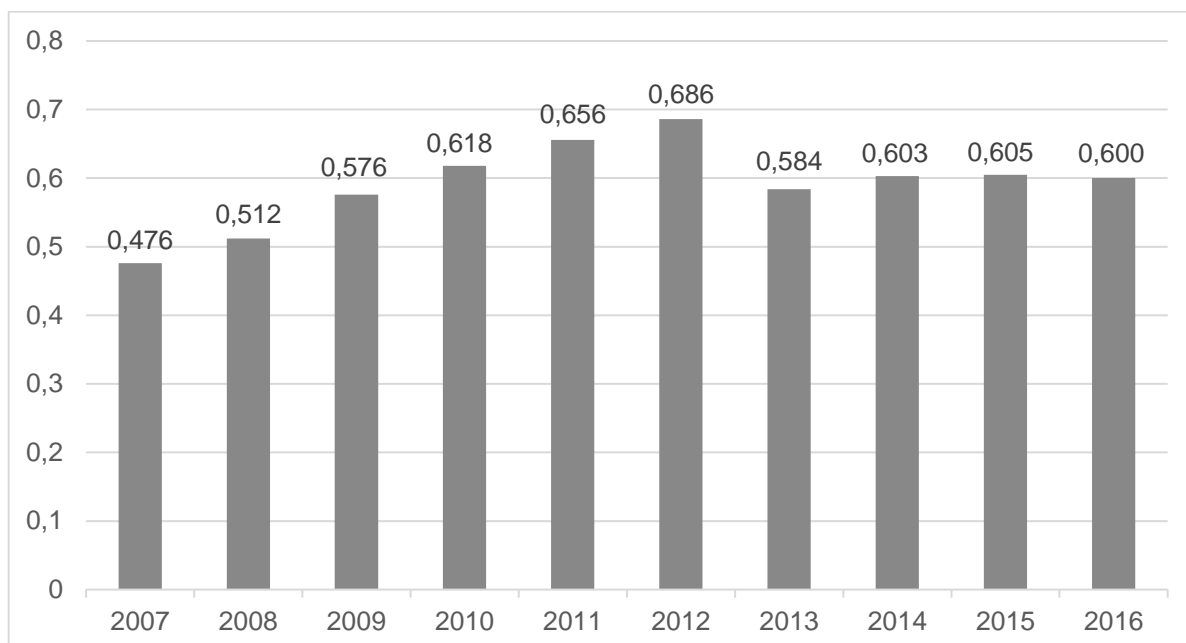


Figura 6 - Índice kg/hab/dia de RCD coletado pelos municípios no Brasil

Fonte: Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2007 - 2016.

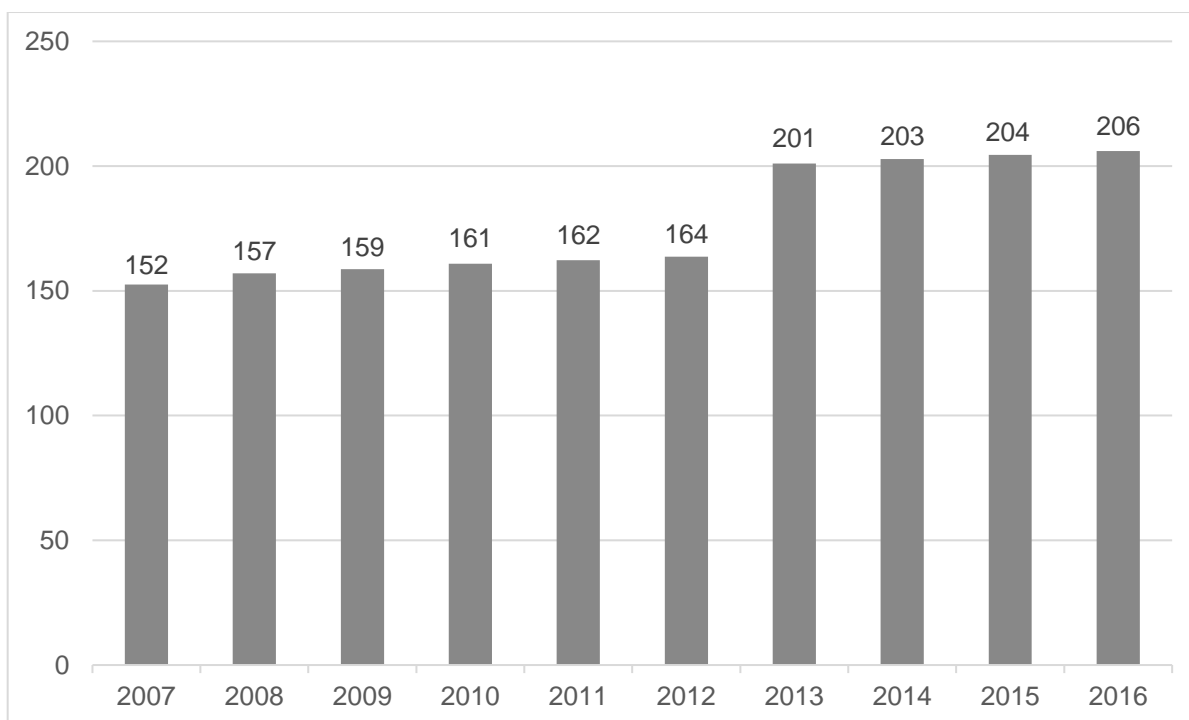


Figura 7 - População urbana no Brasil em milhões de habitantes entre 2007 e 2016

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2007 - 2016

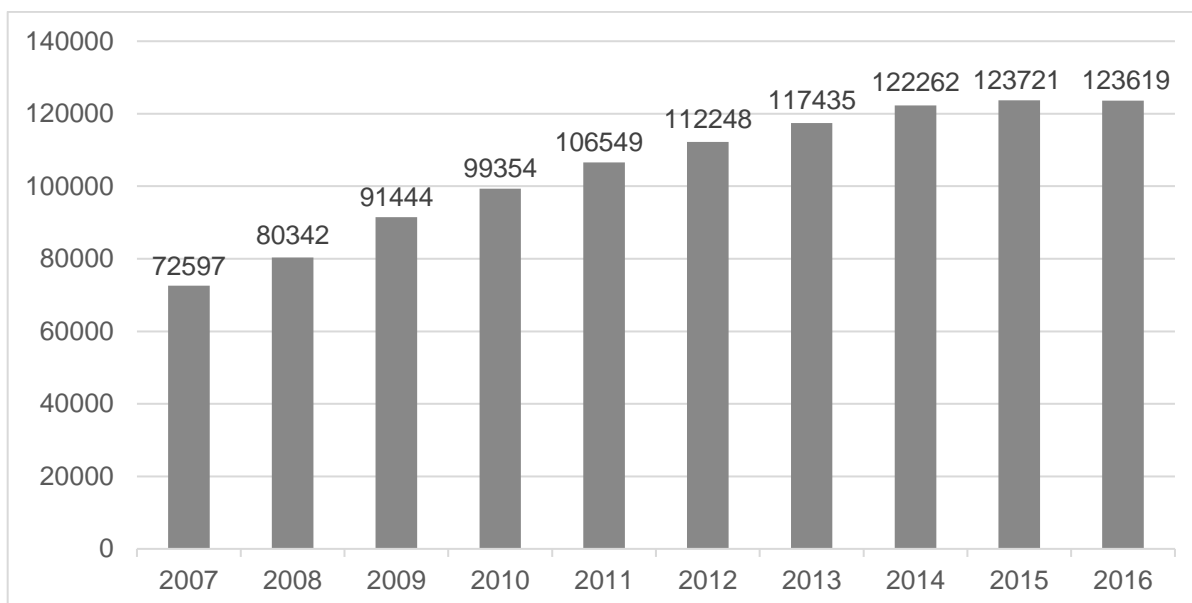


Figura 8 - RCD coletado pelos municípios no Brasil em toneladas/dia  
 Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2007 – 2016.

Quando analisada a quantidade de resíduos coletados anualmente, percebe-se um aumento da quantidade de resíduos coletada ao passar dos anos, tendo leve decréscimo apenas no ano de 2016 conforme apresentado na figura 9. Este é um dos motivos pelos quais deve existir a preocupação com a gestão e o gerenciamento de resíduos, para que se possa cada vez mais minimizar a geração, reutilizar, reciclar ou descartar adequadamente o que for produzido.

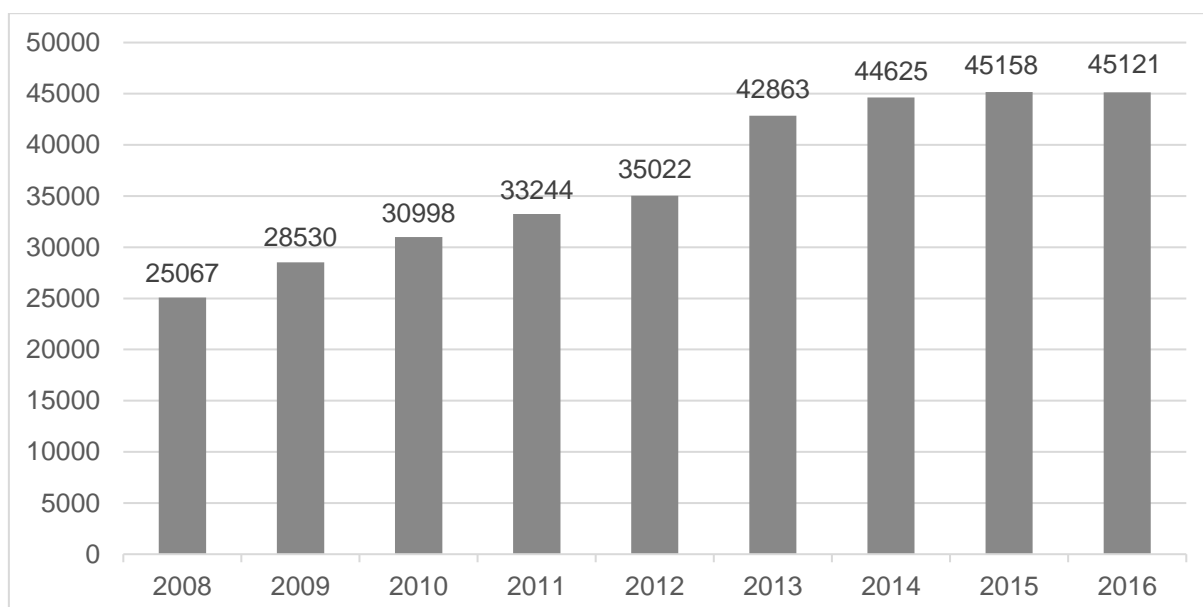


Figura 9 - Quantidade de RCD coletado pelos municípios no Brasil entre 2008 e 2016 em toneladasx1000/ano  
 Fonte: Adaptado de Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, 2007 – 2016.



### 2.4.3 Geração de resíduos em obras de construção

A geração de resíduos varia de obra para obra, conforme o processo construtivo utilizado, a experiência e o tamanho da equipe executora, a eficiência do gerenciamento e o comprometimento com o meio ambiente. A geração desses resíduos é causada por atividades ao longo do ciclo de vida do empreendimento, incluindo as fases de projeto, aquisição de suprimentos e construção (Ajayi; Oyedele, 2018; Nagalli, 2014).

Um dos primeiros estudos realizados no Brasil a respeito da geração de resíduos de construção civil foi elaborado por Pinto em 1999. Este obteve como resultado a taxa de geração de resíduos de 150 kg/m<sup>2</sup> de área construída (Pinto, 1999).

Essa estimativa contempla tanto novas construções quanto reformas. Outro estudo realizado no Brasil, que abrange menor gama de tipologias de resíduos encontrou como resultado aproximadamente 50 kg/m<sup>2</sup> de área construída de geração de resíduos (Souza *et al.*, 2004).

Em estudo realizado no Japão, a quantidade média de resíduos produzidos por área construída é de aproximadamente 0,3 toneladas/m<sup>2</sup> para projetos convencionais e de 0,14 toneladas/m<sup>2</sup> para construções que utilizam elementos pré-fabricados (Jaillon, Poon and Chiang, 2009).

A geração de resíduos de construção medida na Espanha, que possui o mercado da construção similar ao de Portugal, apresentou geração de 0,12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> para novas construções. Outro estudo revela uma geração de 158 kg/m<sup>2</sup>, que representa uma taxa de 0,13 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (Braz *et al.*, 2011; Reixach *et al.*, 2000).

Brito e Coelho (2011) estimaram a geração através da construção de novos edifícios em 190,3 kg/m<sup>2</sup>. Mália, Brito e Pinheiro (2013), encontraram taxas menos significativas, entre 48 e 135 kg/m<sup>2</sup>.

Posteriormente, em estudo realizado por Careli (2008), obteve-se taxas entre 100 kg/m<sup>2</sup> e 120 kg/m<sup>2</sup> para a geração de resíduos em novas construções, envolvendo resíduos como alvenaria, concreto, madeira, gesso, papel, plástico e

metal. *Angulo et al* (2006), encontraram resultados indicando que a geração de RCD por metro quadrado de reformas é de 470 kg (*Angulo et al.*, 2011).

A compilação dos dados de estudos previamente realizados em diferentes países para valores da geração média de resíduos em canteiros de obra de edificações é apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Indicadores de geração de resíduos em construções

Indicadores de geração de resíduos em novas construções habitacionais			
m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	ton/m <sup>2</sup>	Fonte
0,12	150	0,3	Pinto, 1999
	50		Souza et al., 2004
			Jaillon, Poon, Chiang, 2004
			Reixach et al., 2000
	190,3		Brito, Coelho, 2011
0,13	48 - 135		Mália, Brito, Pinheiro, 2013
	158		Braz et al., 2011
	100 - 120		Careli, 2008
	141		Ruivo, Veiga, 2004
	122		Coelho, Brito, 2008

No quadro 4 apresentam-se diversas causas que originam a geração de resíduos em empreendimentos da engenharia civil, a qual se dá por vários motivos nas diversas fases do empreendimento, desde o design de projeto até a execução da obra.

Quadro 4 - Origens e causas de resíduos de construção

Origens dos resíduos	Causas da geração de resíduos
Projeto	Mudanças de projeto; Complexidade do projeto e dos detalhes; Erros de detalhamento de projetos e execução; Especificação inadequada; Falta de compatibilização entre projetos; má coordenação e comunicação (atraso de informações, requisitos de clientes de última hora, demora na revisão e distribuição de projetos).
Contratual	Erros na documentação contratual; Documentação incompleta no início da construção.

Aquisição	Erros de pedido (p.e. pedido de itens que não condizem com a especificação); pedidos maiores do que o necessário (p.e. dificuldades para realizar encomendas em pequenas quantidades); Erros do fornecedor.
Transporte	Danos durante o transporte; Dificuldade de acesso ao canteiro para veículos transportadores; Proteção insuficiente durante a descarga; Métodos de descarga ineficientes.
Gestão e planejamento no canteiro	Falta de planos de gerenciamento de resíduos; Planejamento inadequado de quantidades necessárias; Atrasos no repasse de informações sobre tipos e tamanhos de materiais e componentes a serem utilizados; Falta de controle de material no canteiro; Falta de supervisão.
Estoque de material	Materiais fornecidos soltos; Métodos de transporte do estoque no canteiro ao ponto de aplicação; Manuseio inadequado de materiais.
Operação do canteiro	Acidentes causados por negligência; Materiais e produtos não utilizados; Mal funcionamento de equipamentos; Mão de obra desqualificada; Uso de materiais incorretos, resultando no seu descarte; Imposições de tempo de execução; Falta de ética no trabalho.
Residual	Resíduos dos processos de aplicação (p.e. preparação de argamassa em excesso); Cortes de material; Desperdícios por corte de formas não econômicas; Embalagens.
Outros	Clima; Vandalismo; Roubo.

Fonte: Osmani, Glass, & Price, 2008.

#### 2.4.4 Legislação portuguesa

É em função do estabelecimento das diretrizes da União Europeia que os países membros, como Portugal, criam sua própria legislação ambiental em torno da geração de resíduos da construção civil (Letcher; Vallero, 2019).

Através do Decreto-Lei 555/99 de 16 de dezembro, institui-se o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE), que sofre modificações e atualizações desde então, sendo a última tendo sido realizada pelo Decreto-Lei 121/2018, de 28 de dezembro. Esse determina que ao concluir a obra, o proprietário deve limpar a área de acordo com o regime de gestão de resíduos de construção e demolição nela produzidos. Além disso, as licenças de utilização apenas e são emitidas à medida da

apresentação prova de gestão de RCD, no caso de obras privadas (Decreto-Lei 555/99 de 16 de dezembro, 1999).

Com o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro surgiu oficialmente, em Portugal, o conceito de resíduo de construção e demolição: resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações. Esse decreto-lei esclarece como prioridade do gerenciamento de resíduos evitar e reduzir a geração, bem como promover a reutilização, se isto não for possível, o mesmo deve ser reciclado ou valorizado, tornando a deposição em aterros a última opção na hierarquia de destinação (Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro, 2006).

A Portaria n.º 1023/2006 de 20 de setembro altera o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro, definindo os elementos que devem obrigatoriamente acompanhar o pedido de licenciamento das operações de armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos (Portaria n.º 1023/2006 de 20 de setembro, 2006).

Em 2007, estabeleceu-se o Decreto-Lei 266/2007 de 24 de julho, trata da proteção de trabalhadores que possam ter contato com esse material e da necessidade de notificação prévia quando da realização de atividades que causem exposição a esse material. Isto porque, é uma material que representa importante fator de mortalidade relacionada com o trabalho (Portaria n.º 1023/2006 de 20 de setembro, 2007).

A partir de 2008, a gestão de RCD passou a ser controlada pelo Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março, que estabelece o regime de operações de gestão de resíduos de obras ou demolições de edificações e as fases de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos. Estabelece também a responsabilidade do gerenciamento dos resíduos de construção e demolição como sendo de todos os intervenientes no seu ciclo de vida, na respectiva fase pela qual são agentes, desde o produto inicial até o resíduo gerado pelo mesmo.

O Decreto-Lei n.º 46/2008 determina a adoção de medidas nas fases de projeto e execução de obras que minimizem a geração de RCD, através da reutilização de RCD e do uso de matérias que não originem resíduos, aumentem a implantação de materiais reciclados e recicláveis dentre os utilizados em obra e favoreçam métodos construtivos que prevejam a desconstrução de edificações.

O decreto prevê também a necessidade da realização de um controle de RCD que deve estar disponível para consulta e fiscalização juntamente com o livro de obra e com o Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos (PPGR), com particular obrigatoriedade em obras de cariz público (Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março, 2008).

Para obras públicas, o PPGR determina a obrigação de elaboração de um plano de prevenção e gestão de RCD que deve conter (Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março, 2008):

- I. Os métodos construtivos a serem utilizados;
- II. A metodologia para incorporação dos reciclados de RCD.
- III. A metodologia de prevenção da geração de resíduos, contendo a identificação e a estimativa dos materiais que serão reutilizados na obra.
- IV. Alusão aos métodos de conservação e triagem de RCD.
- V. A estimativa de resíduos que serão produzidos, a quantidade a ser reciclada ou valorizada de outras formas bem como quanto será eliminado.

Este diploma legal evidencia que o licenciamento de obras de construção e demolição envolve uma correta gestão de resíduos, de maneira que, através da elaboração do PPGR em obras públicas e do registro de dados de RCD em obras privadas é possível ter o controle necessário para avaliar ou não o início e a conclusão de obras. Sendo assim, torna-se de grande importância em construções a contemplação e execução da gestão de resíduos e de todas as técnicas que possam favorecer o implemento dos seus princípios (Miranda, 2009).

Para obras públicas, esse elemento é ainda exigido pelo Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro para que sejam realizados contratos de obras públicas e a prova de seu cumprimento deve ser realizada durante a vistoria de conclusão da obra (Portugal, 2008b). O plano e prevenção e gerenciamento de resíduos é ainda requisitado junto ao projeto de execução, que institui também a necessidade da comprovação da correta execução no mesmo no momento de vistoria final da obra (Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro, 2008).

Enquanto que, para obras privadas, Decreto-Lei n.º 46/2008 dispõe que deve ser observado o cumprimento do regime legal da gestão de RCD durante a execução de obras de edificação e, condicionando atos administrativos de início e

conclusão da obra à prova do adequado gerenciamento de resíduos. Sendo assim, as mesmas devem (Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março, 2008):

- I. Promover a reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD na obra;
- II. Assegurar a existência na obra de um sistema de acondicionamento adequado que permita a separação dos RCD;
- III. Assegurar a aplicação em obra de uma metodologia de triagem de RCD ou, quando tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado;
- IV. Assegurar que os RCD são mantidos em obra o mínimo tempo possível, sendo que, no caso de resíduos perigosos, esse período não pode ser superior a três meses;
- V. Cumprir as demais normas técnicas respectivamente aplicáveis;
- VI. Efetuar e manter, conjuntamente com o livro de obra, o registo de dados de RCD, de acordo com o modelo constante do anexo II ao presente decreto-lei, do qual faz parte integrante.

Além disso, o Decreto-Lei n.º 46/2008 discorre sobre a reutilização de solos provenientes de atividades de construção na própria obra, ou em outras obras, e passa a não mais considerar esse material como resíduo de construção.

Ainda em 2008, a Portaria nº417/2008 de 11 de junho determinou que a transporte de RCD deve ser acompanhado por guias de acompanhamento de transporte, que devem ser mantidas por 3 anos junto ao transportador e ao destinatário (Portaria nº417/2008 de 11 de junho, 2008). Atualmente estas guias de acompanhamento são lançadas em formato digital numa plataforma informática.

Por fim, instituiu-se o Decreto Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, modificando o Decreto-Lei 46/2008, que tem como objetivo reforçar a prevenção da geração de resíduos e incentivar que estes sejam reutilizados e reciclados, de maneira a tornar seu uso prolongado na economia antes de devolvê-lo ao meio natural (Decreto Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, 2011).

Este estabelece também metas para 2020 de reutilização, reciclagem e outras formas de valorização de resíduos e prevê a utilização de, ao menos, 5% de materiais reciclados em obras públicas. Introduce-se também a guia de

acompanhamento dos resíduos eletrônicos, que facilita o acompanhamento de transporte de resíduos (Decreto Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, 2011).

Em 2015, a União Europeia criou um Plano de Ação para a Economia Circular, com o intuito de impulsionar o emprego, crescimento e investimento, assim como desenvolver economia eficiente em recursos. Este plano para impulsionar o crescimento da economia circular considerou ações relacionadas com o gerenciamento de RCD, tais como (Comissão Europeia, 2015, 2019):

- I. Garantir recuperação de recursos valiosos e adequado gerenciamento de resíduos no setor da construção e demolição, bem como facilitar a avaliação da performance ambiental de edifícios;
- II. Desenvolver diretrizes de pré-demolição para aumentar a reciclagem de alto valor no setor e criar protocolos de reciclagem voluntária com o intuito de melhorar a qualidade e gerar confiança em materiais de construção reciclados;
- III. Propor revisões de legislação de resíduos para exigir melhor separação de resíduos de construção e demolição.

A legislação portuguesa terá ainda de considerar a atualização da Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos, feita através da Diretiva EU 2018/851, de 30 de maio de 2018 que trata do incentivo da demolição seletiva e da reciclagem de materiais por parte dos Estados-Membros, bem como assegurar a diferenciação entre resíduos urbanos e resíduos de construção e demolição. Além disso, há o incentivo da reutilização através da criação de sistemas que promovam atividades de reparação e reutilização, e também à redução de geração de resíduos de construção e demolição (Diretiva EU 2018/851, de 30 de maio, 2018).

#### **2.4.5 Legislação brasileira**

A primeira normativa Brasileira que referencia o âmbito dos resíduos de construção e demolição no Brasil foi instituída pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 2002. Através da Resolução Conama nº 307/2002 foram estabelecidos diretrizes e procedimentos para a gestão de RCD.

Foram definidos nessa normativa, conceitos importantes para a área, como o de resíduos de construção civil, gerador, reciclagem, reutilização. Define-se gerenciamento de resíduos e a sua hierarquia, com base na minimização de resíduos e na redução desde a fonte de geração dos mesmos. Além disso, esta resolução separa os resíduos de construção e demolição em quatro classes e determina como deve ser feita a destinação destes (Resolução Conama nº 307/2002, 2002).

De maneira a atualizar esta primeira, foi instituída em 2012 a Resolução Conama nº 448/2012, que trata das responsabilidades dos agentes do processo de geração de resíduos e a necessidade da realização de Planos Municipais de Gestão de Resíduos da Construção Civil e Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), que devem ser elaborados pelos municípios brasileiros e pelos grandes geradores, respectivamente.

Os PGRCC de empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental deverão conter as seguintes etapas (Resolução Conama nº 448/2012, 2012):

- I. Caracterização: identificação e quantificação de resíduos;
- II. Triagem: deve ser realizada pelo gerador na origem ou em áreas de destinação licenciadas para esta finalidade;
- III. Acondicionamento: o gerador de confinar os resíduos após sua geração até o transporte;
- IV. Transporte: deverá ser realizado conforme as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.
- V. Destinação: deverá ser prevista conforme o instituído pela Resolução Conama nº 307/2002.

Através destas resoluções fez-se importante o gerenciamento de resíduos no Brasil, pois elas enfatizam a importância da não geração de resíduos e, secundariamente a sua redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final ambientalmente correta, impondo responsabilidades aos geradores quanto ao correto gerenciamento dos RCD.

Entretanto, para se tornar realmente efetiva, a mesma precisa ser complementada por leis estaduais e municipais. Dessa maneira, em muitos casos



pode ser percebida a falta de comprometimento em relação ao gerenciamento de RCD em canteiros de obra brasileiros (Nagalli, 2013).

## **2.5 Principais métodos construtivos e a sua geração de RCD**

### **2.5.1 Infraestruturas**

As redes de abastecimento de água prediais e de drenagem de águas residuais no Brasil geralmente são executadas com canalização de PVC rígido. Em Portugal, esse mesmo material é utilizado para sistemas de drenagem, sendo os sistemas de abastecimento de água executados frequentemente com PEX ou PPR, pois utilizam materiais preparados para utilização com água quente. Podem ser utilizados também materiais compostos por aço inox e cobre, mas com menor frequência. Os acessórios são do mesmo tipo de material, respeitando as disposições legais aplicáveis e recomendações dos fabricantes.

Além disso, são executadas também redes elétricas e de telecomunicações, geralmente executadas através da passagem de conduítes flexíveis, mas que também podem ser instaladas em eletrodutos rígidos ou eletrocalhas.

### **2.5.2 Acabamentos**

Para acabamentos, tanto no Brasil quanto em Portugal são utilizados como acabamentos internos sobretudo os revestimentos cerâmicos, gesso cartonado e madeira. No Brasil ainda há grande utilização de mármore em espaços interiores e, em áreas exteriores, tem-se a aplicação de granito para revestimento de pisos. Tratando-se do revestimento de fachadas, no Brasil utiliza-se muito a pintura, textura e revestimentos cerâmicos. Em Portugal, existe grande utilização do sistema de revestimento ETICS (*External Thermal Insulation Composite Systems*), que é composto por múltiplas camadas de materiais diferenciados e tem como funcionalidade a melhoria do conforto térmico das edificações, conforme figura 10.

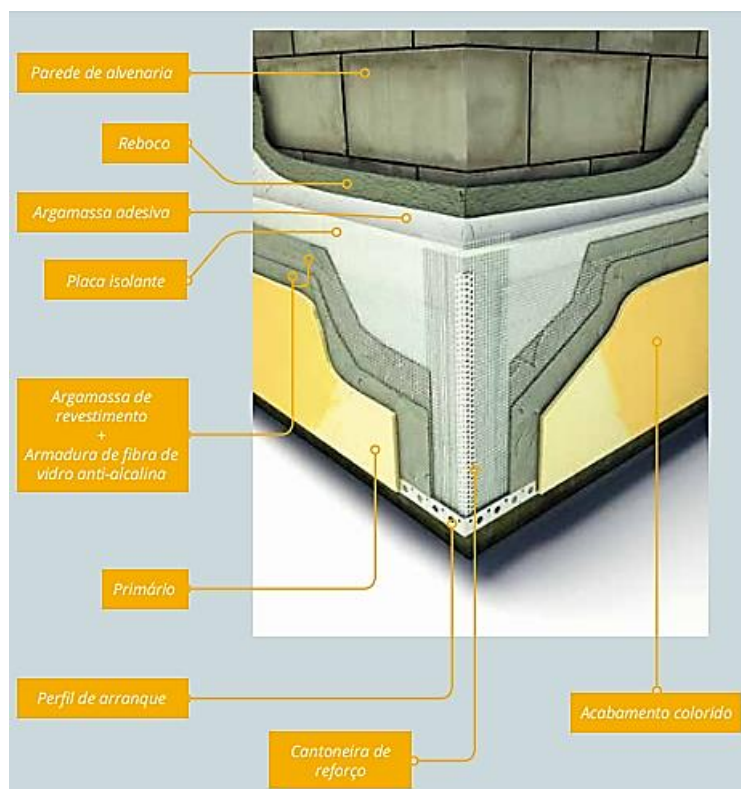


Figura 10 - Camadas de materiais do sistema ETICS

Fonte: APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS, 2015

Tratando-se de vedações, como esquadrias, em Portugal nota-se maior presença de elementos de PVC e alumínio enquanto que, no Brasil, utiliza-se majoritariamente esquadrias metálicas. Quanto ao tipo de vidros utilizados, devido maior demanda térmica em Portugal, opta-se mais por vidros duplos, enquanto que no Brasil usa-se principalmente vidros simples, sendo que os vidros duplos são utilizados apenas em empreendimentos de alto padrão.

### 2.5.3 Estruturas

De maneira geral, os componentes das estruturas de edificações tais como pilares, vigas, lajes e fundações são construídos em concreto armado. Entretanto, há casos em que a edificação é projetada em alvenaria estrutural, com elementos metálicos ou madeira. Nesses, não são geralmente utilizados pilares e vigas em concreto armado. Existem ainda estruturas mistas, que são compostas por elementos estruturais de dois ou mais materiais distintos. Em todos os casos, entretanto, geralmente mantém-se a execução da fundação em concreto. As lajes

são derivações de concreto armado, tais como lajes fungiformes, pré-lajes, lajes aligeiradas, lajes colaborantes, lajes alveolares, entre outras, em que utilizam materiais pré-fabricados que funcionam em conexão com o concreto.

### 2.5.3.1 Concreto

A execução de edifícios com concreto é a mais presente atualmente no âmbito da construção. Esse sistema envolve a execução dos elementos construtivos no canteiro de obras. Para a execução da estrutura da edificação, utiliza-se formas para moldar o concreto e armaduras metálicas para realizar sua armação ou cabos de aço para protender. Na maioria dos casos, o sistema de fechamento é composto por alvenaria de vedação (Fraga, 2006).

O sistema de construção com concreto armado e pré-esforçado com alvenaria e revestimentos argamassados é baseado na moldagem *in loco*, conforme observa-se na figura 11 e essa é uma das técnicas de execução que mais causa a incorporação de materiais em excesso nas edificações (Souza *et al.*, 2004).

Estudos mostram que resíduos de madeira, juntamente com resíduos cerâmicos e misturados e concreto são os principais contribuintes para resíduos de construção. Além disso, mostram que a geração de resíduos de madeira se dá principalmente pela utilização de formas desse material e que essa pode ser reduzida através da escolha de outro tipo de formas (formas reutilizáveis) (LU *et al.*, 2011; Mália; Brito; Pinheiro, 2013; Merino; Sáez; Porras-Amores, 2015).

Uma opção à moldagem em loco é a utilização de elementos de concreto pré-fabricados, que se refere a estruturas ou componentes de estruturas fabricadas em local diferente do de construção. A vantagem deste método é que não demanda a montagem de formas para concretagem e descarta a execução dos elementos *in loco*, diminuindo a geração de resíduos por estes processos (Osmani; Price; Glass, 2006).



Figura 11 - Execução de estrutura de concreto *in loco*  
Fonte: autoria própria

### 2.5.3.2 Alvenaria estrutural

Este sistema é projetado para que os elementos estruturais de concreto tradicionalmente utilizados, como pilares e vigas, sejam substituídos pela própria alvenaria, conforme figura 12, eliminando a necessidade de maiores volumes de concretagem dos mesmos em obra. Quando há necessidade de elementos de estruturais de concreto que não podem ser substituídos pela alvenaria estrutural, pode ser empregado o concreto pré-moldado para execução de lajes, vigas e pilares, por exemplo (Mamede, 2001).

Esta característica é importante quando se trata da geração de resíduos pois ameniza a demanda da confecção de formas de madeira, reduzindo os RCD compostos por este material, bem como os resíduos provindos da concretagem de elementos estruturais geralmente presentes quando utilizada estrutura convencional em concreto.

Além disso, como o projeto é baseado em uma coordenação modular, organizando os componentes para atenderem uma medida padronizada em função do tamanho do bloco, existe menor probabilidade de erros de execução. Desta

maneira, diminui-se o retrabalho e o desperdício de materiais também se torna menos significativo (Nesse; Tauil, 2014).



Figura 12 - Esquema de parede em alvenaria estrutural  
Fonte: Nesse; Tauil, 2014

### 2.5.3.3 Aço

De forma geral, as estruturas em aço não são fabricadas *in loco*, mas sim exigem a utilização de pré-fabricação dos componentes e, em seguida, montagem no canteiro de obras. Assim, esse processo torna-se eficiente e reduz a geração de resíduos de construção. Outra vantagem desse sistema é a possibilidade de desmonte das estruturas que não são mais utilizadas e reconstrução em locais diferentes. (Ângulo; Zordan; John, 2000; Gervásio, 2015).

A construção metálica se adapta melhor a sistemas de fechamento de edificações diferentes do da alvenaria estrutural, como por exemplo painéis de fechamento industrializados, conforme figura 13, que estão cada vez mais sendo utilizados nos canteiros de obra. Estes sistemas ajudam a valorizar a importância da construção em aço quando se trata da geração de resíduos de construção e demolição, da redução do tempo de construção e do volume de desperdícios em obra (Souza *et al.*, 2003).





Figura 13 – Instalação de painel pré-fabricado em estrutura de aço  
Fonte: Gervásio, 2015

Além disso tem a vantagem de serem estruturas reversíveis, mas em oposição são fracas por si só em termos de resistência à corrosão e em caso de incêndios, necessitando de tratamentos apropriados para aumentos da sua resistência a estas situações.

#### **2.5.3.4 *Light steel framing***

Os sistemas construtivos em estruturas metálicas leves estão entre as soluções que surgiram em função do crescimento da construção sustentável e dos seus princípios, de maneira que esse método construtivo é industrializado e pré-fabricado, podendo contribuir de significativamente para a redução da geração de resíduos bem como dos desperdícios de material nos canteiros de obra (Mass; Tavares, 2016).

Além disso, por ser considerado um sistema de construção a seco. Nos canteiros de obra de edificações construídas com *light steel framing* não se produz resíduos cerâmicos, de concreto e argamassa como nas construções tradicionais, nas quais estas tipologias de resíduos representam a principal parcela (Mass; Tavares, 2016).

Este sistema construtivo pode ser utilizado para a construção de paredes exteriores, paredes interiores, lajes e coberturas, em todo tipo de construção de

edifícios até dois a três pavimentos, sejam eles edifícios habitacionais ou comerciais, conforme figura 14 (Mateus, 2004).

Como sistemas de vedação, para esse tipo de construção, podem ser utilizados vários materiais, dentre eles os mais comuns para a parte externa são as placas cimentícias e as placas de OSB (*Oriented Strand Board*), enquanto que para o fechamento interno, as chapas de gesso cartonado, diminuindo a geração de resíduos causada pela execução de alvenarias de vedação (Santiago; Freitas; Crasto, 2012).

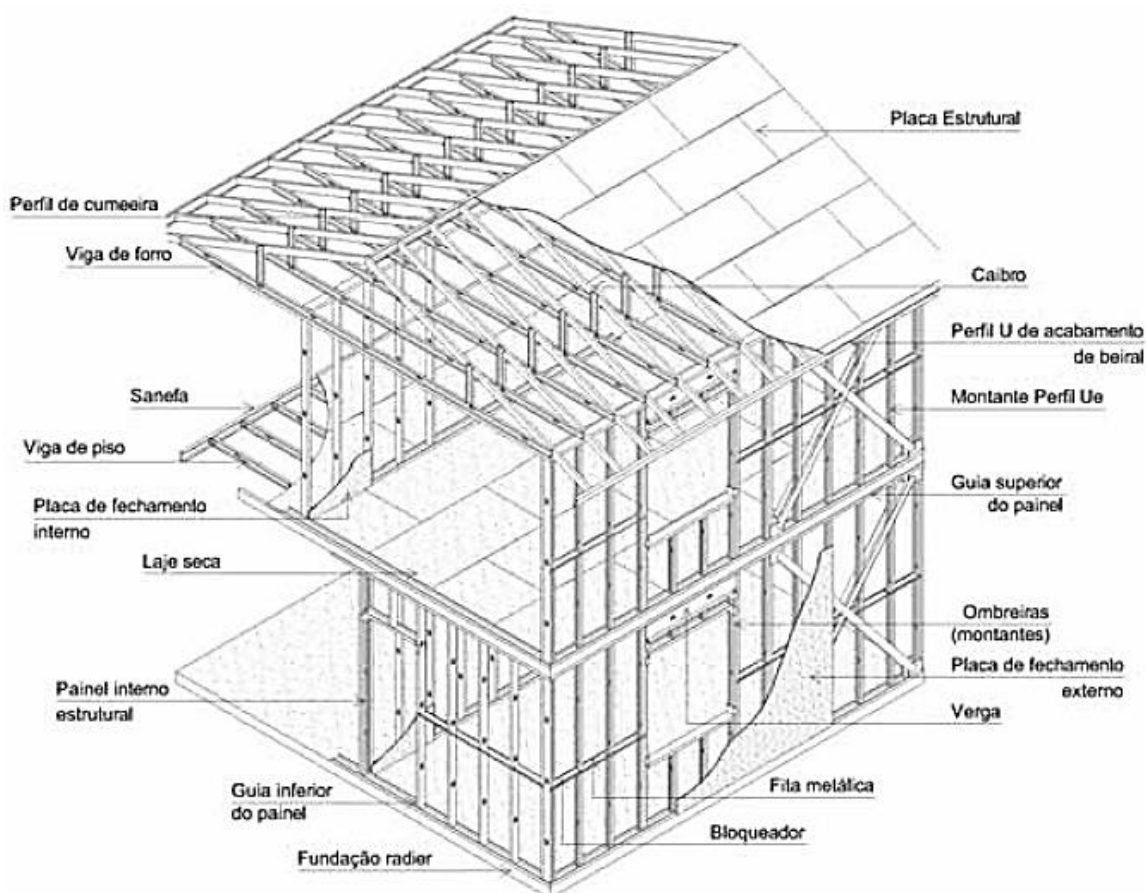


Figura 14 - Desenho esquemático de uma residência em Light Steel Framing  
Fonte: Santiago; Freitas; Crasto, 2012

### 2.5.3.5 Madeira

A madeira pode ser utilizada como principal material na composição de estruturas de edificações. Nesses casos, o desperdício do canteiro de obras pode ser reduzido projetando-se edifícios que utilizem comprimentos padrão de madeira (Allen; Iano; 2009; Branco, 2013).

Entretanto, atualmente são utilizados sistemas compostos por elementos fabricados a partir da madeira. A construção modular em madeira oferece benefícios que incluem a redução de perdas e resíduos, baixos custos, e tempos de instalação curtos, em comparação com outros métodos construtivos. Um edifício que utiliza esse sistema de madeira leve pode ser projetado para minimizar desperdício de várias maneiras, pois o projeto pode ser dimensionado para utilizar materiais em seu tamanho original, sem necessidade da realização de cortes no canteiro de obras, conforme pode ser observado na figura 15 (Allen; Iano, 2009).

Além disso, as paredes e partições são projetadas conforme necessidades de instalações elétricas, hidráulicas e de sistemas mecânicos, para facilmente acomodar a instalação desses, que são localizados interiormente à espessura das paredes e são finalizados antes do fechamento e acabamento interior das mesmas, reduzindo assim a geração de resíduos por corte ou instalação após execução da vedação (Allen; Iano, 2009; Mehta; Scarborough; Armpriest, 2013).



Figura 15 - Montagem de sistema estrutural em madeira  
Fonte: Branco, 2013



### 3 GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

Tratando-se de resíduos de construção e demolição e a administração de sua geração, são considerados dois conceitos principais. Um deles é a gestão, que se trata de um processo de maior dimensão, pois envolve políticas públicas e atuação dos agentes do setor da construção. Outro conceito é o de gerenciamento, que trata diretamente das ações que envolvem a geração de resíduos e que abrange as estratégias de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e correto descarte dos RCD, conforme mostra-se na figura 16 (Nagalli, 2014).

Além disso, o gerenciamento considera os resíduos desde sua geração, incluindo planejamento do canteiro, transporte, armazenamento, manuseio de material, operações no local (Osmani, 2011).

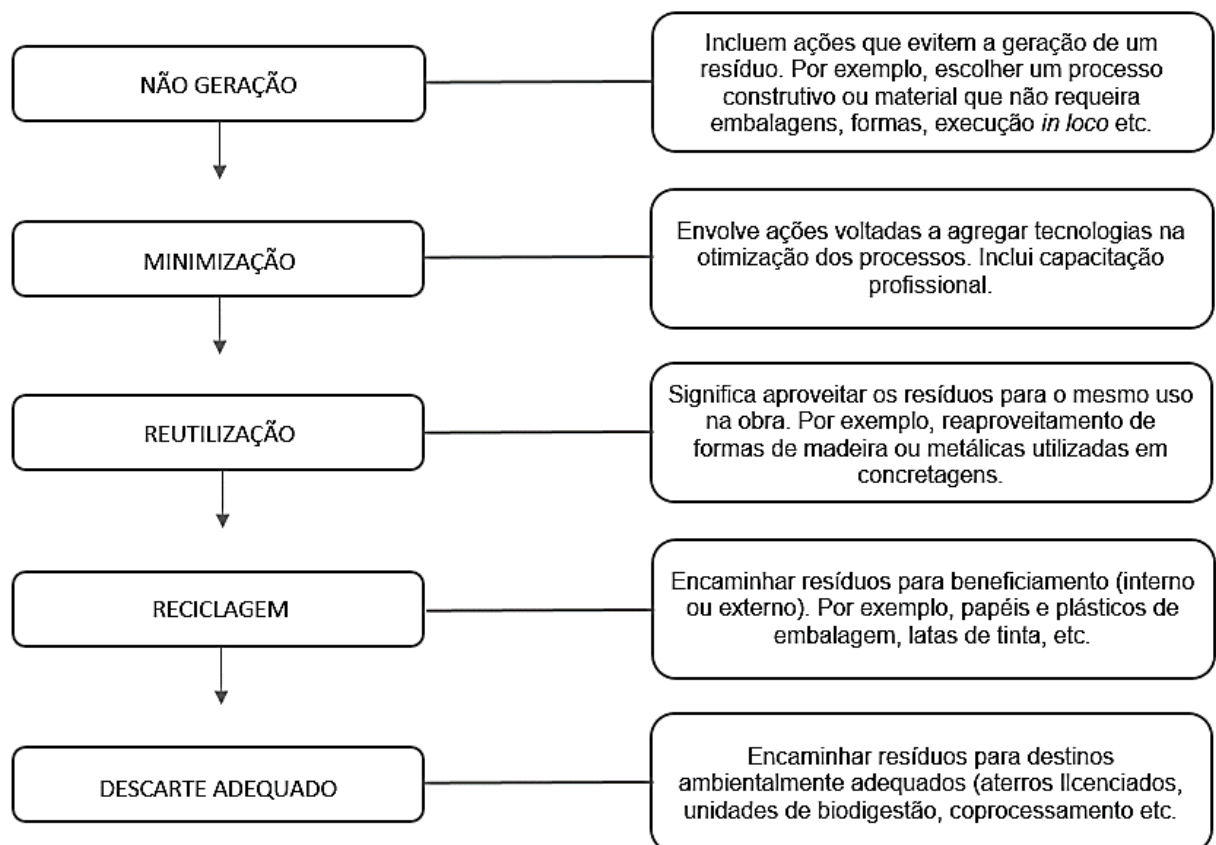


Figura 16 - Hierarquia do sistema de gerenciamento de resíduos  
Fonte: Nagalli, 2014

O principal objetivo do gerenciamento de resíduos é a não geração. Por esta ser uma meta difícil de ser alcançada, esse também vem com o intuito de que sejam

descartados adequadamente os resíduos produzidos em canteiros de obra. Além de que influencia o menor consumo de matéria prima através da reutilização desses resíduos, bem como o planejamento para um consumo sustentável, que envolva produtos e técnicas que exijam menos dos recursos naturais.

Dessa maneira, vem com o gerenciamento de resíduos o conceito da utilização eficiente de materiais, que depende do aumento de vida útil dos edifícios. Isso pode ser realizado através da adaptação dos edifícios para que sejam mais flexíveis e atendam mais facilmente às futuras necessidades dos seus ocupantes. A incorporação de materiais reutilizáveis, reciclados e não-tóxicos, a opção por materiais com maior durabilidade e a diminuição da geração de RCD também influenciam nesse aspecto. Esses princípios podem ser implementados com tecnologias de construção que permitam a adaptação e a desconstrução do edifício (Sev, 2009; Lopes, 2010).

A tecnologia e o potencial para sistemas de gerenciamento de resíduos de alto desempenho já estão disponíveis no mercado para os interessados em melhoria de desempenho. Entretanto, a implantação de práticas construtivas que propiciam a redução da geração resíduos e de estratégias de gerenciamento dos mesmos apresentam um custo e, comumente, existe um conflito entre o benefício econômico gerado pelo investimento realizado para a execução do gerenciamento de resíduos. De maneira geral, o setor da construção apresenta comportamento tradicional, baseado em padrões já estabelecidos, sendo bastante orientado economicamente (Yuan; Shen; Li, 2011; Styles; Schoenberger; Zeschmar-lahl, 2018).

Contudo, num estudo realizado com construtoras brasileiras pelo SINDUSCON-SP (2005), a redução de custos se encontra presente, ao lado de outras vantagens, como resultado da utilização de práticas de gerenciamento de RCD em canteiros de obra, conforme figura 17.

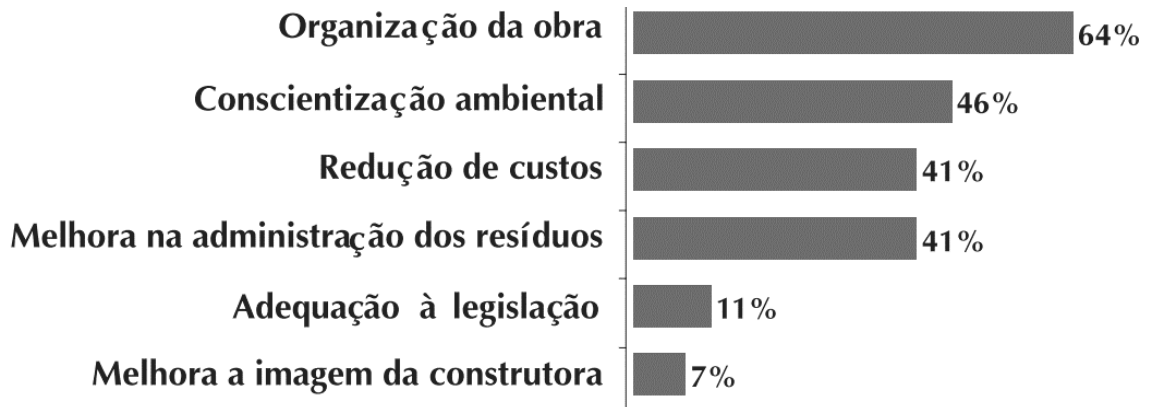


Figura 17 - Vantagens da utilização de medidas de gerenciamento de resíduos  
Fonte: Sinduscon, 2005.

### 3.1 Análise do ciclo de vida (ACV)

As atividades humanas causam impactos sobre o ambiente, não só pela emissão de poluentes, mas também pelos recursos extraídos, consumidos ou introduzidos nos processos produtivos. Com o intuito de minimizar os impactos causados por estas atividades, surge a análise de ciclo de vida (INE - Instituto Nacional de Estatísticas, 2016b).

A ideia desta técnica é a otimização do uso de recursos naturais, a minimização de perdas e desperdícios, a reciclagem dos rejeitos e sua reincorporação na cadeia produtiva do mesmo produto ou de outro. Faz parte do sistema de ACV considerar e estudar os aspectos ambientais e potenciais impactos do ciclo de vida de produtos ou processos (International Organization for Standardization, 2006; Santos *et al.*, 2011).

Um estudo de ciclo de vida de produto envolve quatro fases: a definição de metas e escopo, a análise de inventário, onde são registrados os dados de entrada e saída do sistema estudado, a avaliação de impactos e interpretação, para então se obter uma aplicação final de acordo com o objetivo proposto, de acordo com a figura 18. Desta maneira, são gerados resultados para o nível de impacto do produto, que permitem um foco em efeitos e parâmetros ambientais (Biernacki, 2014; Sousa, 2010).

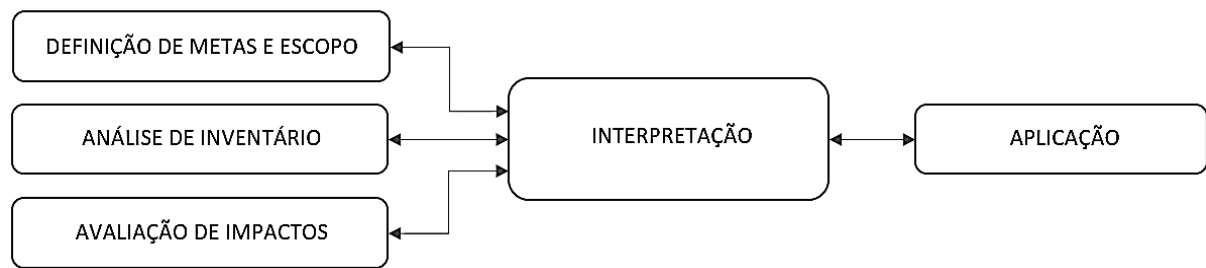


Figura 18 - Metodologia de ACV  
Fonte: Biernacki, 2014

Bem como, na análise de ciclo de vida, há também a análise de custo do ciclo de vida (ACC), que é um cálculo econômico de um item, sistema ou instalação ao longo de sua vida. Esta técnica é baseada em três níveis de avaliação: estratégico, sistema e detalhamento. O nível estratégico é usado principalmente no estágio inicial de avaliação, durante a pré-construção. Os estágios de sistema e detalhamento são usados na fase de projeto (Pulakka, 1999).

Estes dois métodos são ferramentas técnicas do ciclo de vida, sendo importantes no processo de tomada de decisões para projeto de produto e seleção de propostas. Ao uni-los para a estruturação de produtos e processos torna-se mais fácil adaptar elementos benéficos ambiental e economicamente, pois a ACV proporciona foco no impacto ambiental futuro, enquanto o ACC mantém a preocupação com benefícios a longo termo (Biernacki, 2014).

Além disso, essa estratégia vai de encontro com os princípios da economia circular, pois contribui para o fechamento do ciclo de vida dos produtos da construção, ajudando a construir mercado para materiais secundários e fomentando o crescimento sustentável da economia na indústria da construção (Osmani; Villoria-Sáez, 2019).

### 3.1.1 ACV de materiais e produtos

Esta metodologia é indicada como embasamento para que sejam identificadas oportunidades de aperfeiçoamento do desempenho ambiental de materiais em diferentes fases do seu ciclo de vida. Quando se trata de materiais de construção civil a ACV é usada para medir ou comparar o desempenho ambiental de

componentes da área e auxiliar na tomada de decisão em relação ao menos prejudicial ao meio ambiente. Medida que pode auxiliar na escolha de materiais com menor energia incorporada, através do uso de materiais com base biológica e madeira para construção (Passuelo *et al.*, 2014; Silva, 2003; IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018), assim como selecionando produtos com componentes reciclados.

Dentro da área da construção civil, dentre os principais materiais utilizados atualmente estão o aço, concreto, alumínio e vidro, que são materiais de alto conteúdo energético. Eles são usados em vários estágios do ciclo de vida do edifício, desde a construção inicial até a fase de operação, quando ocorrem trabalhos de manutenção e recuperação. Portanto, esta é uma área que pode ser explorada pelos projetistas se forem adequadamente informados a respeito dos *inputs* e *outputs* dos materiais (Ding, 2013).

Desta maneira, materiais sustentáveis devem ser considerados desde o planejamento e projeto do empreendimento e é essencial que sejam avaliados conforme seu ciclo de vida e os impactos que esses causam, pelo fato de que a escolha dos materiais irá influenciar na performance da edificação e na influência desta sobre o ambiente. Para isso, podem ser utilizadas as *Environmental Product Declarations* (EPD) ou Declarações Ambientais de Produto (DAP), que transmitem o desempenho ambiental dos materiais através de uma perspectiva do seu ciclo de vida (Esin, 2007; Ding, 2013).

Essas declarações devem estar de acordo com as diretrizes da ISO 14025. Na Europa, deve-se considerar também a EN 15804, elaborada pelo Comitê Europeu de Normalização. Para a elaboração desses documentos, os produtores devem procurar empresas autorizadas.

Um estudo realizado por *Toniolo et al.* (Toniolo *et al.*, 2019), indica que a maior quantidade de EPD com rotulagem ambiental tipo III emitidas na UE são de produtos do âmbito da construção. Esse mesmo estudo indica que Portugal é o 19º país europeu que mais tem produtos com EPD na Europa, tendo emitido apenas 19 EPD no período de setembro a novembro de 2016.

### 3.1.2 ACV de edifícios

O processo de desenvolvimento de um edifício possui várias fases e em cada uma delas a ACV contribui de modo distinto. Na fase de pré-avaliação e na fase de conceito são definidos o tipo do edifício e sua função e a ACV provém ponderações ou guias para otimização das funções pretendidas para a edificação. Na fase de concepção a análise do ciclo de vida é de grande auxilia na determinação das consequências ambientais do ciclo de vida do edifício (Centre for Design, 2001 *apud* Pinheiro, 2006).

Após essas, dá-se a fase de construção, que tem como maior impacto a utilização de materiais e a geração de resíduos. Sendo assim importante notar as decisões tomadas na fase de concepção para que haja correto fornecimento de materiais e seja possível minimizar, reutilizar e reciclar resíduos. Em seguida, inicia-se a fase de ocupação, na qual os impactos têm maior durabilidade (Pinheiro, 2006).

A essas, pode ser acrescida a fase de renovação. Nesta fase, é que são realizadas as intervenções no edifício, pois este sofre degradações em seus materiais e sistemas. Para isso, são realizadas atividades que compensam a queda de desempenho da edificação e prolongam seu ciclo de vida, como pode ser observado na figura 19.

Quando essas intervenções não possuem mais eficácia suficiente para retomar o desempenho do edifício aos níveis aceitáveis, inicia-se então a fase de fim de vida do mesmo, na qual as diretivas mais responsáveis são as voltadas para auxiliar na reciclagem, na reutilização e no envio para os aterros dos resíduos do edifício ou a própria reutilização dos mesmos em obra (Centre for Design, 2001 *apud* Pinheiro, 2006).

Enquanto isso, uma ACC é dividida em quatro componentes para abranger os custos globais da edificação em todo o seu ciclo de vida, que são custo inicial (custo de construção), custos de operação e manutenção, custo de reposição e custos de fim de vida útil incluindo o valor residual (Marzouk; Azab; Metawie, 2018).

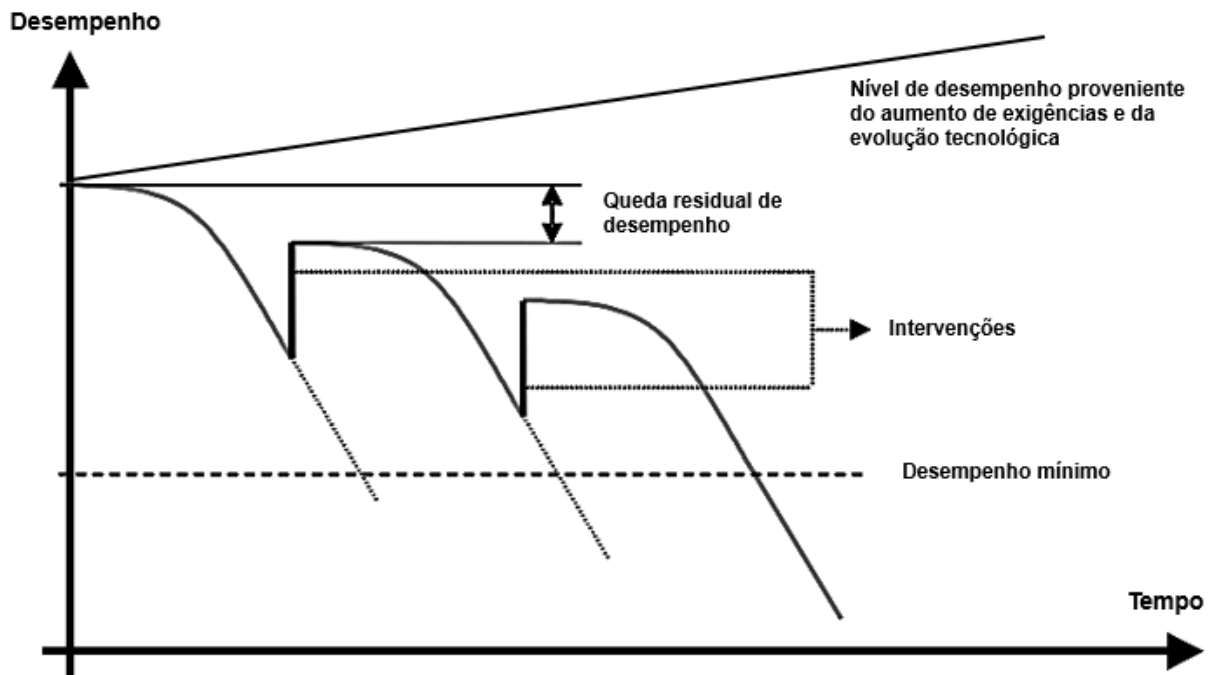


Figura 19 - Expressão gráfica da queda de desempenho natural de uma edificação com o tempo.  
Fonte: Adaptado de Lichtenstein, 1985

Em edifícios com estruturas em concreto armado, para os custos iniciais, a maior influência é dada pela execução de lajes e vigas. Os custos de operação e manutenção, são influenciados principalmente pelo sistema de pintura, seguido por pisos e portas e janelas. Enquanto que, para os custos de fim de vida útil e residuais, o reboco é o que apresenta maior influência de custo. Através da determinação dos elementos de maior influência e da ACV dos materiais que serão implantados, pode-se reduzir custos e manutenções (Marzouk; Azab; Metawie, 2018).

No entanto, os materiais e especialmente a estrutura não são os únicos a contribuir para o cálculo da ACC ou ACV. Pelo contrário, é uma interação mais complexa e diferenciada de diferentes elementos e operações de construção que influenciam os impactos gerais (Teshnizi *et al.*, 2018).

Além disso, a complexidade de um edifício, consistindo de uma vasta quantidade de componentes, pode ser difícil de avaliar em profundidade em termos ambientais. Por isso, é exigida uma quantidade significativa de tempo e recursos para coletar dados iniciais precisos e detalhados. Isso cria dúvidas a respeito da

disponibilidade de tempo e recursos para que as equipes conduzam tal análise durante a fase (Collin; Linnet; Secher, 2018; Teshnizi *et al.*, 2018).

Para facilitar essas análises, categorias de impacto ambiental e de custo devem ser divididas para que sejam identificados os principais grupos entre os vários materiais de construção, componentes, sistemas e atividades do ciclo de vida. Podem ser utilizados programas de simulação, que efetuam combinações entre diferentes situações e modelagens em BIM, que podem ser utilizadas para representar informações geométricas e outras propriedades do edifício, como características dos elementos de construção, quantitativos de material, como por exemplo de concreto, pintura, reboco, pisos, portas e janelas (Marzouk; Azab; Metawie, 2018; Teshnizi *et al.*, 2018; Santos *et al.*, 2019)

### **3.2 Boas práticas associadas à redução da geração de RCD**

Além da ACV, outras tecnologias inovadoras também são essenciais para promover a economia circular dos resíduos de construção e demolição. Além de promover a simples classificação e separação dos RCD, podem ser exploradas contribuições de tecnologias conjuntas (Huang *et al.*, 2018).

#### **3.2.1 Política dos 5R**

Trata-se de um conceito que tem por intuito influenciar a sustentabilidade e colaborar com a destinação adequada dos resíduos. O conceito base é a redução do consumo e o combate ao desperdício como prioridade, antes de dar destinação final ao resíduo. Além disso, como refere o nome, está baseada em 5 ideias básicas: repensar, recusar, reduzir, reutilizar e reciclar, conforme exposto na Figura 20 - Ideias básicas da política dos 5R<sup>20</sup>. (Ministério do Meio Ambiente, 2009).

Repensar relaciona-se a reconsiderar os materiais e os métodos construtivos utilizados, considerando opções mais sustentáveis na fase de concepção do projeto, como por exemplo o uso de materiais reciclados e métodos



construtivos mais flexíveis. Considerando também estratégias de reuso de resíduos e correta destinação dos remanescentes.

Recusar é de fato a aplicação das ideias consideradas no ato de repensar. Significa não utilizar métodos construtivos que produzam uma grande quantidade de resíduos e materiais que possuam altos índices de energia incorporada e que não ofereçam possibilidade de reuso ou reciclagem.

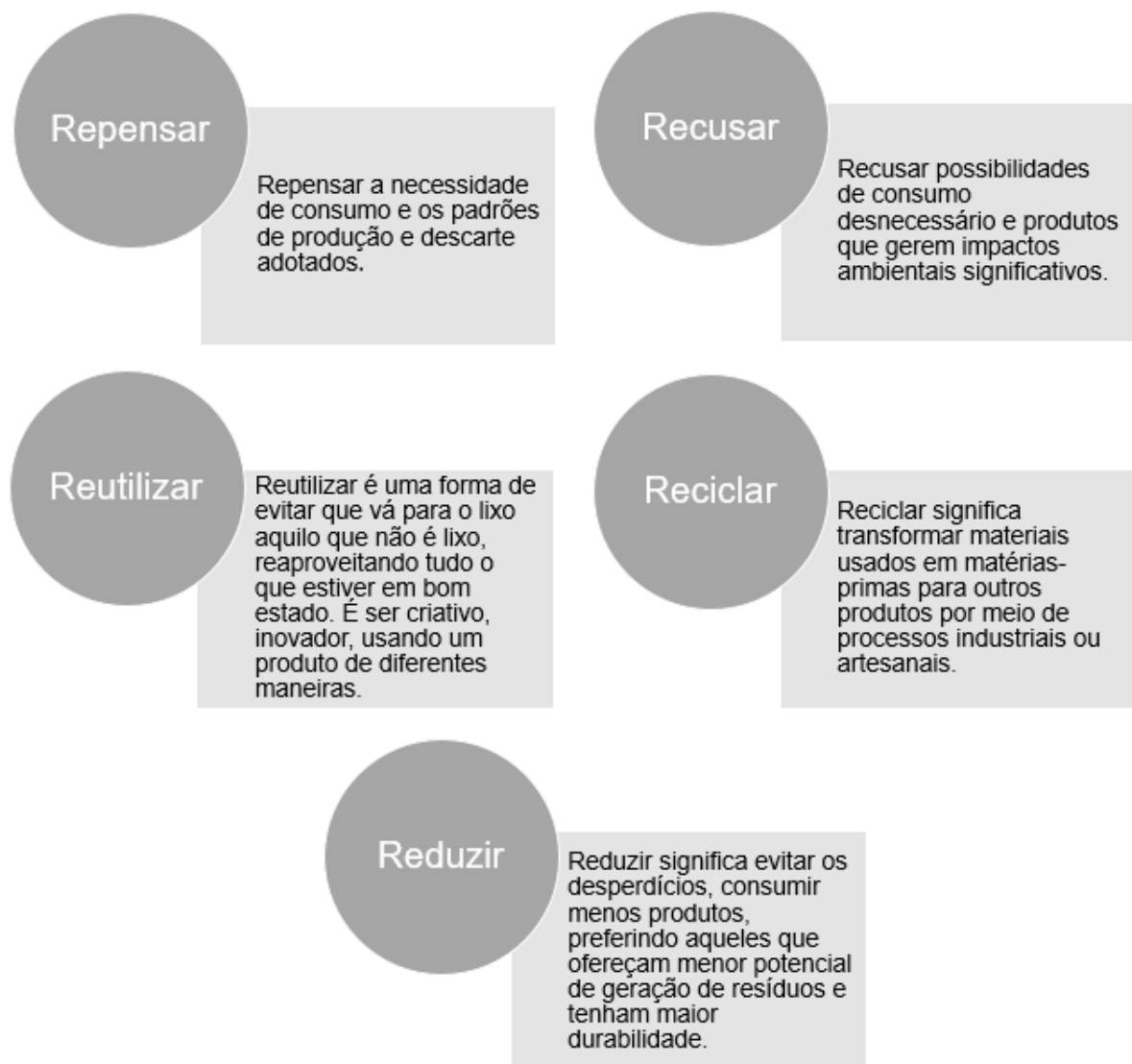


Figura 20 - Ideias básicas da política dos 5R  
Fonte: Ministério do Meio Ambiente, 2009

Reduzir envolve a conscientização da equipe executora, para que se tenha o cuidado adequado na preparação de materiais e na realização dos serviços, evitando desperdícios ou sobras de materiais. Além disso, é importante que os

mesmos estejam treinados e capacitados para execução dos serviços e orientados quanto ao processo de gerenciamento dos resíduos (Mália, 2010; NAGALLI, 2014).

A reutilização pode estar relacionada aos materiais em si ou ao edifício como um todo. Pode dar-se dentro do próprio canteiro de obra, para outros fins que não os inicialmente propostos aos elementos construtivos, como por exemplo a utilização de resíduos de blocos cerâmicos, azulejos, madeira de forma, *pallets* (EVANGELISTA; COSTA; ZANTA, 2010; STYLES; SCHOENBERGER; ZESCHMAR-LAHL, 2018).

Em maior proporção, está a reutilização do edifício como um todo, que é preferível à demolição do mesmo. Para isto, o projeto deve permitir uma reorganização dos espaços da edificação para que sejam atendidas diferentes necessidades ao longo da vida útil da edificação. Isto pode ser realizado também através da reabilitação do mesmo, que prevê também o aumento do ciclo de vida do edifício e maior eficácia energética (Dias, 2012)

Mesmo com a aplicação destas estratégias, serão gerados RCD em obras e, para estes, a recomendação de destinação é a reciclagem, por ser uma solução sustentável, que permite a reintegração do resíduo em outros processos e pode ser ainda mais explorada empregando-se estratégias de gerenciamento adequadas e introduzindo tecnologias inovadoras (Evangelista; Costa; Zanta, 2010; Akhtar; Sarmah, 2018).

### **3.2.2 Planejamento do canteiro de obras**

Quando se trata do canteiro de obras, políticas de coleta segregada são fortemente implantadas, porém existe também a importância de se investir em ações que visem a redução de resíduos diretamente na fonte de geração.

Neste contexto está incluso o planejamento dos elementos que constituem o canteiro de obras, cuja importância é dada por influenciarem no fluxo de trabalhadores, serviços e materiais, minimizando trajetos, economizando tempo e aumentando a produtividade (Nagalli, 2014).

Considera-se como serão realizados os processos de carga e descarga de materiais, a localização do depósito de materiais e dos recipientes para armazenamento de resíduos. Estes itens irão influenciar nos trajetos realizados pelos trabalhadores para a realização de serviços, envolvendo diretamente os materiais utilizados para a execução dos mesmos, a geração de resíduos e a disposição correta dos mesmos (Yu *et al.*, 2013).

O armazenamento de resíduos pelo sistema de caçambas, deve ter a sua localização planejada para que não interfiram no fluxo de atividades desempenhadas no canteiro e que, ao mesmo tempo, estejam em locais que facilitem a retirada e troca das mesmas pela empresa responsável pela coleta de resíduos (Fraga, 2006).

Além destes, outros cuidados devem ser tomados, pois um estudo de Osmani, Glass e Price (2008) identificou que a geração de resíduos em canteiros de obra acontece desde:

- I. O recebimento dos materiais, quando há dificuldade de acesso ao canteiro para veículos de transporte;
- II. No planejamento e gerenciamento dentro do canteiro, através da falta de planos de administração de resíduos, atrasos de informação quanto aos tipos e tamanhos de materiais que devem ser utilizados;
- III. Durante o armazenamento dos materiais, quando existem locais de estocagem inadequados que levam à deterioração e o estoque se encontra distante do ponto de utilização
- IV. Após a utilização dos materiais, através da geração de resíduos de aplicação, como por exemplo a preparação de argamassa em excesso e sobra de materiais que devem ser cortados em medidas determinadas.

### **3.2.3 Certificações ambientais**

Em muitos casos, o impacto causado por uma construção pode ser atribuído à falta da utilização de um sistema de gestão ambiental (SGA) adequado. As organizações costumam implementar esses sistemas para facilitar o cumprimento de

regulamentações ambientais, reduzir os custos ambientais, treinar funcionários, reduzir riscos, desenvolver indicadores de impacto, bem como melhorar seu desempenho ambiental (Christini; Fetsko; Hendrickson, 2004).

Os resultados de um estudo realizado em Madrid, que compara o gerenciamento de resíduos em canteiros com sistema de gestão ambiental aos que não possuem gerenciamento, sugerem que a utilização de SGA nos canteiros de obra ajuda a promover o cumprimento das legislações vigentes e a correta gestão de resíduos sólidos. Quanto à questão de reuso, 11,8% dos resíduos inertes de canteiros com SGA são utilizados em outras construções, enquanto que em obras sem SGA, isso ocorre com apenas 5,8% dos resíduos. Por conta destes motivos, um número crescente de empresas de construção está obtendo certificações de acordo com padrões internacionais em todo o mundo (Rodríguez; Alegre; Martínez, 2007).

A ISO 14001 serve como padrão para o desenvolvimento de um SGA na série ISO 14000 da *International Organization of Standardization*. Um estudo realizado por Tse (2001), com a participação de 26 empresas de construção de Hong Kong, encontrou como benefício da implantação da ISO 14001 a redução de custos dada pela minimização de resíduos. Neste mesmo estudo, observou-se que os maiores obstáculos para implementação deste sistema são: falta de pressão governamental, falta de requerimentos ou apoio dos clientes e altos custos de implementação e sistemas.

A nível mundial, a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) também trata do gerenciamento de resíduos de construção, não sendo aplicada na empresa como um todo, mas em cada empreendimento. Através do crédito pré-requisito de planejamento do gerenciamento de resíduos de construção, o LEED vincula a obtenção do certificado à adoção de estratégias para reduzir o descarte a aterros e incineração através da recuperação, reuso e reciclagem de materiais (USGBC - U. S. Green Building Council, 2019b).

O BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) é um modelo de certificação de empreendimentos que viabiliza a creditação pela presença de instalações de reciclagem no canteiro de obras, pela redução do impacto ambiental dos materiais utilizados (Pinheiro, 2006).

No Brasil, a certificação AQUA-HQE também propõe o gerenciamento de resíduos, exigindo a implantação de requerimentos como a identificação dos resíduos conforme a Resolução Conama nº 307/2002, a estimativa dos resíduos gerados em diferentes fases do projeto, identificação de cadeias de reciclagem locais, monitoramento dos resíduos gerados e garantia do rastreabilidade e correto manuseio dos resíduos (Fundação vanzolini; Cerway, 2014).

Em Portugal, podem ser utilizados também sistemas como o SBtool, que é uma adaptação da versão internacional do SBTool à realidade portuguesa e o LiderA, que enfocam a reutilização de materiais no design e no canteiro de obras, bem como e na expectável e consequente redução da geração de resíduos de construção (Pinheiro, 2006).

A utilização de certificações tem uma utilização ainda reduzida, contudo, é possível verificar a crescente preocupação das grandes empresas em relação à adoção de comportamentos mais sustentáveis, que passam a introduzir esses sistemas às suas políticas internas (INE - Instituto Nacional de Estatísticas, 2016; Glaumann; Assefa, 2008).

### **3.2.4 *Lean Construction* e pré-fabricação de elementos construtivos**

‘*Lean*’ é uma maneira de projetar os sistemas de geração para minimizar o desperdício de materiais, tempo, e esforço com o intuito de gerar a quantidade máxima possível de valor. (Arantes, 2008; Koskela *et al.*, 2002).

A ‘*Lean Construction*’ é um sistema de geração que tem enfoque na gestão de projeto valorizando a finalização de maneira confiável e rápida e prioriza as relações entre tempo, custo e qualidade. Dentro da ‘*lean construction*’ existem duas estratégias diferentes: desenvolver o processo construtivo e o produto no canteiro de obras ou desenvolver o produto pré-fabricado e o seu processo. Esta última é chamada de estratégia de pré-fabricação (Ki; Tucker; Borcharding, 2002; Höök; Stehn, 2005).

Ballard e Howell (1998), afirmam que manufaturar alguns dos trabalhos que são realizados no canteiro de obras é uma chave para a execução da ‘*lean*

*construction*'. A pré-fabricação é um processo de manufatura que geralmente ocorre em uma instalação especializada onde vários materiais são unidos para formar o produto final (Li; Shen; Xue, 2014; Wang; Li; Tam, 2015)

Técnicas de pré-fabricação envolvem a tomada de decisões na fase inicial do projeto e redução significativa de atividades no canteiro. Os resíduos em construções que utilizam pré-moldados são originados de duas fontes: dos processos de fabricação e transporte de componentes e da montagem no canteiro de obras. Entretanto, a montagem dos componentes no canteiro de obras gera poucos resíduos, devido ao projeto prévio combinado à estrutura do edifício, já que variações de projeto durante a construção geram a não utilização ou excesso de materiais (Lu; Yuan, 2013; Osmani; Price; Glass, 2006; Osmani; Villoria-Sàez, 2019; Poon; Yu; Jaillon, 2004).

Sendo assim, após a adoção de componentes fabricados, o desempenho da redução da geração de resíduos melhora. Isso se dá principalmente pela baixa dependência de projeto em tecnologias mais tradicionais, como o concreto moldado *in loco* e formas de madeira. Assim, a adoção de componentes construtivos pré-fabricados pode ser considerada como um incentivo à redução da geração de resíduos de construção, principalmente quando se trata dos resíduos de concreto (Wang; Li; Tam, 2015).

Poon *et al.* (2004) demonstraram que formas de madeira são os elementos que mais contribuem para a geração de resíduos de construção em Hong Kong, totalizando 30% de todo o resíduo identificado pelo estudo. Além disso, as atividades de acabamento, como por exemplo o nivelamento, reboco e assentamento de elementos cerâmicos representaram cerca de 20% dos resíduos identificados. Outro estudo realizado por Tam *et al.* (2005), indica que o uso de pré-fabricação reduz em aproximadamente 80% os resíduos gerados por formas de madeira e 55% os gerados por concreto.

Jaillon, Poon e Chiang (2009) revelam que a redução de resíduos de construção quando se utiliza o sistema de pré-fabricação possui diminuição de desperdício geral de aproximadamente 52%. Este estudo encontrou que a pré-fabricação é um dos maiores benefícios e não o de construção convencional com concreto.

Um estudo realizado no Reino Unido indica que através do design para padronização, pré-fabricação e colaboração entre participantes do projeto foram confirmados como os principais impulsionadores da minimização de resíduos de construção. Isso confirma a relevância da *Lean Construction*, que defende o aumento do uso de pré-fabricação, padronização e melhoria do processo colaborativo (Ajayi; Oyedele, 2018).

### **3.2.5 Desconstrução e Demolição Selectiva**

A desconstrução é uma alternativa sustentável à demolição, esta que é a geralmente utilizada quando se trata da última fase do ciclo de vida de um edifício. Enquanto a execução de uma demolição por si só não permite a reutilização dos componentes de uma edificação e produz uma grande quantidade de resíduos, a desconstrução apresenta-se como uma prática menos poluente e onde parte dos elementos daí provenientes possam ser reutilizados ou encaminhados para as devidas fileiras.

Para que se possa executar a desconstrução de edifícios, considera-se essa alternativa ainda nas fases de projeto e execução, com a seleção de materiais que possuam alta propensão para a reciclagem e o reuso, que não gerem resíduos que contenham substâncias perigosas e que possam ser desconstruídos com baixo consumo de energia (Lopes, 2010).

Este processo apresenta como fases anteriores à efetiva demolição do edifício a remoção de materiais e sua posterior seleção e, quando possível, reutilização, conforme figura 21. Pode-se ainda prevenir a demolição completa da estrutura, através da execução de desmonte na estrutura na ordem inversa aquela utilizada na construção do mesmo (Hagen, 2007 *apud* Couto; Couto, 2007).

Esta prática, quando aplicada em edifícios, aumenta a taxa de desvio de resíduos de demolição de aterros, que passam a ter melhores condições de revalorização, reutilização e reciclagem. Gera-se assim desenvolvimento sustentável e econômico, bem como a proteção do meio ambiente (Gilli; James, 2001; Couto; Couto, 2007).

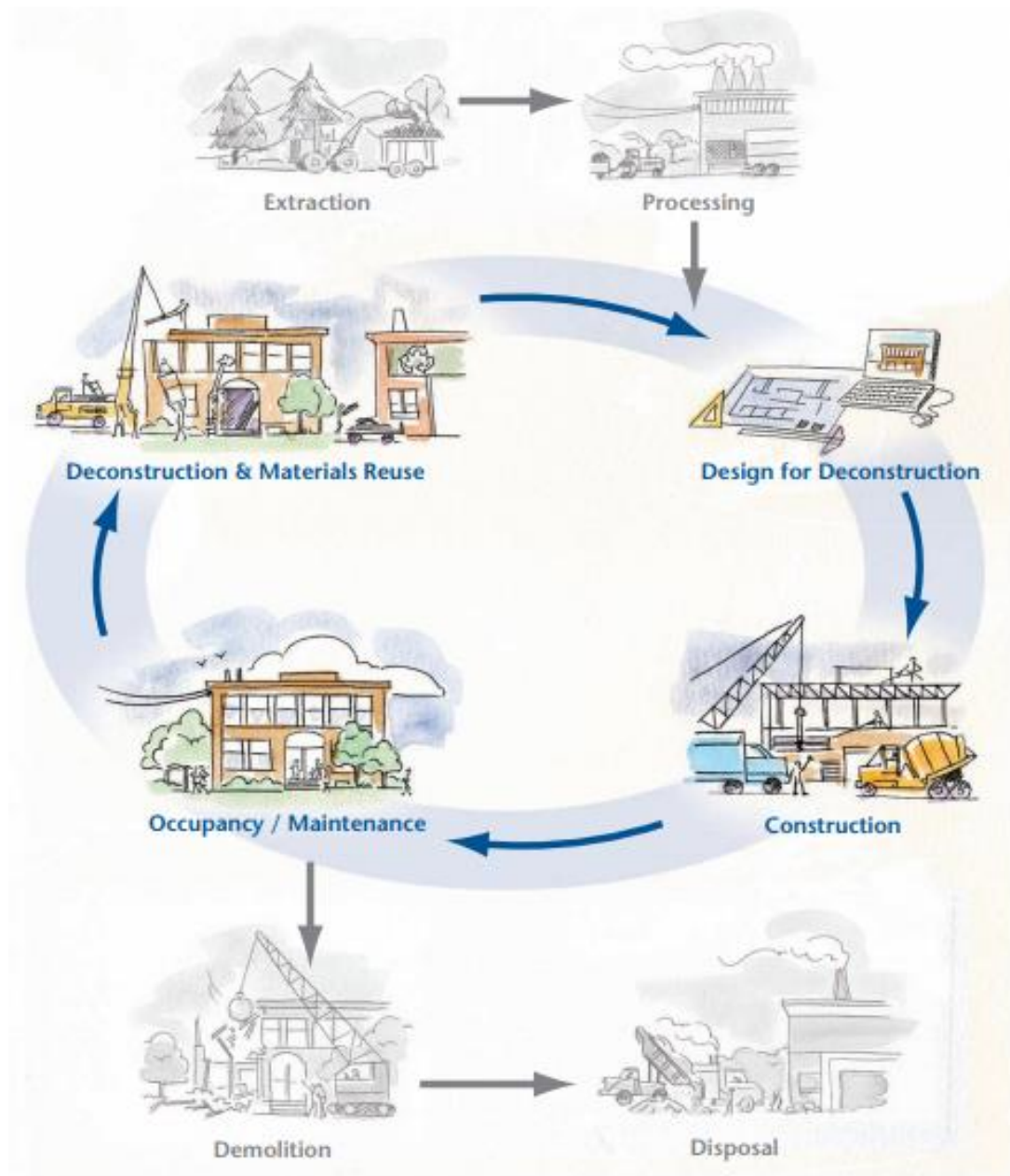


Figura 21 - O papel da desconstrução no ciclo de um empreendimento de construção  
 Fonte: U.S. Environmental Protection Agency (EPA), 2008

### 3.2.6 Reutilização de resíduos inertes

Os resíduos de construção e demolição apresentam-se majoritariamente na forma de detritos, entulho, terra, concreto, aço, pedra, madeira e materiais mistos provenientes da limpeza do canteiro de obras, decorrentes de várias atividades de construção, incluindo escavações construção civil e de edifícios, atividades de demolição ou renovação de edifícios. Alguns desses resíduos têm potencial para



reuso e reciclagem, atividades que podem colaborar para a redução da geração de gases de efeito estufa e da demanda de energia pelo setor da construção. Entretanto, ainda assim muitos deles são comumente despejados em aterros sanitários (Poon et al., 2001; IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2015).

Para auxiliar na resolução deste problema, os geradores de resíduos precisam transferir a ênfase da destinação de resíduos, para prevenção, reuso e reciclagem de resíduos de construção e demolição. Isto porque, o reaproveitamento de resíduos traz mais vantagens do que a destinação dos mesmos para aterros.

A reciclagem e o uso sustentável de recursos são cada vez mais promovidos em atividades de construção e muitos esforços vêm sendo feitos em materiais como concreto, madeira e aço. Existe no mercado a iniciativa, por parte de empresas, da compra de resíduos para reciclagem, que se dá principalmente em relação aos metais, mas que já se estende a resíduos como madeira, plásticos e materiais cerâmicos. Pode-se também utilizar o reuso dos resíduos de construção dentro do próprio canteiro de obra como uma possibilidade, conforme quadro 5. (Cheng; Ma, 2013; Nagalli, 2014). A título de exemplo, a ideia dos pellets para aquecimento seria a reutilização de madeiras provenientes de obras de construção e de demolições.

Um estudo realizado no Brasil teve como intuito comprovar a eficácia do reuso de resíduos classificados, pela Resolução Conama nº 307/2002 como Classe A, como por exemplo, tijolos, blocos, revestimentos cerâmicos. Utilizando reciclagem dentro do próprio canteiro de obras, parte dos resíduos de construção deixou de ser destinado irregularmente. Através de britagem, aproximadamente 80% dos resíduos foram convertidos em agregados reciclados, substituindo a utilização de agregados naturais. Com a redução de custos pela eliminação da necessidade de compra de agregados naturais e da não contratação de empresas responsáveis pelo encaminhamento de resíduos, o método se mostrou economicamente eficaz (Evangelista; Costa; Zanta, 2010).

Quando não for considerada a viável a reciclagem dos resíduos em obra, é importante que estes sejam segregados na fonte e sejam destinados corretamente. Esta classificação deve ser realizada de acordo com o tipo de resíduo, o local que receberá este resíduo e qual será o processo aplicado a ele. Por este e outros

motivos já apresentados, se torna importante a classificação dos resíduos já no canteiro de obras (Nagalli, 2014).

Quadro 5 - Possibilidades de reutilização e resíduos em canteiros

Tipos de materiais ou resíduos	Cuidados Requeridos	Procedimento	Forma de Reutilização
Painéis de madeira provenientes da desforma de lajes, pontaletes, sarrafos, etc.	Retirada das peças, separando-as dos resíduos	Empilhar e organizar as peças deixando-as disponíveis e próximas dos locais de reaproveitamento. Se o aproveitamento das peças não for próximo do local de geração, deverão ser estocadas (com sinalização) nos pavimentos inferiores.	Preparação de painéis para formas na concretagem de lajes, pilares, vigas e dos elementos de sustentação destas estruturas em madeira.
Blocos de concreto e cerâmicos parcialmente danificados	Segregação imediatamente após a sua geração, para evitar o descarte.	Empilhar para posterior utilização em outras frentes de trabalho.	Nas vedações em alvenaria identificando peças cujas dimensões sejam compatíveis com a necessidade de utilização.
Solo	Identificar eventual necessidade do aproveitamento na própria obra para aterros.	Planejar a execução da obra compatibilizando fluxo de geração e possibilidades de estocagem e reutilização.	Disposição e compactação para readequação geométrica do terreno.

Fonte: Sinduscon, 2005.

### 3.3 Custos associados ao gerenciamento de resíduos

O aspecto econômico é um tema importante quando se trata da eficiência do gerenciamento de resíduos. Projetistas são restringidos por muitos fatores, como as exigências dos clientes, o custo-benefício e a estética. Esses fatores limitam a implementação de medidas para redução de desperdícios. Sendo assim, desenvolver um sistema de gerenciamento de resíduos torna-se então uma combinação do âmbito de planejamento, engenharia, financeiro, administrativo e legal (Poon; Yu; Jaillon, 2004; Duan; Wang; Huang, 2015).

O custo de gerenciamento de RCD inclui o custo direto e indireto relacionados à totalidade do processo de gerenciamento de resíduos, desde a geração desses até a sua disposição final. De acordo com o processo, esse custo pode estar relacionado às seguintes categorias de serviço: controle de resíduos, coleta, transporte, reciclagem ou reutilização e descarte (Yuan; Huang; Xu, 2016).

A viabilidade econômica e a supervisão governamental são os dois fatores significativos que influenciam a tomada de decisões de minimização de resíduos. Na prática, o gerenciamento de resíduos é comumente adotado por empresas para reduzir custos de construção, desde que apresente custo-benefício, independentemente dos potenciais problemas ambientais ocasionados pela geração de RCD (Zhao; Leefink; Rotter, 2013; Yuan; Huang; Xu, 2016).

No Brasil, o custo do gerenciamento de resíduos é considerado alto pelas construtoras, especialmente por aquelas que não utilizam medidas de controle da geração de resíduos. Enquanto que, existe um julgamento um pouco diferenciado por parte dos empreendedores que participam ativamente do processo de gerenciamento, que consideram o mesmo uma oportunidade de redução de perdas, aumento de produtividade e geração de retorno monetário (Nagalli, 2013).

O custo direto do despejo ilegal de resíduos é considerado o mais baixo, seguido pela reciclagem no local e pelo despejo controlado. Sendo assim, do ponto de vista de custos que afetam a rentabilidade do gerenciamento de resíduos de construção, reduzir a deposição em aterros licenciados seria a melhoria mais crucial. Para facilitar a estimativa desses custos, pode-se utilizar ferramentas que estimem a geração de RCD durante a construção, que estabelece a quantidade de resíduos que será gerada e os custos referentes à coleta e destinação dos mesmos (Liu *et al.*, 2018; Paz, 2019).

Um estudo realizado por Paz (2019) em canteiros de obra em Recife, no Brasil, indica que em relação aos custos de gerenciamento com coleta e destinação final de resíduos, 34% é referente à destinação e 66% de coleta e transporte, tendo sido identificada uma média de gasto de R\$ 61.935,00 (equivalente a aproximadamente 14.000,00€) No Brasil, o armazenamento de resíduos em caçambas para posterior encaminhamento representa gasto de aproximadamente

400 reais por caçamba, cerca de 90 euros. Essa mesma média de valor é encontrada nas empresas portuguesas que realizam esse serviço.

Além disso, o custo com o gerenciamento de resíduos em canteiros de obra é de aproximadamente 2% em relação ao custo total da obra. Os custos de gerenciamento de resíduos relacionado a coleta e destinação final de RCD são, em média, R\$ 4,86/m<sup>2</sup> (equivalente a aproximadamente 1,10€) de área construída. A maioria das empresas (65%) gera mais resíduos do que o especificado pelo PGRCC, o que pode causar problemas financeiros em relação ao orçamento inicialmente determinado (Paz, 2019).

Para colaborar com a redução de custos, uma opção é a diminuição de resíduos da obra através da prevenção da geração de desperdícios, sendo importante que todas as partes envolvidas ao longo da cadeia de suprimentos de construção adotem uma abordagem mais proativa ao lidar com resíduos (Osmani; Price; Glass, 2006; Mália; 2010; Duan; Wang; Huang, 2015).

A implantação de certificações ambientais colabora para essa redução da geração de resíduos, entretanto, essa medida apresenta valores mais significativos e difíceis de quantificar. Para implantação da ISO 14001 em empresas, estudos revelam que o custo de implementação é um fator importante. Custos de implementação de sistemas de gerenciamento ambientais foram de 115 e 25 mil dólares em duas empresas alemãs, sendo que o custo de uma delas com certificação foi de 39 mil dólares. Entretanto, esses valores variam conforme a empresa, sua localização, seu tamanho (Morrow; Rondinelli, 2002; Babakri; Bennett; Franchetti, 2003).

Para implantação de certificações ambientais em empreendimentos, como LEED e BREEAM, os valores também são elevados, pois envolvem taxas de registro, certificação, taxas por metro quadrado construído e, além disso, custos com consultoria, como observa-se no quadro 6.

Além disso, existe também a opção da introdução de medidas governamentais que levassem a indústria da construção a um sistema de geração de ciclo fechado e que colaboram para a criação de soluções de economia circular para o setor da construção (Styles; Schoenberger; Zeschmar-lahl, 2018).

Quadro 6 - Comparação entre custos de certificação LEED E BREEAM

	LEED	BREEAM
Custos de consultoria (€)	Variável	Aproximadamente 20 mil para grandes edifícios
Taxas de registro (€)	1000 - 1300	2500 - 3800
Taxas de certificação (€)	3500 - 4400	2500 - 3800
Custo estimado para edifício com 11.500 m <sup>2</sup> construídos	6000 - 7400	3800

Fonte: Adaptado de Rajagopalan, 2019 e USGBC - U. S. Green Building Council, 2019

## 4 ESTUDO DE CASO

### 4.1 Metodologia

Para realização da análise do gerenciamento de resíduos adotado nos canteiros de obras em Portugal e no Brasil, as práticas de encaminhamento adotadas, os custos relacionados e a geração de resíduos em canteiros de obras de novas construções de habitação, elaborou-se um inquérito para com o intuito de coletar dados. O inquérito foi desenvolvido de maneira a atender as características construtivas, legislativas e linguísticas de cada país, existindo duas versões distintas do inquérito, uma com aplicação a Portugal e outra ao Brasil, apresentados no anexo B e anexo C, respectivamente.

Em sequência, realizou-se a seleção de empresas brasileiras e portuguesas que tem como parte de seu escopo a construção de edifícios habitacionais, fez-se a distribuição do inquérito para as suas sedes e após o recebimento das respostas ao formulário, procedeu-se à análise dos dados.

Tratando-se do inquérito, a elaboração foi realizada de modo que as perguntas abrangessem:

- I. O empreendimento: características da edificação, tempo de execução, principais materiais construtivos e tecnologias de construção utilizados;
- II. O gerenciamento de RC: importância do plano de gerenciamento de resíduos, medidas adotadas para reduzir a geração de RC e os custos associados.
- III. A destinação de RC: segregação dos resíduos produzidos em obra e sua subsequente destinação.
- IV. A geração de RC: geração total de resíduos no canteiro de obra e os respectivos valores por tipologia de RC.
- V. Os objetivos das questões inclusas no inquérito são:
- VI. Quantificar a tipificar os RC são produzidos pelas empresas de construção;
- VII. Caracterizar as medidas de gerenciamento de resíduos implantadas;
- VIII. Determinar quais as práticas de destinação de resíduos adotadas;

- IX. Associar os custos de gerenciamento e destinação de resíduos de construção ao custo total da obra;
- X. Entender a influência do plano de gerenciamento de resíduos no canteiro de obras.

O envio do formulário foi feito de maneira a abranger empresas que constroem edifícios de habitação, tanto em Portugal como no Brasil (estado do Paraná). Em Portugal, foram contatadas empresas que possuem alvará de empreiteiro, portanto registradas no Instituto dos Mercados Públicos do Imobiliário e da Construção (IMPIC). Destas, foram selecionadas as organizações com classe de alvará entre 6 e 9, que executam obras com valores monetários de no máximo 5.312.000 euros (classe 6), até 10.624.000 euros (classe 7), até 16.600.000 euros (classe 8) e acima de 16.600.000 euros (classe 9).

Após a realização de múltiplos contatos, sem obtenção de respostas, foram adotadas medidas complementares para coleta de dados. Assim, entrou-se em contato com outras fontes, como empresas que realizam serviço de coleta de resíduos e investigadores da área. Por fim, foram recebidas apenas seis respostas ao formulário, conforme quadro 7. As respostas completas ao questionário português podem ser encontradas no anexo D, anexo E e anexo F. Nota-se assim a dificuldade de obtenção desse tipo de informação em Portugal.

Quadro 7 - Características principais de obras portuguesas

<b>Obra</b>	<b>Tipo da obra</b>	<b>Número de residências</b>	<b>Área construída (m²)</b>	<b>Método construtivo</b>
OBRA PA	Edifício multifamiliar	12	2800	Tecnologia concreto armado
OBRA PB	Edifício multifamiliar	10	1500	Tecnologia concreto armado
OBRA PC	Edifício multifamiliar	15	4000	Tecnologia concreto armado
OBRA PD	Edifício multifamiliar	12	2540	Tecnologia concreto armado
OBRA PE	Edifício multifamiliar	12	2380	Tecnologia concreto armado
OBRA PF	Moradia bifamiliar/geminada	12	2880	Tecnologia concreto armado

No Brasil, foram contatadas principalmente empresas de Curitiba-PR e outras empresas brasileiras que possuem certificação ISO14001. Pelo fato de possuir contato direto com engenheiros responsáveis por obras ou pela avaliação destinação de resíduos dessas, houve maior facilidade na obtenção de dados,

conforme apresentado no quadro 8. Os dados completos das respostas brasileiras encontram-se no anexo G, anexo H e anexo I.

Quadro 8 - Características principais de obras brasileiras

<b>Obra</b>	<b>Tipo da obra</b>	<b>Número de residências</b>	<b>Área construída (m²)</b>	<b>Método construtivo</b>
OBRA BA	Edifício residencial	1	26545	Concreto armado
OBRA BB	Edifício residencial	320	41268	Concreto armado
OBRA BC	Edifício residencial	27	3713	Concreto armado
OBRA BD	Edifício residencial	8	1255	Concreto armado Aço
OBRA BE	Edifício Comercial	n.a.	2176	Concreto pré-moldado
OBRA BF	Casa ou sobrado	1	450	Concreto armado Aço
OBRA BG	Edifício residencial	32	17000	Concreto armado Aço
OBRA BH	Casas geminadas	2	100	Concreto armado
OBRA BI	Edifício residencial	31	8100	Concreto armado
OBRA BJ	Casas geminadas	369	48542	Alvenaria estrutural
OBRA BK	Casas geminadas	226	9806	Alvenaria estrutural
OBRA BL	Edifício residencial	30	8718	Concreto armado Aço Madeira
OBRA BM	Edifício residencial	40	9846	Concreto armado
OBRA BN	Edifício residencial	670	60031	Alvenaria estrutural
OBRA BO	Casas geminadas	18	6642	Concreto armado
OBRA BP	Edifício residencial	22	8105	Concreto armado
OBRA BQ	Edifício residencial	184	11040	Concreto armado
OBRA BR	Edifício residencial	480	24048	Alvenaria estrutural

Para análise dos dados, as respostas aos inquéritos são avaliadas por categorias, conforme as proposições abrangidas pelas seções do questionário. Para interpretação dos dados coletados, as respostas serão analisadas estatisticamente, observando-se as médias e as predominâncias através de gráficos e percentagens. Em sequência, serão comparados os resultados obtidos entre os dados portugueses e brasileiros e verificadas as diferenças.



## 4.2 Análise da geração de resíduos de construção em obras portuguesas

### 4.2.1 Análise do projeto e dos métodos construtivos utilizados

Os projetos das edificações portuguesas apresentaram grande consistência de respostas, de maneira que todos utilizam o concreto armado como base estrutural, tendo suas lajes projetadas com lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas e 83% dessas possui fundações compostas por concreto armado, sendo que apenas um projeto utiliza concreto ciclópico para realizar a fundação, conforme apresentado no quadro 9.

Quadro 9 - Principais sistemas estruturais em obras portuguesas

Obras portuguesas	Principais métodos construtivos para pilares e vigas	Principais métodos construtivos para lajes	Principais métodos construtivos para sapatas
OBRA PA	Tecnologia concreto armado	Lajes aligeiradas de vigota pré-esforçadas	Concreto armado
OBRA PB	Tecnologia concreto armado	Lajes aligeiradas de vigota pré-esforçadas	Concreto armado
OBRA PC	Tecnologia concreto armado	Lajes de concreto armado	Concreto armado
OBRA PD	Tecnologia concreto armado	Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	Concreto armado
OBRA PE	Tecnologia concreto armado	Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	Concreto armado
OBRA PF	Tecnologia concreto armado	Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	Concreto ciclópico

Nos acabamentos utilizados em obras portuguesas existe unanimidade na utilização de revestimento cerâmico, como pode ser observado na figura 22. Em 83% das obras aplica-se argamassa de inertes correntes, pavimento flutuante, gesso cartonado e pintura. Pode-se observar uma utilização com menor frequência de materiais como granito e mármore. Quanto à escolha de caixilharia, a mais utilizada é de PVC, enquanto que as constituídas por madeira ou metal e alumínio possuem menor uso conforme figura 23.

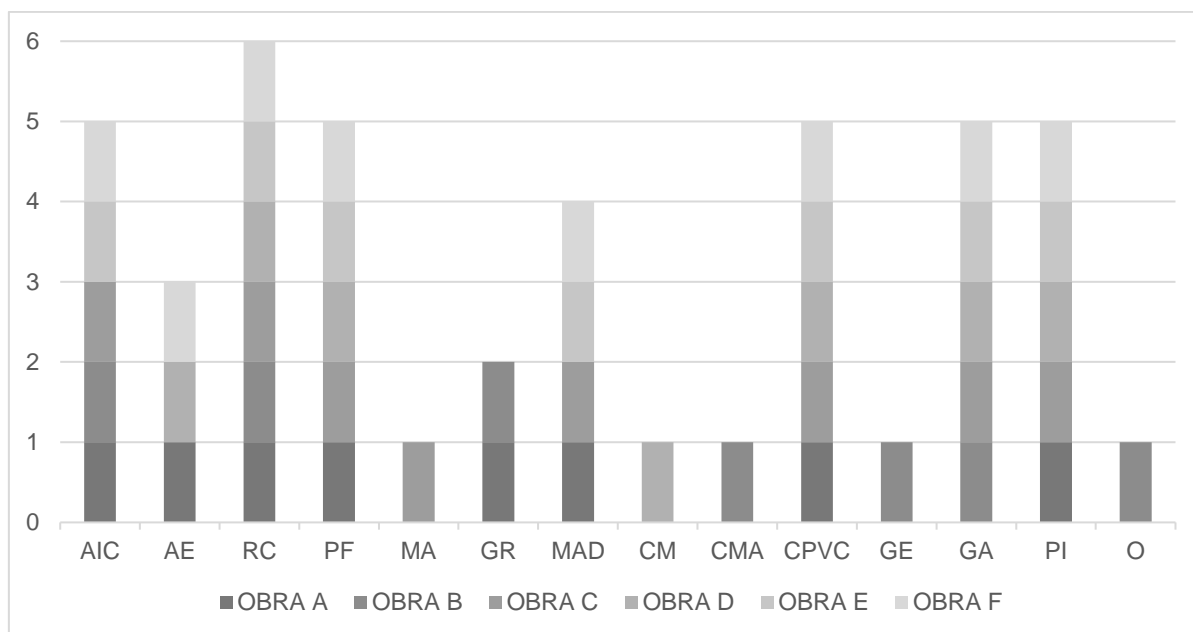


Figura 22 - Principais materiais de acabamento utilizados em obras portuguesas.  
 AIC – Argamassa de inertes correntes; AE – Argamassa de estuque; RC – Revestimento cerâmico;  
 PF – Pavimento flutuante; MA – Mármore; GR – Granito; MAD – Madeira; CM – Caixilharia de madeira; CMA – Caixilharia de metal/alumínio; CPVC – Caixilharia de PVC; GE – Gesso; GA – Gesso cartonado; PI – Pintura; O – Outros.

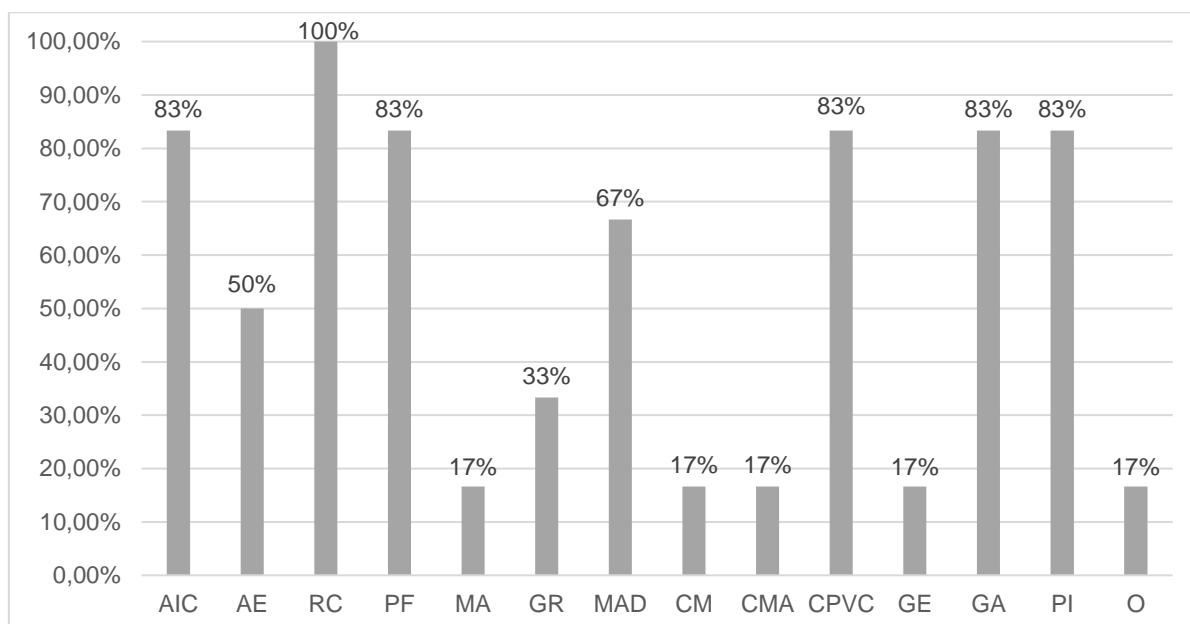


Figura 23 - Utilização das tipologias de acabamento em obras portuguesas  
 AIC – Argamassa de inertes correntes; AE – Argamassa de estuque; RC – Revestimento cerâmico;  
 PF – Pavimento flutuante; MA – Mármore; GR – Granito; MAD – Madeira; CM – Caixilharia de madeira; CMA – Caixilharia de metal/alumínio; CPVC – Caixilharia de PVC; GE – Gesso; GA – Gesso cartonado; PI – Pintura; O – Outros.

Tratando-se dos materiais utilizados para isolamento térmico e acústico, tem-se majoritariamente o uso de três tipos de material: poliestireno extrudido, expandido e lã de rocha. Sendo que apenas duas obras utilizaram somente uma tipologia de material isolante, conforme figura 24.

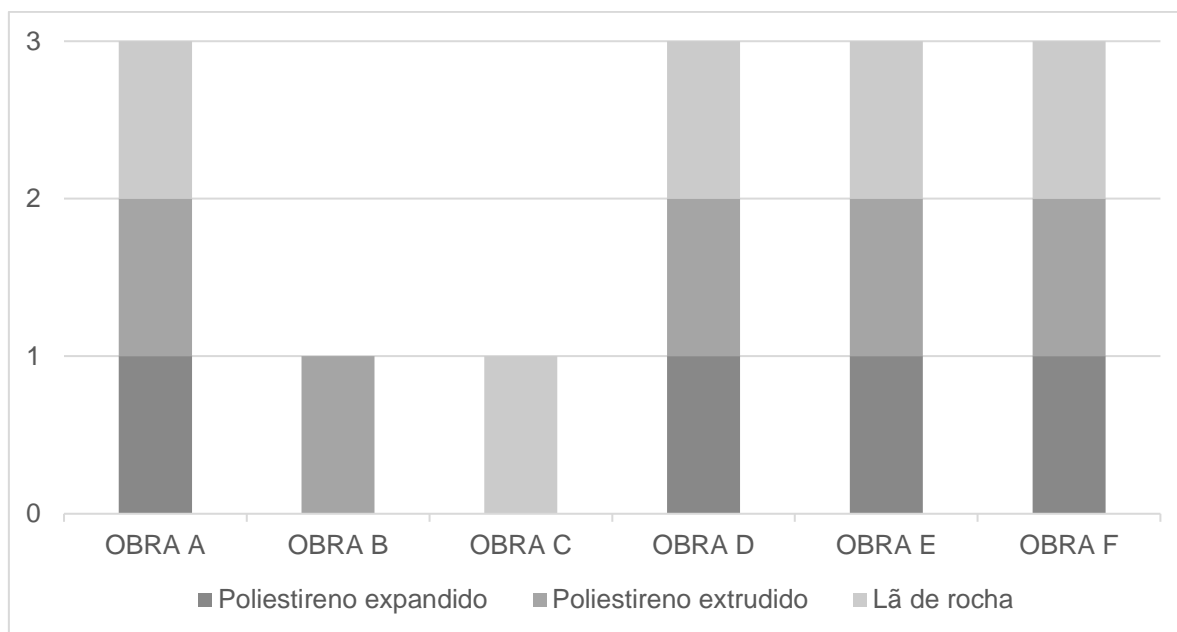


Figura 24 - Materiais de isolamento utilizados em obras portuguesas

#### 4.2.2 Gerenciamento de RC adotado

Para todas as obras portuguesas foi criado um plano de gerenciamento de resíduos, e, em 83% dos casos, a influência ao nível das exigências de gerência do mesmo sobre geração e destinação de resíduos no estaleiro é de média intensidade, sendo que apenas uma resposta apresenta, conforme a percepção daqueles que responderam à pesquisa, a interferência do PPGR em relação à geração e destinação dos resíduos como baixa e, em nenhum caso, a mesma foi considerada alta, como apresentado na figura 25.

Apesar de todas as obras portuguesas apresentarem a elaboração do PPGR, conforme em uma delas alegou-se a não utilização de medidas de gerenciamento de resíduos para atenuar a geração dos mesmos, sendo esta a mesma obra em que a influência do PPGR foi classificada como baixa

Nos outros casos, conforme anexo J, foi identificada majoritariamente a aplicação de medidas como a compatibilização de projetos, sensibilização dos trabalhadores, planejamento do estaleiro de obras e preparação prévia da obra, todas sendo utilizadas em 83% dos canteiros, como apresentado na figura 26.

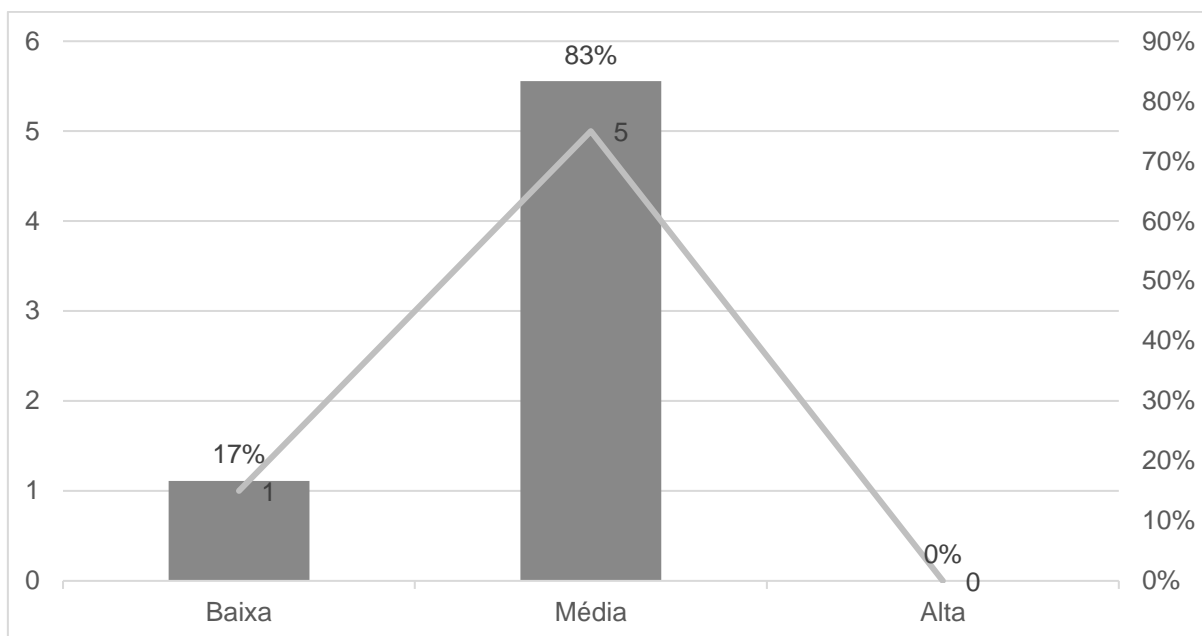


Figura 25 - Influência do plano de gerenciamento de resíduos em obras portuguesas

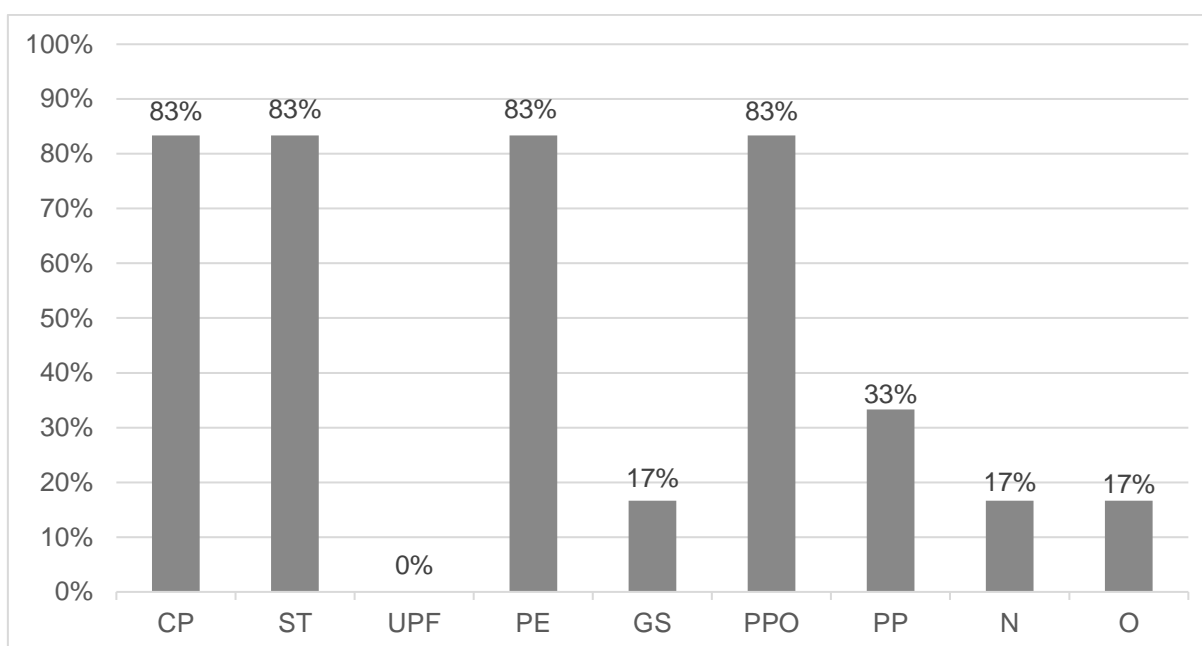


Figura 26 - Aplicação de medidas de gerenciamento de resíduos em obras portuguesas  
 CP - Compatibilização de projetos; ST - Sensibilização dos trabalhadores; UPF - Utilização de elementos pré-fabricados; PE - Planejamento do estaleiro de obra; GS - Gestão de stocks de materiais adquiridos; PPO - Preparação prévia da obra; PP – Procedimentos incorporados ao projeto; N – Nenhuma; O – Outros.

Estas medidas não são direcionadas exclusivamente para a redução da geração de resíduos, mas também influenciam na fluência da execução da obra e na diminuição de retrabalho sendo possivelmente essa a razão da sua ampla utilização.

Além disso, não foram identificadas medidas inovadoras ou diferenciadas, sendo que são realizadas apenas ações comuns e que não representam uma

aplicação mais aperfeiçoada e estudada em relação ao controle e geração de RC nos canteiros de obra. Nota-se ainda em Portugal a não utilização de elementos pré-fabricados, ou de sistemas construtivos que minimizem a geração de resíduos de concreto, madeira e materiais cerâmicos.

#### **4.2.3 Quantidade de resíduos de construção gerados**

Através do somatório dos valores de geração total de resíduos das 6 construções portuguesas ponderados conforme o somatório da área total construída nas 6 edificações, calcula-se a média aritmética para geração de RC nas obras portuguesas de 0,00484 toneladas a cada  $m^2$  com desvio padrão de 0,00582ton/ $m^2$  construído, sendo então originados 4,84 kg de RC a cada metro quadrado construído, com desvio padrão de 5,82kg/ $m^2$  em edificações de habitação, conforme anexo K.

Na figura 27, constata-se uma discrepância nos dados da Obra C, de maneira que a geração de resíduos da mesma representa mais de 50% da somatória de resíduos produzidas nos seis canteiros de obra portugueses. Sendo assim, é válido observar que esses dados fazem com que a geração total de resíduos por metro quadrado seja elevada, sendo que desconsiderando a Obra C, a média seria de 2,26 kg/ $m^2$ , com desvio padrão de 0,78kg/ $m^2$ , sendo esse valor de desvio padrão mais aceitável, de maneira que os dados das 5 obras restantes são mais similares entre si.

De qualquer forma, os valores para a geração de RC em canteiros de obra portuguesas encontram-se abaixo das quantidades apresentadas por estudos previamente realizados que variam entre 48kg/ $m^2$  e 190,3kg/ $m^2$ . E podem ser comparados valores previamente realizados em Portugal por Symonds (1999) de 211kg/ $m^2$  e Brito e Coelho (2008) de 122kg/ $m^2$  (Pinto, 1999; Souza *et al.*, 2004; Careli, 2008; Jaillon, Poon; Chiang, 2009; Angulo *et al.*, 2011; Brito; Coelho, 2011; Mália *et al.*, 2013).

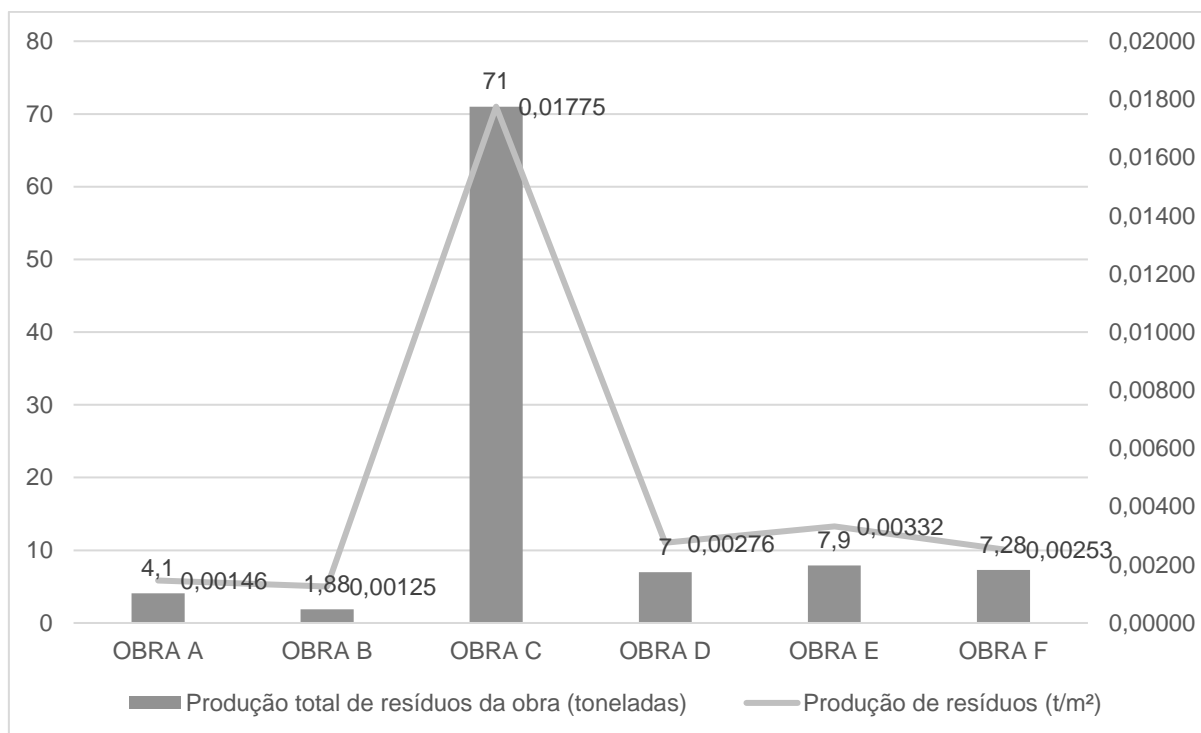


Figura 27 - Geração de resíduos em obras portuguesas

Evento esse que pode ser explicado pela alta taxa de reutilização de resíduos em obra e da eficácia do gerenciamento de resíduos. Entretanto, a dificuldade de coleta de dados junto às construtoras portuguesas pode indicar que há falta de controle em relação a geração de resíduos em canteiros de obra e que os dados obtidos não representam a situação real do quantitativo de RC gerado no país. Além disso, é possível cogitar a possibilidade de que, em alguns casos, os dados reais não tenham sido fornecidos, por receio de que os mesmos pudessem ser publicados e conectados à empresa, fato que pode indicar desconformidade quanto ao correto gerenciamento de resíduos nos canteiros de obra.

Deve ser levantada também a dificuldade de acesso aos aterros licenciados para deposição de RC encontrada pelas empresas de Bragança, considerando que os mesmos se localizam em média a 130 km da cidade de Bragança. Sendo assim, os custos associados à correta destinação dos resíduos gerados nos canteiros de obra se torna alto. Uma das evidências, é a possibilidade de um privado poder proceder à entrega de RC no Ecocentro em volume até 1m³/dia, o que ajuda na gestão e pode também contribuir para a possível deturpação de dados fornecidos.

Nas obras portuguesas, não foi observada geração de resíduos classificados como solos, pois esses, conforme legislação, podem ser encaminhados para aterros

temporários e depois reutilizados para outros fins, não sendo considerados assim como resíduos de construção, tal como descrito no Decreto-Lei 46/2008.

Através do somatório da geração de cada tipologia de resíduo em cada canteiro de obra obtém-se um total de 99,18 toneladas de resíduos produzidos, conforme anexo L. A partir disso determina-se que a tipologia de resíduos mais produzida é mistura de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (Código LER 17 01 07 - 52% do total produzido), seguida por 24% de resíduos de concreto, de acordo com figura 28.

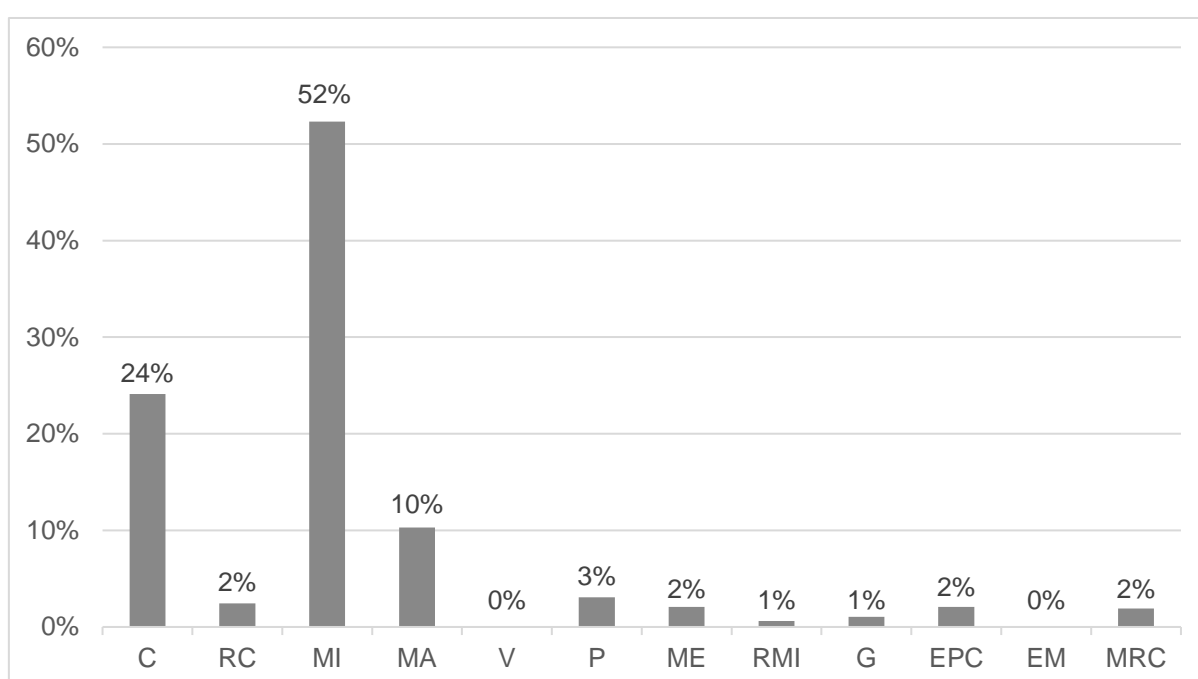


Figura 28 - Geração de resíduos por tipologia em obras portuguesas

C – Concreto (17 01 01); RC – Resíduos cerâmicos (17 01 02 e 17 01 03); MI – Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (17 01 07); MA – Madeira (17 02 01); V – Vidro (17 02 02); P – Plástico (17 02 03); ME – Metais (17 04); RMI – Resíduos de materiais de isolamento (17 06 04); G – Gesso e gesso cartonado (17 08); EPC – Embalagens de papel/cartão (15 01 01); EM – Embalagens de metal (15 01 04); MRC – Mistura de resíduos contaminados (17 09 04).

Este resultado está de acordo com outros estudos realizados, que identificam em novas construções cuja tecnologia construtiva de elementos estruturais é o concreto, a maior percentagem dos resíduos produzidos é representada pelo concreto e por materiais utilizados para realizar a vedação da edificação, como materiais cerâmicos (Lu et al., 2011; Mália; Brito; Pinheiro, 2013; Merino; Sáez; Porras-Amores, 2015).

Em seguida, com o terceiro maior percentual de geração de resíduos (10%), encontra-se resíduos de madeira, que resultam da utilização de formas estruturais

em novas construções, resultado esse que também condiz com estudos previamente realizados, existindo a possibilidade de redução dessa geração através de utilização de formas metálicas ou plásticas (Osmani; Price; Glass, 2006; Mália *et al.*, 2013).

Além disso, em Portugal, 4 entre as 6 obras apresentaram geração de resíduos da tipologia sacos de cimento, sendo que 4 dessas forneceram valores em unidades de sacos, totalizando 1650 sacos e uma delas forneceu valores em peso, no total de 0,5 toneladas.

Tratando de geração de resíduos perigosos, apenas uma das respostas foi positiva, acusando a geração de produtos de construção com amianto, geralmente presente em telhas, revestimentos para coberturas e isolamentos. Entretanto, esse produto é de utilização proibida em Portugal desde 2005, quando o Decreto-Lei nº 101, de 23 de junho desautorizou a utilização e comercialização deste material e de produtos compostos pelo mesmo (Decreto-Lei nº 101, de 23 de junho, 2005). Além disso, o Decreto-Lei 266/2007, de 24 de julho torna obrigatória a notificação às autoridades das atividades que envolvam exposição a materiais com amianto (Decreto-Lei 266/2007, de 24 de julho, 2007). Esse material pode ter sido gerado por uma possível desconstrução no canteiro de obra, mas não há certeza de como foram gerados esses resíduos por falta de informações no questionário e dificuldades de contato com a empresa.

#### **4.2.4 Destinação de resíduos de construção**

Através das respostas ao questionário, constata-se que todas as obras implantaram como parte da sua gerência de resíduos a triagem dos mesmos no estaleiro, das quais 33% adotaram separação conforme o tipo de material e as demais realizaram a classificação conforme a imposição da legislação de resíduos portuguesa.

Após triagem, a destinação dos RC gerados nos canteiros de obra deu-se predominantemente através da reutilização dos resíduos nas próprias obras e da separação de resíduos no âmbito do controle de resíduos seletivos, com aplicação em 83% das obras, conforme figura 29, baseada no anexo M. Há bastante



significância na utilização de aterros licenciados para disposição dos resíduos gerados.

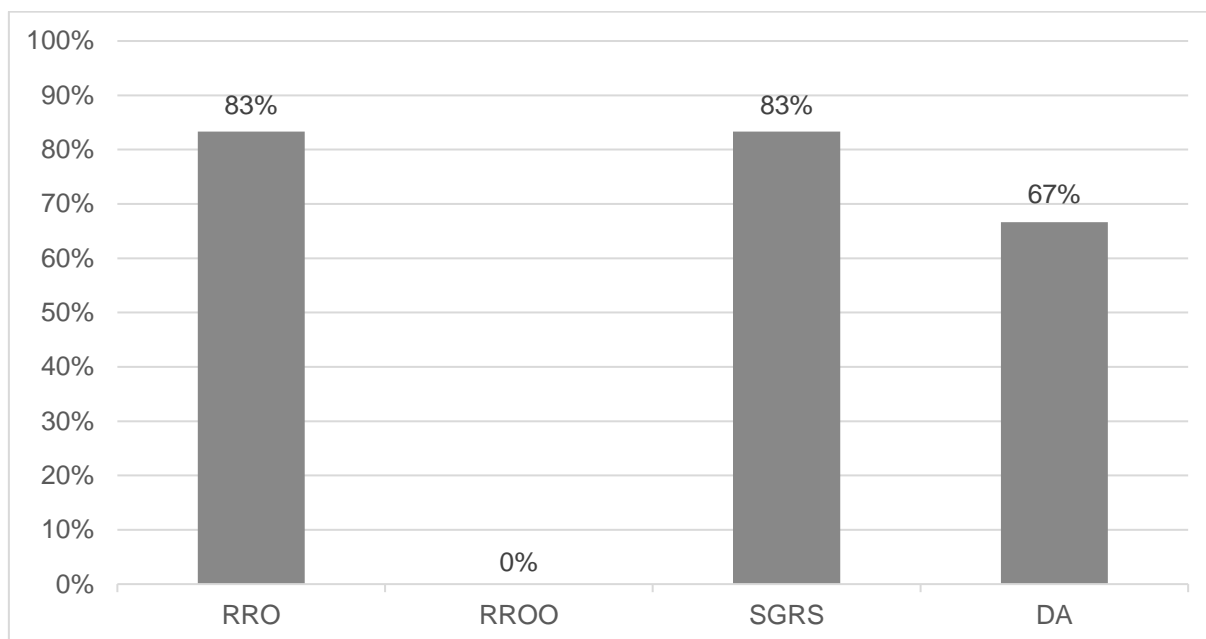


Figura 29 - Práticas de destinação de RC utilizadas em obras portuguesas  
 RRO – Reutilização de resíduos em obra; RROO – Reutilização de resíduos em outras obras; SGRS – Separação de resíduos conforme gestão seletiva; DA – Depósito em aterros licenciados.

A prática da utilização de RC na própria obra é muito importante para a diminuição da quantidade de material que acaba por ser enviada a aterros e passa a não ser reutilizada. Essa é facilitada pela triagem dos resíduos na própria obra, que facilita a percepção das tipologias de material que estão sendo geradas e como podem ser reutilizadas. Por fim, percebe-se que quando não ocorre a reutilização, a destinação se dá em aterros licenciados, que seguem as diretrizes adequadas para tratamento dos RC.

#### 4.2.5 Custos relacionados ao gerenciamento de resíduos

Quanto ao valor total despendido com controle e destinação de resíduos de construção, 83% das empresas portuguesas manifestaram representatividade de 1% ou menos em relação ao investimento total para realização da construção, de acordo com a tabela 2.

Através da análise das respostas, pode-se perceber que a obra que identificou como fraca a influência do PPGR e alegou não adotar medidas para

reduzir a geração de RC é a que tem maior representatividade de custo nessa área em relação ao custo total da obra. Sendo assim, fica clara a relevância do gerenciamento de resíduos e da adoção de práticas que minimizem a geração dos mesmos nos canteiros de obra e redução dos respectivos custos.

Tabela 2 - Representatividade do custo total da obra relacionado ao gerenciamento de RC

Custos	Respostas	Percentual de respostas
Até 1%	5	83%
1 a 2%	0	0%
2 a 3%	0	0%
3 a 4%	1	17%
4 a 5%	0	0%
Acima de 5%	0	0%

Ainda, comparando as obras que alegaram custos de até 1%, duas obtiveram benefício monetário através do encaminhamento de resíduos, considerado também em quantidade de até 1% do valor total investido na construção, conforme tabela 3.

Tabela 3 - Representatividade do benefício monetário referente ao encaminhamento de RC

Retorno monetário	Respostas	Percentual de respostas
Até 1%	2	18%
1 a 2%	0	0%
2 a 3%	0	0%
3 a 4%	0	0%
4 a 5%	0	0%
Acima de 5%	0	0%

Desta forma, por mais que estudos indiquem a existência de um custo inicial para implantação de técnicas de gerenciamento e redução da geração de resíduos, a obtenção de retorno monetário pelas obras portuguesas corrobora a teoria de que pode existir retorno econômico ligado ao gerenciamento de RC (Sinduscon, 2005; Yuan; Shen; Li, 2011).

#### 4.2.6 Análise conclusiva da situação em Portugal

Através da dificuldade encontrada na coleta de dados junto às construtoras portuguesas, percebe-se a fragilidade no âmbito do gerenciamento de resíduos em

empresas da área da construção no país. Dentre os seis resultados coletados, 5 deles foram obtidos após reforçar-se a necessidade de colaboração de empresas de Bragança.

Além disso, os resultados de geração de resíduos obtidos, por serem tão baixos comparados a outros estudos, não se mostram, muito provavelmente, representativos da real situação de geração de RC no país. Mas sim, tendem a indicar uma desconformidade em relação ao gerenciamento de RC.

Esse fato pode ser justificado porque, na região de Bragança, não existem opções de baixo custo de destinação, pelo fato dessas estarem localizadas a grandes distâncias, assim como para as opções de reciclagem dos mesmos. Essa situação influencia na alta taxa de adoção da reutilização de resíduos em obra por parte das empresas, de maneira que, os resíduos que não possuem viabilidade de reutilização em obra, representam elevados custos de transporte. Além disso, frequentemente são encontrados pelas autoridades RC e RD eliminados de forma clandestina, como em terrenos agrícolas, florestas, entre outros locais.

Pode ser essa a causa da diferença da influência alta do PPGR em obras em Bragança e baixa na obra localizada em Lisboa, onde há maior facilidade, mais opções e menores custos de encaminhamento de resíduos, o que pode levar a menos cuidados em relação à produção dos mesmos, levando a mais desperdício e consequente maior quantidade de resíduo.

### **4.3 Análise da geração de RC em obras brasileiras**

#### **4.3.1 Análise do projeto e dos métodos construtivos utilizados**

Sendo consideradas todas as 18 obras brasileiras, o principal material construtivo que compõe elementos estruturais é o concreto, como presente no quadro 10, tendo sido utilizado na forma armada em 50% dos projetos de pilares e vigas e 67% para lajes, como apresentado na figura 30. O mesmo também é aplicado pré-moldado, mas com baixa frequência. Além disso, existe utilização de

estruturas mistas e de alvenaria estrutural para execução de pilares e vigas, com utilização de média regularidade.

Quadro 10 - Principais sistemas estruturais em obras brasileiras

Obras brasileiras	Principais métodos construtivos para pilares e vigas	Principais métodos construtivos para lajes
OBRA BA	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BB	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BC	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BD	Concreto armado Aço	Lajes de concreto armado Lajes alveolares
OBRA BE	Concreto pré-moldado	Concreto pré-moldado
OBRA BF	Concreto armado Aço	Lajes de concreto armado Bloco celular leve
OBRA BG	Concreto armado Aço	Lajes de concreto armado Lajes alveolares
OBRA BH	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BI	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BJ	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado
OBRA BK	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado
OBRA BL	Concreto armado Aço Madeira	Lajes de concreto armado
OBRA BM	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BN	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado
OBRA BO	Concreto armado	Lajes de concreto armado Estrutura de madeira
OBRA BP	Concreto armado	Lajes de concreto armado
OBRA BQ	Concreto armado	Lajes de concreto armado Lajes alveolares
OBRA BR	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado

Quanto aos acabamentos empregados nota-se uma grande aplicação de pintura, gesso, tendo esses sendo aplicados em 18 e 17 obras, respectivamente, conforme figura 31. Tratando-se das esquadrias, há uma maioria na instalação de esquadrias de metal e alumínio, sendo que apenas 22% dos projetos contemplavam esquadrias de madeira e há ainda menor uso de esquadrias em PVC, apenas 11%, conforme figura 32.

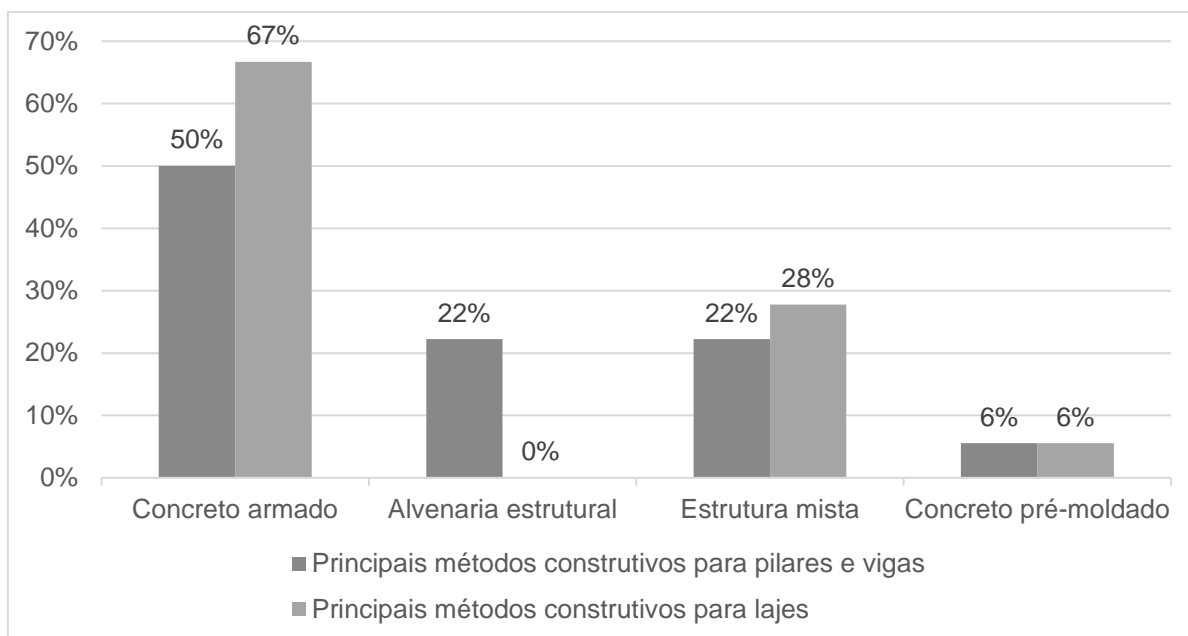


Figura 30 - Principais sistemas construtivos em obras brasileiras

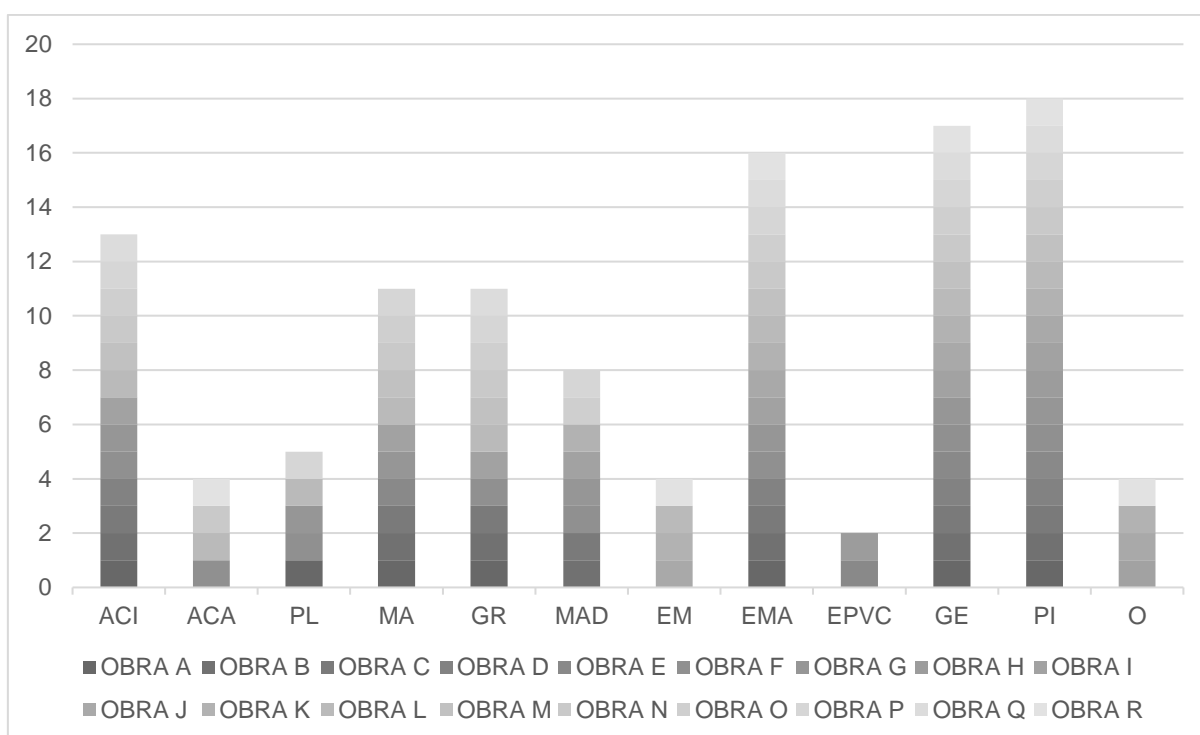


Figura 31 - Principais acabamentos utilizados em obras brasileiras.

ACI – Argamassa cimentícia; ACA - Argamassa de cal; PL - Piso laminado; MA – Mármore; GR – Granito; MAD – Madeira; EM - Esquadrias de madeira; EMA - Esquadrias metálicas ou de alumínio; EPVC - Esquadria de PVC; GE – Gesso; PI – Pintura; O – Outros.

Na opção ‘Outros’ houve a presença da utilização de revestimentos cerâmicos, que são utilizados em áreas molhadas de residências no Brasil, por determinação da NBR 15.575, que exige sistemas estanques de piso para áreas molhadas, como banheiros, cozinhas e lavanderias (Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil, 2015).

Observando-se as respostas em relação aos materiais de isolamento térmico e acústico, constata-se que a utilização deste tipo de recurso não possui grande representatividade no Brasil (11%), de maneira que esses foram aplicados apenas em duas obras entre as 18 investigadas, conforme figura 33.

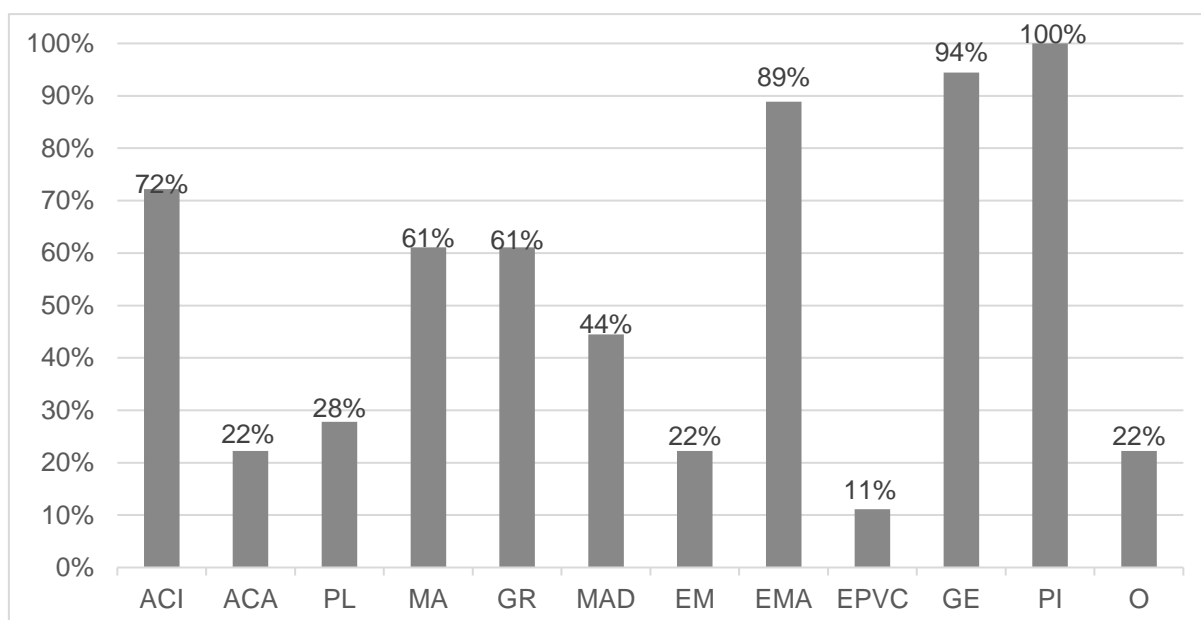


Figura 32 - Utilização das tipologias de acabamento em obras brasileiras  
 ACI – Argamassa cimentícia; ACA - Argamassa de cal; PL - Piso laminado; MA – Mármore; GR – Granito; MAD – Madeira; EM - Esquadrias de madeira; EMA - Esquadrias metálicas ou de alumínio; EPVC - Esquadria de PVC; GE – Gesso; PI – Pintura; O – Outros.

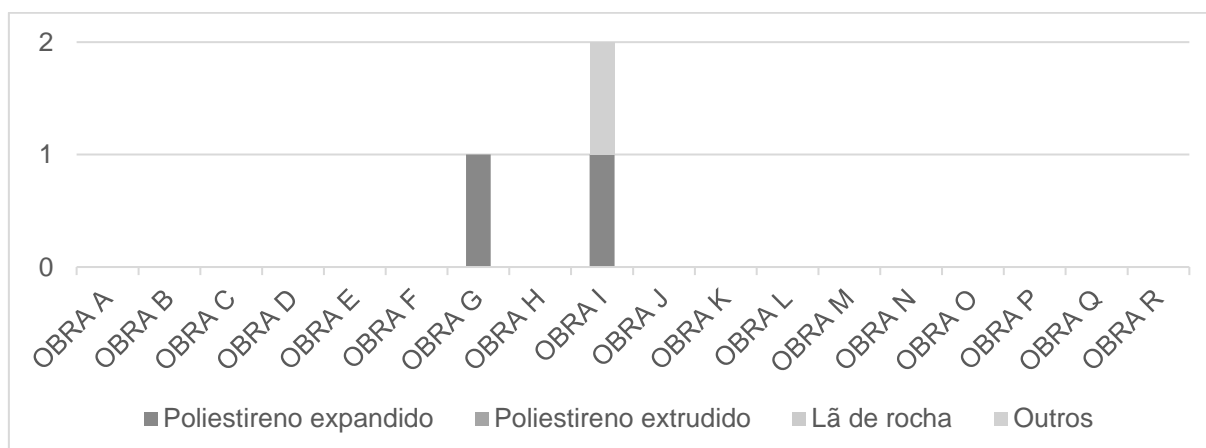


Figura 33 - Materiais de isolamento utilizados em obras brasileiras

Isso dá-se pelo fato de que, a norma brasileira (NBR 15.575-4), determinar os requisitos mínimos para comportamento térmico e acústico de edificações propõe valores mínimos de transmitância térmica (U) de paredes externas entre de 2,5 a 3,7 W/m<sup>2</sup>.K, conforme a região em que se localiza a construção e esses valores podem ser atingidos sem a utilização de isolantes térmicos em paredes (ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013; Souza; Oliveira, 2013).

De maneira que esses são facilmente cumpridos através da execução de vedações verticais sem o emprego de materiais de isolamento térmico, grande parte das edificações brasileiras não utilizam esses materiais e fica a critério do responsável pelo empreendimento a instalação dos mesmos ou não. Geralmente, são instalados isolantes térmicos e acústicos somente em construções de alto padrão.

#### 4.3.2 Gerenciamento de RC adotado

Analisando as 18 respostas aos inquéritos aplicados no Brasil, apenas a Obra F, não possui PGRCC. Isso se dá pelo fato da mesma estar localizada em Curitiba-Paraná e possuir área de construção de 450m<sup>2</sup>, sendo esta inferior à área mínima de 600m<sup>2</sup> que envolve a obrigatoriedade da elaboração do PGRCC, conforme o Decreto 1068/2004. (Prefeitura Municipal de Curitiba, 2004).

Entretanto, as demais possuem plano de gerenciamento de resíduos e evidenciam com superioridade influência média, em 41% dos casos, seguida, em importância, pelas classificações baixa e alta, de acordo com a figura 34.

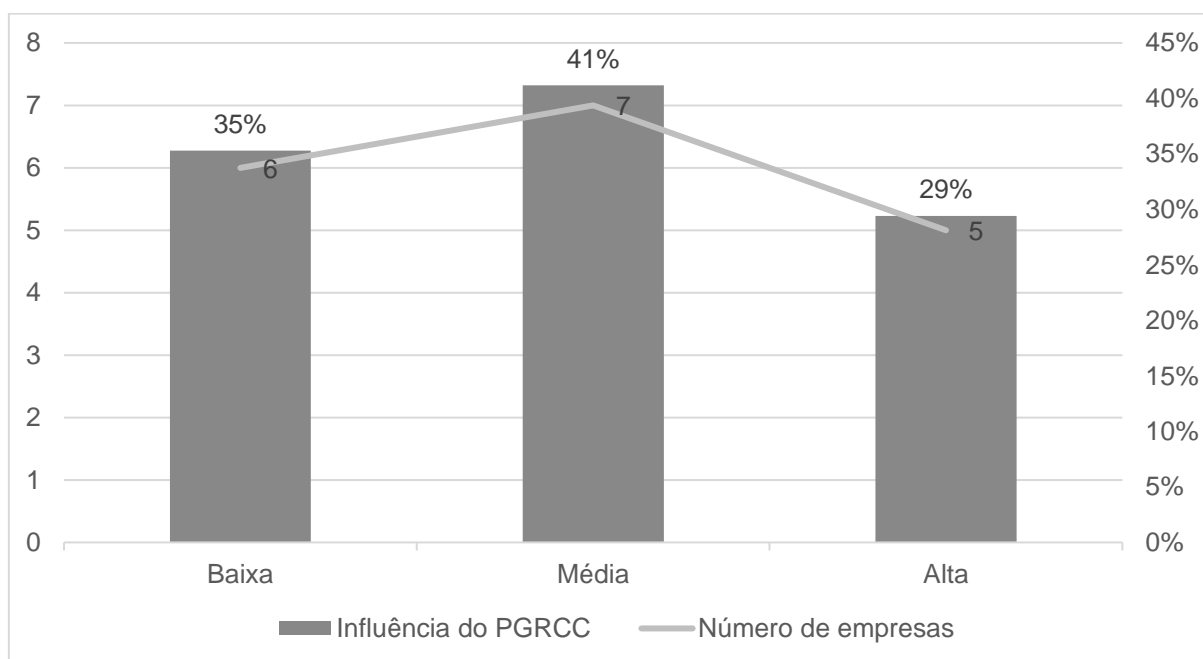


Figura 34 - Influência do plano de gerenciamento de resíduos em obras brasileiras

Nota-se a influência do PGRCC em obras brasileiras quando se observa que todas as 18 pesquisadas adotaram medidas de gestão gerenciamento de resíduos

de construção. Em predominância, conforme pode-se observar no anexo N, adotou-se a gestão de estoques, que pode ter sido escolhida pelo fato de influenciar também na questão organizacional do canteiro de obras e do organograma de construção. Neste mesmo âmbito, se encaixa o planejamento do canteiro de obra, medida adotada por 61% das empresas, conforme figura 35.

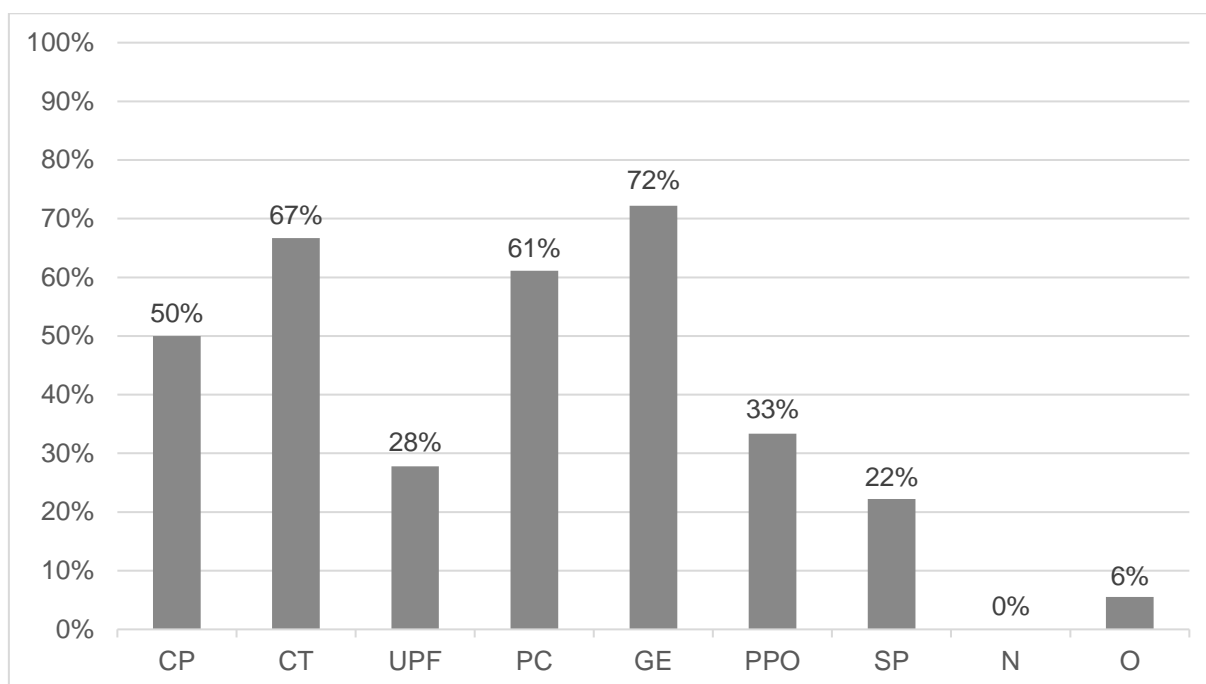


Figura 35 - Aplicação de medidas de gerenciamento de resíduos em obras portuguesas  
 CP - Compatibilização de projetos; CT – Conscientização dos trabalhadores; UPF - Utilização de elementos pré-fabricados; PC - Planejamento do canteiro de obras; GE - Gestão e organização de estoques; PPO - Preparação prévia da obra; SP – Soluções de projeto; N – Nenhuma; O – Outros.

Pode-se perceber também que existe entre as construtoras uma grande preocupação quanto à conscientização de seus trabalhadores em relação à geração de RC, sendo esta uma medida de fácil aplicação, sem custos significativos e que pode trazer bons resultados.

Entretanto, há espaço para que as empresas empreguem com maior frequência ações inovadoras em relação ao gerenciamento de resíduos, como a pré-fabricação de elementos estruturais ou a *Lean Construction* que, por serem preventivas à geração de resíduos e abordarem a questão antecipadamente, podem contribuir para a redução da geração de RC nos canteiros de obra. Ainda em fase de projeto, pode ser adotada a análise do ciclo de vida da edificação e dos produtos incorporados à mesma, para que se obtenha como resultado final um empreendimento favorável aos princípios da sustentabilidade e da economia circular.



### 4.3.3 Quantidade de resíduos de construção gerados

Serão excluídas da análise da quantidade total e por tipologia de RC gerada a obra BD, por não fornecimento de dados de geração de resíduos e a Obra BE, por ter finalidade comercial e não residencial, como nos demais casos e por apresentar valores não coesos, impossibilitando a correta análise dos mesmos. As obras DJ e BK serão excluídas da análise da geração de RC por tipologia, pelo não fornecimento de dados. Sendo assim, para a análise de geração de RC, são consideradas apenas 16 respostas para a geração total de RC, conforme anexo O e 14 respostas para a geração de RC por tipologia, conforme anexo P.

Quanto à quantidade de resíduos de construção gerados em canteiros de obra brasileiros deve-se destacar que, em 87,5% dos casos, houve geração de solos escavados, que foram contabilizados como resíduos, de acordo com tabela 4.

Tabela 4 - Geração de total de resíduos, geração de solos escavados e geração de resíduos excluindo solos em obras brasileiras

OBRAS BRASILEIRAS	Produção total de resíduos da obra (m³)	Produção de solo escavado (m³)	Produção de resíduos excluindo solos (m³)
OBRA A	40399	38171	2228
OBRA B	14368	11979	2389
OBRA C	410	175	235
OBRA F	110	1	109
OBRA G	2100	400	1700
OBRA H	4,5	0,3	4,2
OBRA I	8200	7200	1000
OBRA J	1300	0	1300
OBRA K	670	0	670
OBRA L	14345,75	6802	7543,75
OBRA M	1698	926	772
OBRA N	2820	266	2554
OBRA O	271	45	226
OBRA P	342	18	324
OBRA Q	306	95	211
OBRA R	1613	144	1469

Considerando que esses valores influenciam na geração total de resíduos e que em Portugal os solos não são considerados como RC, eles serão excluídos do cálculo de geração de resíduos por metro quadrado, para que na sequência seja facilitada a comparação entre os resultados dos dois países.

Na figura 36 são apresentadas a geração de resíduos excluindo solos em obras brasileiras, bem como a geração de resíduos por metro quadrado construído. Na figura 37, nota-se que há uma tendência de retirar-se mais solo em construções com maior número de subsolos, sendo que 67% das obras com dois ou mais subsolos apresentaram maiores valores para retirada de solo do terreno.

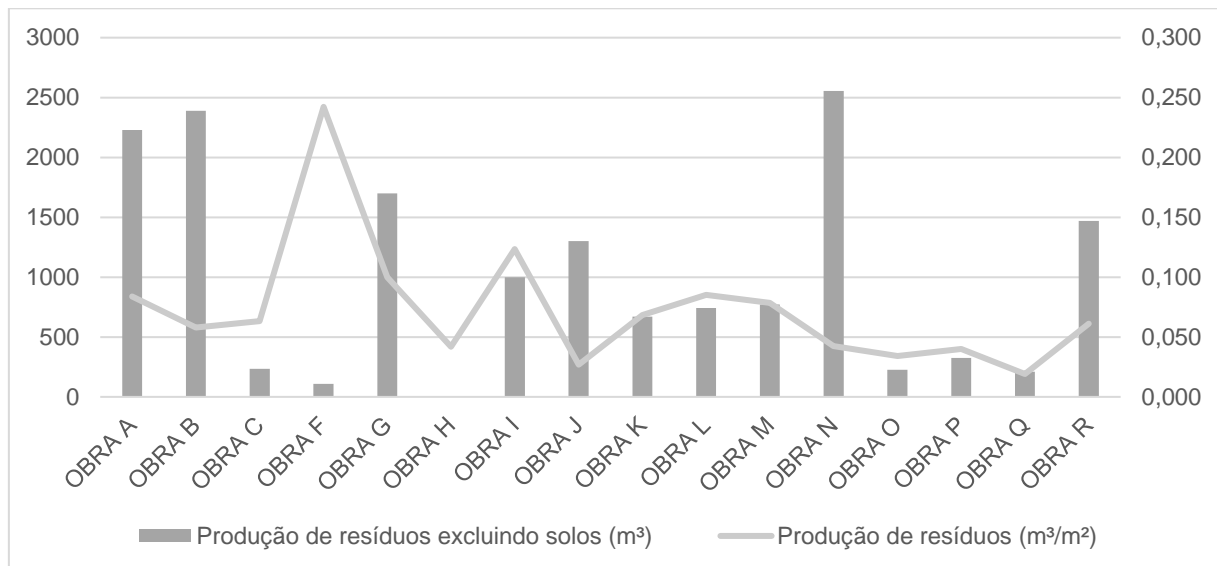


Figura 36 - Geração de RC exceto solos escavados em obras brasileiras

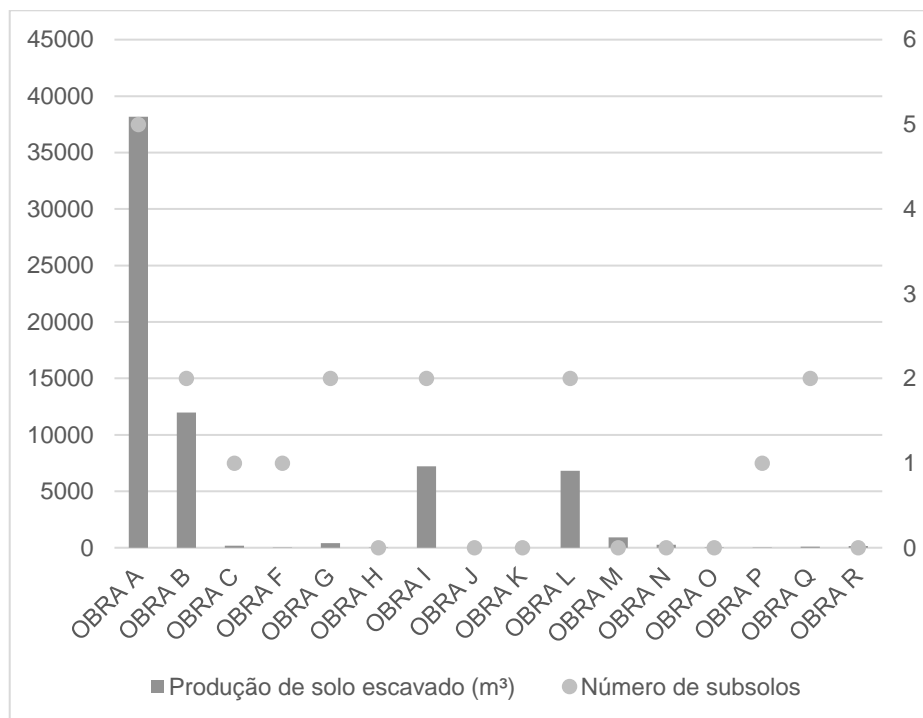


Figura 37 - Geração de solos escavados em obras brasileiras versus número de subsolos edificadas

Para o cálculo do valor de geração de resíduos por metro de área construída, considerou-se a soma da geração total de resíduos nas 14 obras,

racionada pelo somatório da área total construída nessas obras. A partir disso, calcula-se a média aritmética para geração de RC nas obras brasileiras de 0,34648 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> com desvio padrão de 0,52348m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> sem a exclusão dos resíduos de solo e de 0,12177 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> com desvio padrão de 0,19871kg/m<sup>2</sup> desconsiderando os valores de geração de solos, conforme tabela 5, baseada no anexo O. Para a média de geração de RC excluindo solos, tem-se um valor de acordo com os encontrados na literatura, de 0,12m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> e 0,13m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> (Braz et al., 2011; Reixach et al., 2000).

Tabela 5 - Geração média de resíduos em obras brasileiras

Média de geração de RC em obras brasileiras (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	
Excluindo solos	0,12177
Incluindo solos	0,34648

Considerando a geração de resíduos excluindo solos escavados (0,12177 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) e que a densidade aparente de RC misturados é de 830,6 kg/m<sup>3</sup> (Mália *et al.*, 2013), tem-se que a geração de resíduos em canteiros de obra brasileiros é, em média, de 101,14 kg/m<sup>2</sup> com desvio padrão de 165,05, valor que condiz com quantidades apresentadas por estudos previamente realizados que variam entre 48kg/m<sup>2</sup> e 190,3kg/m<sup>2</sup>. Entretanto, os valores de desvio padrão observados representam a variabilidade dos dados obtidos, pelo fato de que os serviços de construção são influenciados por inúmeros fatores, como por exemplo a eficiência das equipes de trabalho, a qualidade dos materiais e dos projetos.

Como, dentre as tecnologias construtivas utilizadas para elementos estruturais existe a utilização de aço e alvenaria estrutural, obtém-se um valor menos significativo para a tipologia de resíduos de concreto, conforme figura 38, baseada no anexo P.

Além disso, a geração de resíduos cerâmicos e de concreto misturados é a mais significativa (54%), característica já estudada em obras predominantemente de concreto armado cuja vedação é realizada com alvenaria de fechamento. Estes estudos mostram também a importância da geração de resíduos de madeira, que é utilizada para montagem de formas dos elementos estruturais (Angulo, 2000; Mália; Brito; Pinheiro, 2013; Osmani; Price; Glass, 2006; Poon; Yu; Jaillon, 2004).

Deve-se considerar também, que dentre as obras brasileiras, três delas não estavam construídas, estando todas executadas entre 50 e 75%. A partir disso, tem-

se que a geração de resíduos em obras brasileiras deve ser maior do que o obtido até ao momento de aplicação do inquérito. Entretanto, devido às fases construtivas em que se encontram as edificações, não deve haver grande geração de resíduos de concreto e madeira, para duas delas, o aumento na geração de resíduos cerâmicos deve ser de baixa influência na geração total de RC.

Em relação à geração de resíduos perigosos, em 64,3% dos casos alegou-se a existência da geração dos mesmos, enquanto que apenas 28,6% das obras não produziram esse tipo de RC e 7,1% não responderam a este item. Dentre as respostas, 7 obras identificaram quais os resíduos perigosos produzidos sendo que a grande maioria identificou os mesmos como sendo tintas e/ou solventes, conforme tabela 6.

Dentre os 69,2 m<sup>3</sup> produzidos pelas 14 obras brasileiras, 18m<sup>3</sup> são referentes à tintas e solventes e 35m<sup>3</sup> relativos à materiais contaminados com tintas e solventes. Analisando o método como foi respondido o questionário, pode-se concluir que a interpretação dada a esse tópico foi da geração de resíduos de embalagens de tintas e solventes, sendo assim, o valor de 18m<sup>3</sup> é aceitável.

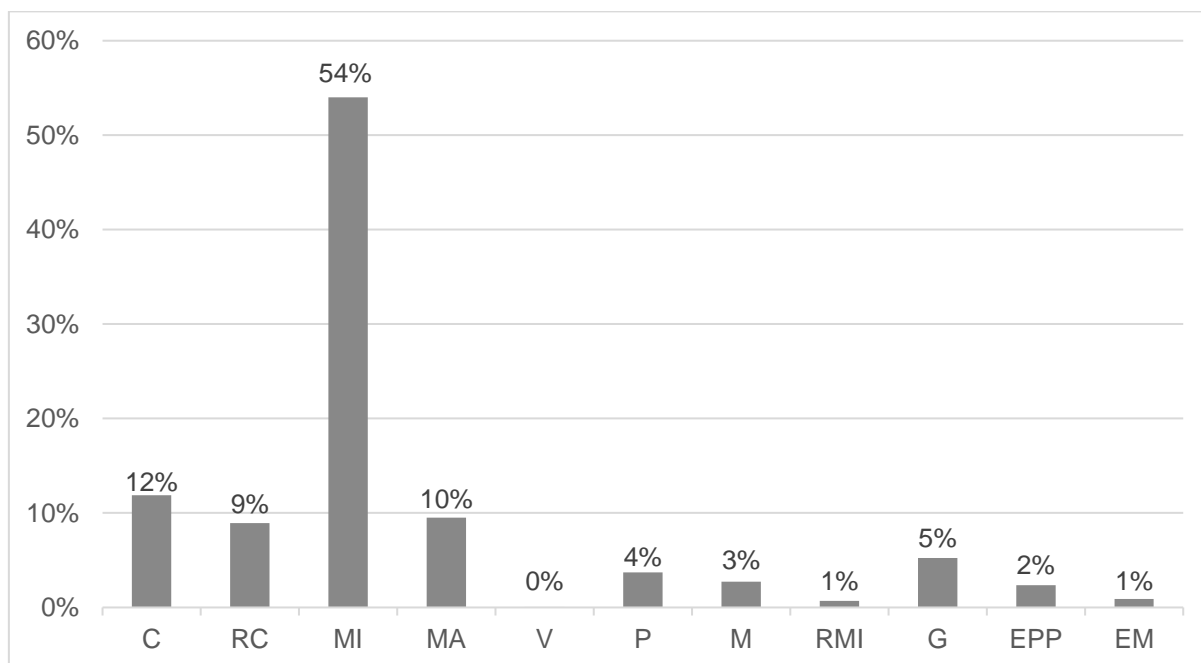


Figura 38 - Geração de resíduos por tipologia em obras brasileiras  
 C – Concreto; RC – Resíduos cerâmicos; MI – Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos; MA – Madeira; V – Vidro; P – Plástico; ME – Metais; RMI – Resíduos de materiais de isolamento; G – Gesso e gesso cartonado; EPP – Embalagens de papel/papelão; EM – Embalagens de metal.

Além disso, resíduos de sacos de cimento gerados em obras brasileiras foram identificados apenas em 5 das 14 obras, e os valores fornecidos em número de sacos, totalizando 197.

Foi identificada ainda a geração de outros tipos de resíduos em 3 obras, sendo esses resíduos de classe II A – Não (resíduos de madeira, sucata de materiais ferrosos, resíduo de papel e papelão, entre outros), totalizando de 235m<sup>3</sup> e resíduos sólidos com volume de 10m<sup>3</sup>. No terceiro caso, os resíduos em questão são plásticos, papelão e sacos de embalagem, que foram considerados pela construtora como resíduos reciclados, totalizando 84m<sup>3</sup>. Sendo assim, contabiliza-se uma geração de 329 m<sup>3</sup> de resíduos classificados como “Outros”.

Tabela 6 - Geração de resíduos perigosos em obras brasileiras  
EPIs – Equipamentos de proteção individual

Obras que produziram resíduos perigosos	Obras que identificaram os resíduos perigosos	Outras obras	Tintas e solventes	Materiais contaminados	EPIs	Geração total (m <sup>3</sup> )
10	7	3	6	3	1	69,20

#### 4.3.4 Destinação de resíduos de construção

Dentre as 18 construções brasileiras, todas alegaram realizar separação de resíduos dos canteiros de obra, sendo que 50% realizou segregação conforme o tipo de material, 44% utilizou como base a classificação imposta pela Resolução Conama nº 307/2002 e 5% não responderam.

Posterior à triagem, é realizada a destinação dos resíduos, que no Brasil, dá-se principalmente através do depósito em aterros licenciados e da coleta seletiva de materiais, sendo essas realizadas respectivamente em 83% e 61% das obras, como apresentado na figura 39, baseada no anexo Q. Nas obras brasileiras houve uma grande utilização do encaminhamento de resíduos à olarias. Essas empresas recebem resíduos de madeira, que são utilizados como combustível para produção energética em fornos de fabricação de cerâmica. Essa destinação é facilitada pela

grande quantidade deste tipo de empresa na região metropolitana de Curitiba, onde a grande maioria das obras está localizada.

Percebe-se que no Brasil, podem ser desenvolvidas as práticas de utilização de resíduos na própria obra ou em outras obras, para que haja menor necessidade de coleta e encaminhamento dos mesmos a aterros, dando enfoque ao conceito de reutilização e diminuindo a necessidade de realizar sua destinação final.

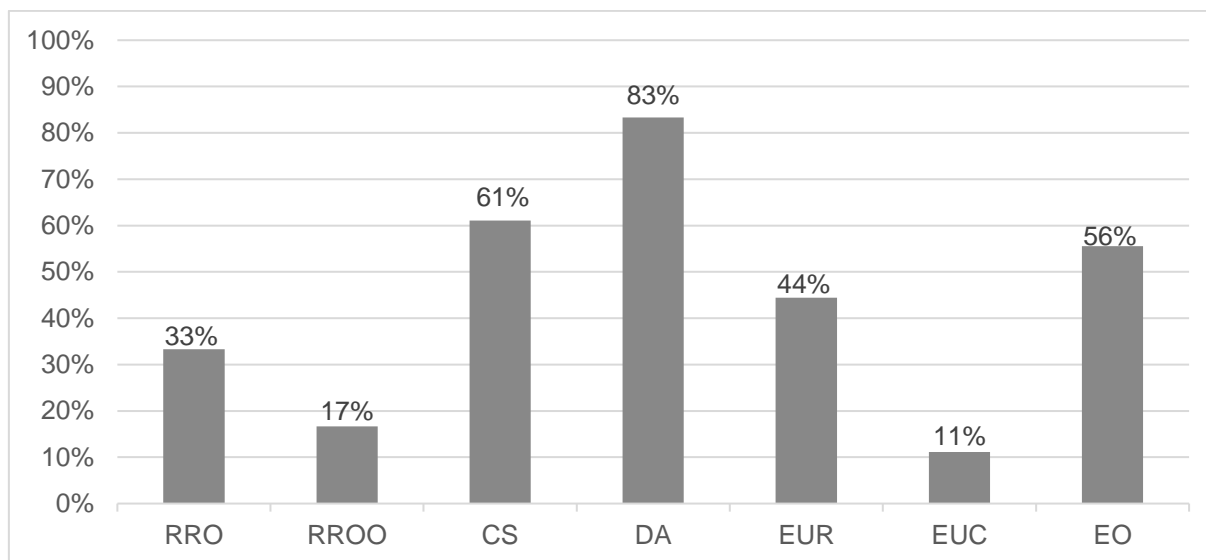


Figura 39 - Práticas de destinação de RC utilizadas em obras brasileiras

RRO – Reutilização de resíduos em obra; RROO – Reutilização de resíduos em outras obras; CS – Coleta seletiva de resíduos; DA – Depósito em aterros licenciados; EUR – Encaminhamento para usinas de reciclagem; EUC – Encaminhamento para usinas de compostagem; EO – Encaminhamento para olarias.

#### 4.3.5 Custos relacionados ao gerenciamento de resíduos

Em sua maioria, os custos em relação ao controle e destinação de resíduos de construção são de até 1% relativamente ao custo total das obras brasileiras, entretanto, 29% dos empreendimentos apresentaram custos entre 1% e 2%, como apresentado na tabela 7. Esses podem ser diminuídos através da implantação de medidas que favoreçam a redução da geração de resíduos.

Entretanto, as empresas também obtiveram benefício monetário através da destinação de resíduos produzidos. Dentre as 17 respostas obtidas para esse item do questionário, 65% foram positivas em relação à geração de rendimentos monetários oriundos do encaminhamento de RC. Dentre estas, 91% obtiveram

restituição de 1% em relação ao valor total da obra, conforme tabela 8, sendo que em 6 casos o investimento relativo ao gerenciamento e destinação de resíduos também foi de no máximo 1%.

Tabela 7 - Representatividade do custo total da obra relacionado ao gerenciamento de RC

Custos	Respostas	Percentual de respostas
Até 1%	10	59%
1 a 2%	5	29%
2 a 3%	1	6%
3 a 4%	1	6%
4 a 5%	0	0%
Acima de 5%	0	0%

Tabela 8 - Representatividade do benefício monetário referente ao encaminhamento de RC

Retorno monetário	Respostas	Percentual de respostas
Até 1%	10	91%
1 a 2%	1	9%
2 a 3%	0	0%
3 a 4%	0	0%
4 a 5%	0	0%
Acima de 5%	0	0%

Constata-se então a visão diferenciada das empresas brasileiras em relação ao gerenciamento de resíduos, por perseguirem a aquisição de retorno monetário em relação aos resíduos gerados em suas obras.

Além disso, que por terem a visão de procurar opções de destinação diferentes do depósito em aterro licenciado, que é um tipo de destinação que apresenta custo elevado em comparação à reciclagem, é possível que ocorra redução de custos de encaminhamento nos canteiros de obra brasileiros (Liu *et al.*, 2018).

#### 4.3.6 Análise conclusiva da situação no Brasil

No Brasil, a facilidade de recebimento de respostas ao questionário deu-se principalmente pelo contato direto com engenheiros responsáveis por obras na região de Curitiba. Entretanto, não houve necessidade de insistência, sendo que os dados foram fornecidos de maneira rápida após serem solicitados.

Isso pode indicar que existe eficiência no controle da geração de resíduos nos canteiros de obra, não esquecendo, no entanto, as exigências nesta cidade, fruto do padrão de nível de vida levado pelos habitantes. Essa possibilidade pode ser respaldada pelo fato de que foram fornecidos dados concisos e que vão de encontro com os valores encontrados em estudos previamente realizados.

Pode-se perceber também pela gama de destinações dada aos resíduos que as empresas procuram alternativas ao encaminhamento para aterros sanitários. Iniciativa que é facilitada pela localidade das obras, situadas num grande centro econômico brasileiro. Por esse mesmo motivo, pode ser justificada a obtenção de retorno monetário através do encaminhamento de RC nas obras estudadas.

#### **4.4 Comparação entre dados obtidos**

Quanto às definições de projeto, a tendência é de serem construídos edifícios menores em Portugal e, em contrapartida, no Brasil observa-se a construção de edifícios com maior número de pavimentos e consequente maior área de construção. Entretanto, apesar da diferença na dimensão dos edifícios, nos dois países, na grande maioria das edificações têm sua estrutura executada em concreto armado, tanto para fundações, quanto para pilares, vigas e lajes.

Uma das grandes diferenças de elaboração de projeto acontece no âmbito de isolamentos térmicos e acústicos, de maneira que no Brasil não há preocupação com a utilização de isolamento nas paredes das construções, pelo fato de que o clima é mais ameno e, em grande parte dos casos, é possível atingir conforto térmico nas edificações sem a utilização destes materiais. Além disso, a legislação brasileira é mais branda nesse requisito, exigindo menor eficiência térmica dos projetos em comparação com a legislação Portuguesa.

Tratando-se do gerenciamento de resíduos, em Portugal nenhuma construção apontou a importância do PPGR como alta, enquanto no Brasil, 29% das obras consideraram esta opção. Além disso há mais significância da média eficácia das diretrizes de gerenciamento de resíduos do PGRCC no Brasil do que em Portugal.



Quanto às medidas de gerenciamento, nota-se uma maior adoção do gerenciamento de estoques nos casos brasileiros (72%), conforme figura 40. Fato que pode ter como motivação influência dessa técnica no âmbito organizacional do canteiro de obras, bem como no cronograma de construção. Fatores que também são influenciados pelo planejamento do canteiro de obras, adotado em 61% dos casos brasileiros e 83% dos portugueses.

Nota-se também a preocupação em relação à conscientização dos trabalhadores nos dois países (67% no Brasil e 83% em Portugal), pelo fato de ser uma medida sem custos significativos, mas que pode ser de difícil implantação, por estar relacionada com fatores humanos.

Deve ser destacada também a maior aplicação da compatibilização de projetos no âmbito português (83%) em relação ao brasileiro (50%). Essa prática é responsável pela interação entre as equipes envolvidas desde fases iniciais, influenciando um sistema de *design* colaborativo, que influencia na redução da geração de resíduos na fase de execução de obra.

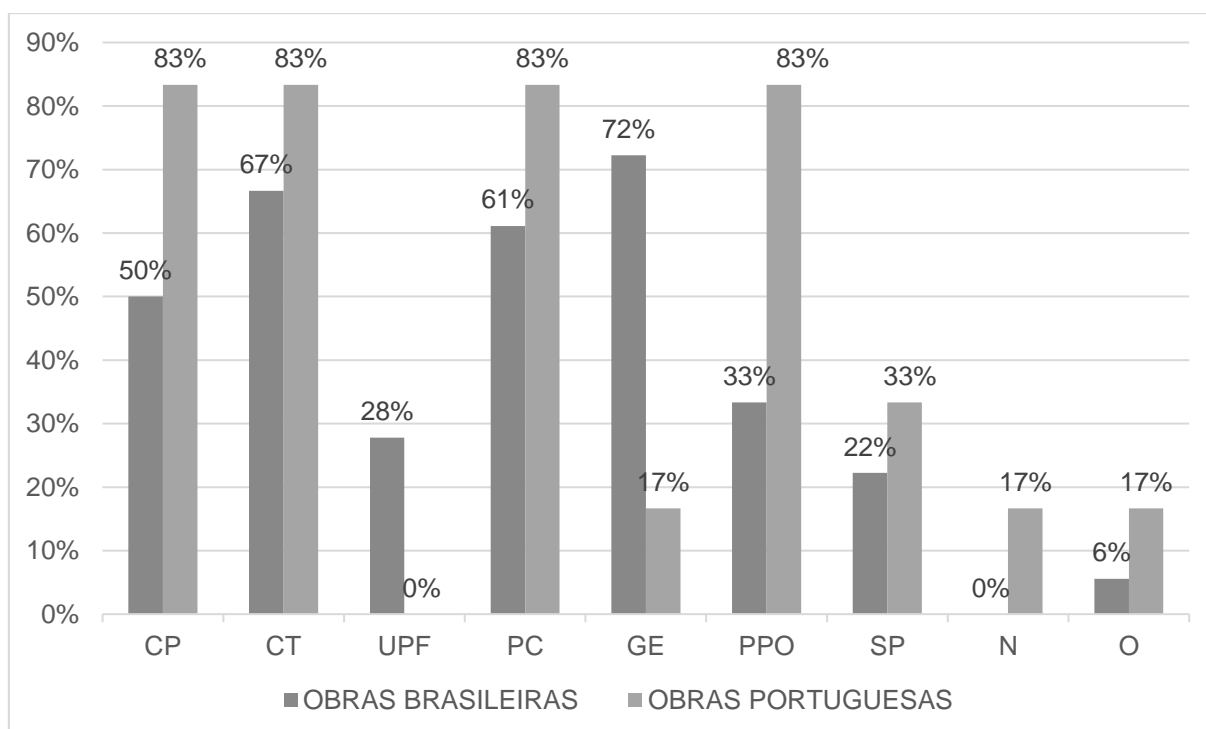


Figura 40 - Aplicação de medidas de gerenciamento de resíduos em obras brasileiras e portuguesas  
 CP - Compatibilização de projetos; CT – Conscientização dos trabalhadores; UPF - Utilização de elementos pré-fabricados; PC - Planejamento do canteiro de obras; GE - Gestão e organização de estoques; PPO - Preparação prévia da obra; SP – Soluções de projeto; N – Nenhuma; O – Outros.

Apesar da diferença de significância do PPGR e das medidas propostas pelo mesmo, em geral, a geração de RC em obras portuguesas apresenta valores significativamente menores do que os observados nas brasileiras, sendo esses 4,84 kg/m<sup>2</sup> e 101,14 kg/m<sup>2</sup> respectivamente. Contudo, os valores de geração de resíduos em obras brasileiras encontram-se mais coerentes com os expostos em pesquisas científicas previamente realizadas.

Analisando a geração de resíduos por tipologia, constata-se a prevalência da geração de misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos nos dois países (52% em Portugal e 54% no Brasil). Esses resíduos podem ser gerados principalmente pela execução de alvenarias de vedação, podendo ser diminuídos através da implantação de sistemas de vedação internos com gesso cartonado, por exemplo. Além disso, é evidente que no Brasil há uma maior geração de resíduos cerâmicos sem misturas, tipologia que possui baixa representatividade (2%) em Portugal, como apresentado na figura 41.

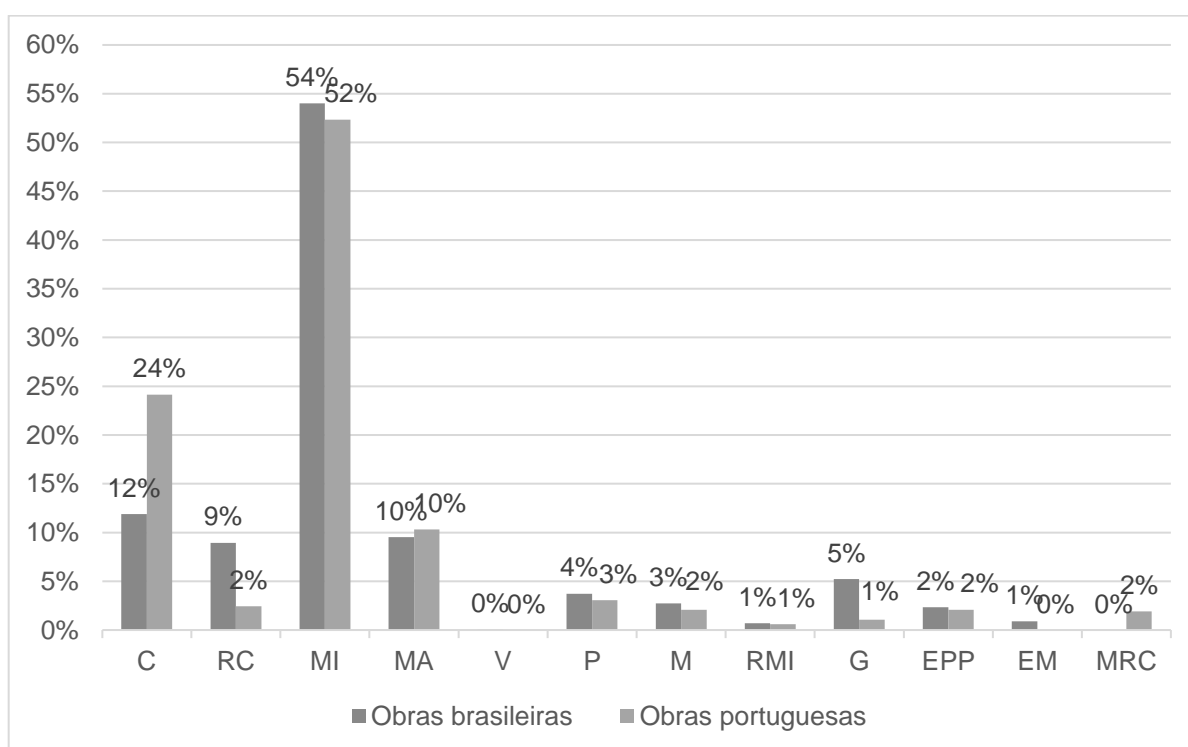


Figura 41 - Tipologias de resíduos produzidas em obras brasileiras e portuguesas  
 C – Concreto; RC – Resíduos cerâmicos; MI – Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos; MA – Madeira; V – Vidro; P – Plástico; ME – Metais; RMI – Resíduos de materiais de isolamento; G – Gesso e gesso cartonado; EPC – Embalagens de papel/papelão; EM – Embalagens de metal; MRC - Mistura de resíduos contaminados (código LER 17 09 04)

A segunda tipologia que apresenta valores mais expressivos é a de concreto e observa-se maior geração desses resíduos em Portugal, comparativamente com a

situação brasileira. Nos dois países o transporte do concreto acontece através de caminhões betoneira. Entretanto, no Brasil, em médias e grandes construções, a aplicação em obra é feita com o auxílio de bombas, reduzindo assim as perdas no deslocamento.

Outra diferença dá-se pelo sistema construtivo utilizado para construção de lajes, que em Portugal é composto por lajes aligeiradas com vigotas pré-esforçadas. Esse método é composto por abobadilhas, vigotas pré-esforçadas e concreto para complementar. A possibilidade de entrada de concreto nas abobadilhas faz com que a quantidade de material a ser utilizada para concretagem não seja precisa e, desta maneira pode ser superestimada a quantidade de concreto necessária, causando desperdícios e sobras. Em contrapartida, no Brasil é evidente a utilização de lajes de concreto armado, sistema que permite o cálculo mais exato do volume de concreto necessário para concretagem.

Outra comparação a ser feita é a diferença entre a geração de sacos de cimento como resíduos nos dois países, sendo que em Portugal foram gerados 1690 sacos e 0,5 toneladas por 4 das 6 obras e no Brasil a geração total foi de 197 sacos em 5 de 14 obras que informaram dados de geração de RC por tipologia. Essa diferença pode indicar a maior utilização de cimento para fabricação de concreto ou argamassa em obras portuguesas, bem como o descuido em relação à separação desse material em canteiros de obra brasileiros.

Além disso, há também a presença de utilização de estruturas mistas no Brasil, como a combinação entre concreto e aço ou alvenaria estrutural, o que pode indicar uma menor utilização de concreto nas obras brasileiras em comparação às obras portuguesas. Outro método construtivo que pode influenciar é a utilização de gesso cartonado para execução de paredes de vedação internas, diminuindo a utilização de alvenarias e consequentemente a geração de resíduos com base cimentícia.

Essa prática pode ser respaldada pela maior geração de resíduos de gesso no Brasil (5%) do que em Portugal (1%). Fato que pode ocorrer pela maior utilização desse material. Em obras brasileiras, aplica-se também forro de gesso cartonado, que é de fácil e rápida instalação. Esses dois sistemas construtivos acabam por aumentar a geração de resíduos de gesso.

A utilização do concreto traz como consequência o emprego de formas em madeira e considera-se esse o principal causador da geração de resíduos desse material. Apesar de as obras brasileiras apresentarem estruturas mistas, nos dois países, a representatividade da geração de resíduos em madeira é similar (10% nos dois países).

Esse resultado pode ter sido influenciado pelo fato de que em obras portuguesas existe uma cultura mais desenvolvida da reutilização de resíduos nas próprias obras, tendo essa medida de gerenciamento de RC sido utilizada em 83% dos casos. No Brasil, porém, essa característica é identificada em apenas 38% das respostas.

Dentre as tipologias de RC com menor geração, vale notar a geração de resíduos de isolamento. Apesar da maior utilização deste tipo de material em Portugal, a representatividade dessa tipologia quanto à geração de resíduos é a mesma nos dois países (1%). Fato que pode indicar a utilização mais eficaz desses materiais em obras portuguesas, nas quais acontece por maior período de tempo a utilização de elementos de vedação utilizando isolamento térmico e acústico.

Resíduos de vidro são de pouca significância em obras brasileiras, mas em Portugal não foi identificada geração de RC dessa tipologia, o que se dá pelo fato de que as esquadrias são recebidas nos canteiros de obra com os vidros já instalados, condição essa que não presente em obras brasileiras.

Por fim, em Portugal constata-se maior reutilização de resíduos em obra, medida que colabora com a diminuição da geração final de RC e com a necessidade de destinação dos mesmos a locais especializados. Entretanto, obras brasileiras apresentam grande utilização de destinos de resíduos diferenciados, que não se fazem presentes como opção em Portugal, como apresentado na figura 42.

Quanto às medidas de destinação no Brasil, nota-se uma grande presença de destinação para olarias, característica que não se repete em Portugal. Essa opção de destinação de RC pode ter sido observada pelo fato de que na região de Curitiba, onde estão predominantemente localizadas as obras, existe grande quantidade de olarias, que podem realizar o recebimento de resíduos de origem cerâmica. Esse tipo de destinação, no entanto, torna-se mais difícil de ser realizada em na região de Bragança, em Portugal. Portugal não possui destinação para usinas

de reciclagem, enquanto que 44% das obras brasileiras utilizam esse tipo de destinação.

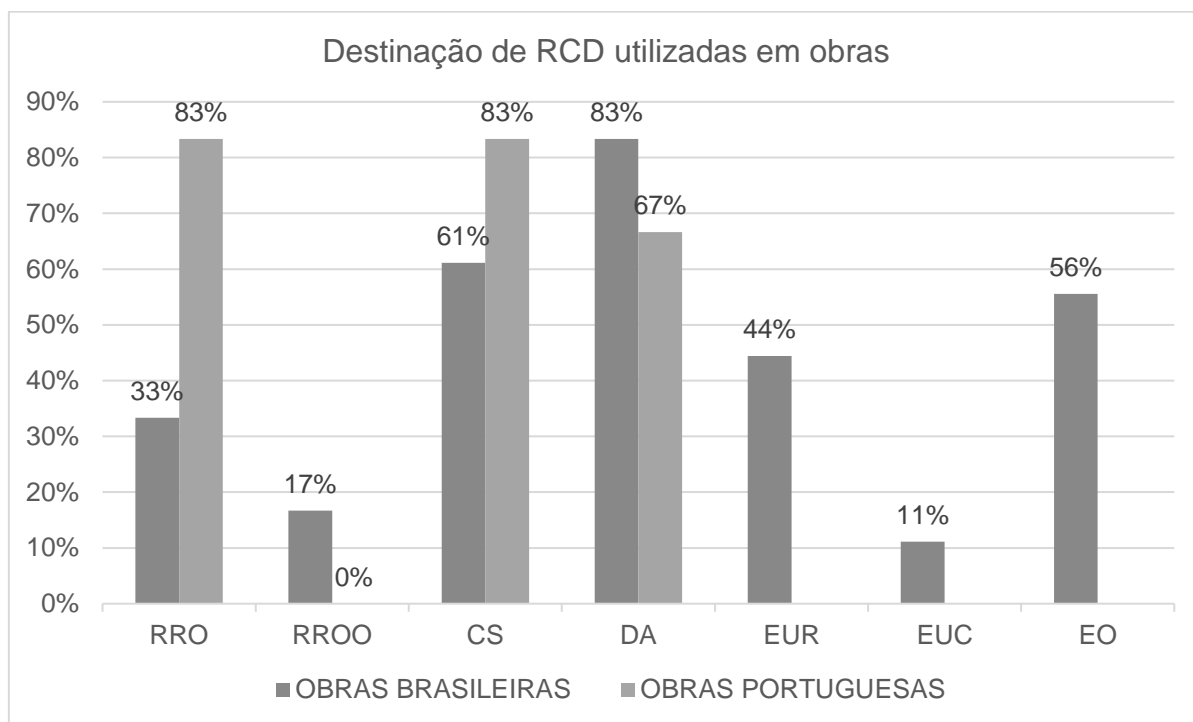


Figura 42 - Opções de destinação de RC utilizados no Brasil e em Portugal  
 RRO – Reutilização de resíduos em obra; RROO – Reutilização de resíduos em outras obras; CS – Coleta seletiva de resíduos; DA – Depósito em aterros licenciados; EUR – Encaminhamento para usinas de reciclagem; EUC – Encaminhamento para usinas de compostagem; EO – Encaminhamento para olarias.

Outra diferença quanto à destinação de RC pode ser constatada ao analisar-se que no Brasil, 65% das empresas obtiveram retorno monetário relacionado ao encaminhamento de resíduos de construção, enquanto que em Portugal, apenas 33% das respostas apresentaram essa característica. Isso pode-se dar pelo fato de que no Brasil grande parte das obras estão localizadas na região de Curitiba, a qual possui fácil acesso a usinas de reciclagem e olarias. Enquanto que, em Portugal, a localização prevalente das obras estudadas ocorre no interior do país, sendo difícil o acesso a empresas que possam oferecer compensação pelos RC produzidos.

Por fim, apesar de as obras nos dois países apresentarem índices de geração de resíduos abaixo ou próximos do mínimo encontrado em estudos anteriores, não foram identificadas nos dois países medidas diferenciadas associadas ao gerenciamento de resíduos, sendo que as práticas adotadas são as que envolvem menos investimentos, confirmando a tendência do mercado da construção de voltado à fatores econômicos.

A implementação de legislação menos branda nos dois países pode ser eficaz para corroborar com esse quesito, de maneira que as construtoras seriam obrigadas a investir no gerenciamento de resíduos, implantando medidas com certo custo de implantação, mas que trazem benefícios à qualidade da edificação e ajudam a reduzir impactos ambientais. São exemplos disso, a implantação de sistemas de certificação de empreendimentos como LEED e BREEAM, certificação de empresas como a ISO 14001, bem como a implantação de conceitos construtivos abordados pela *Lean Construction*, como por exemplo a pré-fabricação e a padronização. Pode-se utilizar também a metodologia de análise do ciclo de vida de produtos e edificações.

## 5 CONCLUSÕES

Através do estudo de caso obteve-se que a geração média de RC é de 4,84 kg/m<sup>2</sup> construído em Portugal e de 101,14 kg/m<sup>2</sup> nos casos brasileiros. Para o caso brasileiro, o valor é coerente com os encontrados por estudos anteriores e indica a conformidade em relação ao gerenciamento de resíduos nos canteiros de obra. Em Portugal, o valor de 4,84 kg/m<sup>2</sup> é considerado baixo e muito provavelmente não reflete a situação real dos canteiros de obra em todo o país, demonstrando a necessidade de maior controle em relação à geração de resíduos nos canteiros de obra.

Tratando-se das tipologias de RC, a mais produzida foi misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (54% em casos brasileiros e 52% em portugueses), que podem ser gerados principalmente pela execução de alvenarias de vedação. Evidencia-se então a opção pelo descarte de materiais misturados, contrariamente à separação dos resíduos pelo material que efetivamente os compõe. De maneira que, esses materiais não viabilizam retorno monetário através do seu encaminhamento.

A diferença na geração de resíduos de concreto (12% no Brasil e 24% em Portugal) é dada pela diferença da utilização de sistemas construtivos encontrados nos dois países, sendo que no Brasil há mais aplicação de estruturas mistas e sistemas de vedação com gesso cartonado. Além de que, o sistema estrutural de lajes aligeiradas com vigotas pré-esforçadas é menos preciso em relação à quantidade de concreto necessária para execução da estrutura, o que pode influenciar em maiores perdas desse material.

Apesar disso da maior aplicação de estruturas de aço e alvenaria estrutural no Brasil, a geração de resíduos de madeira é similar nos dois países (10%), fato que reflete a maior implantação da medida de gerenciamento de reutilização de resíduos em obra nos canteiros portugueses, que é também respaldada pela dificuldade e alto custo de encaminhamento de resíduos enfrentada pelas construtoras na região de Bragança.

Sendo assim, em Portugal, a dificuldade de acesso a aterros na região de Bragança e os altos custos de transporte, fazem com que as construtoras optem

com mais frequência por medidas como a reutilização de resíduos em obra (83%) e separação de resíduos conforme gestão seletiva (83%), prevalecendo sobre o encaminhamento para aterros.

Enquanto isso, no Brasil, o depósito em aterros é o destino mais utilizado (83% dos casos), que provavelmente acontece pela facilidade de encaminhamento a esses locais. Entretanto, maior disponibilidade de recursos proporcionada pela localização das obras faz com que exista a possibilidade de destinação de resíduos para localidades menos comuns, como o encaminhamento para olarias (56% dos casos) e para usinas de reciclagem (44% dos casos).

Por esses motivos, quando se trata de custos relacionados ao gerenciamento de resíduos, em empreendimentos brasileiros e portugueses o custo é de até 1% do custo total da obra em 59 e 83% dos casos, respectivamente. Enquanto que o retorno obtido através do encaminhamento de resíduos é de até 1% em 91% dos casos brasileiros e de 33% dos portugueses. A facilidade de retorno monetário dá-se também pela maior gama de possíveis destinações de resíduos encontradas da região de Curitiba, no Brasil.

Para aperfeiçoar o gerenciamento de resíduos em canteiros de obra nos dois países, existe a necessidade de implantação de medidas de gerenciamento mais avançadas do que as atualmente utilizadas. A diminuição da geração de resíduos deve ser considerada desde a fase de concepção, analisando o ciclo de vida dos produtos e da edificação como um todo. Na fase de idealização dos empreendimentos, podem ser realizadas análises de ciclo de vida, para aprimorar o desempenho ambiental, bem como criar um projeto que equilibre os custos com a extensão do ciclo de vida do mesmo. Através dessas metodologias, pode-se diminuir a vida útil dos materiais utilizados e, conseqüentemente, os custos com manutenção da edificação.

Além disso, nos projetos de maior escala, como de edifícios de habitação, há como utilizar princípios da *Lean Construction*, como a pré-fabricação e a padronização com o intuito de minimizar a geração de resíduos de concreto, madeira e materiais cerâmicos na fase de execução da edificação. Nessa fase, em que são efetivamente gerados os RC, o planejamento do canteiro deve ser adequado aos serviços para reduzir a geração de resíduos. A colaboração das



equipes envolvidas também é importante, influenciando na não geração e na reutilização de RC.

Ainda como medida paliativa, podem ser implantadas certificações ambientais, que compelem a aplicação de medidas de gerenciamento. Para empresas como um todo, pode ser utilizada a ISO 14001, que influencia na implantação de um sistema de gerenciamento ambiental. Entretanto, pode-se recorrer também à utilização de certificações específicas ao empreendimento, como o LEED, BREEAM, AQUA-HQE no caso brasileiro e SBTool e LiderA. Através disso, as empresas e os trabalhadores ficam sujeitos à eficácia da execução do gerenciamento de resíduos para atingir a certificação.

Por fim, a adoção de legislação mais restritiva quanto às tipologias e à quantidade de resíduos gerada por parte dos governos de Portugal e do Brasil pode auxiliar na adoção de práticas de gerenciamento em canteiros de obra e impulsionar a economia circular no âmbito da construção.

Para trabalhos futuros, pode-se realizar a pesquisa de geração de resíduos em edificações comerciais e identificar a diferença na geração de RCD entre essas duas tipologias. Além disso, vale o estudo em projetos que não utilizem o concreto armado como tecnologia construtiva principal para elementos estruturais. Pode-se também realizar a pesquisa em diferentes cidades e estados do Brasil, bem como outros distritos de Portugal, para que se possa ter resultados mais conclusivos da situação nos países como um todo.

Além disso, pode-se realizar um estudo aprofundado em relação aos custos relativos ao gerenciamento de resíduos em obras. Cabe também o estudo da implantação de novas medidas de gerenciamento de resíduos em empreendimentos e como essas irão afetar a geração de resíduos no canteiro de obras.

## REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas**, 2013.

Ajayi, S. O.; Oyedele, L. O. Critical design factors for minimising waste in construction projects: A structural equation modelling approach. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 137, n. May, p. 302–313, 2018.

Akhtar, A.; Sarmah, A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. **Journal of Cleaner Production**, v. 186, n. 24 January, p. 262–281, 2018.

Allen, E.; Iano, J. **Fundamentals of building construction: materials and methods**. 5. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2009.

Angulo, S. C. **Variabilidade de agregados graúdos de resíduos de construção e demolição reciclados**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2000.

Angulo, S. C. et al. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 299–306, 2011.

Ângulo, S.; Zordan, S.; John, V. Desenvolvimento sustentável e reciclagem de resíduos na Construção Civil. **DECC**, n. 1, p. 1–13, 2000.

APFAC - Associação Portuguesa dos Fabricantes de Argamassas e ETICS. **Manual de aplicação ETICS**, 2015.

Arantes, P. C. F. G. **Lean Construction – Filosofia e metodologias**. Porto: Universidade do Porto, 2008.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2007**. São Paulo, 2007.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2008**. São Paulo, 2008.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2009**. São Paulo, 2009.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2010**. São Paulo, 2010.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2012**. São Paulo, 2012.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2013**. São Paulo, 2013.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014**. São Paulo, 2014.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. São Paulo, 2015.

Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama Dos Resíduos Sólidos No Brasil 2016**. São Paulo, 2016.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004: Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

Babakri, K. A.; Bennett, R. A.; Franchetti, M. Critical factors for implementing ISO 14001 standard in United States industrial companies. **Journal of Cleaner Production**, v. 11, n. 7, p. 749–752, 1 nov. 2003.

Ballard, G.; Howell, G. What Kind of Production Is Construction? **Proceedings IGLC**, v. 6, p. 7, 1998.

Biernacki, M. Integration of LCA and LCC in decision process. p. 7, 2014.

Branco, J. M. Casas de madeira, da tradição aos novos desafios. **Seminário Casas de Madeira**, p. 75–86, 2013.

Braz, A.; Gonçalves, A. F.; Martins, I. M. Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, p. 1252–1264, 2011.

Brito, J. de; Coelho, A. Generation of construction and demolition waste in Portugal. **Waste Management & Research**, p. 12, 2011.

Careli, É. D. **A resolução CONAMA nº 307/2002 e as novas condições para a**

**gestão dos resíduos de construção e demolição.** São Paulo. Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, 2008.

Cheng, J. C. P.; Ma, L. Y. H. A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning. **Waste Management**, v. 33, n. 6, p. 1539–1551, 2013.

Christini, G.; Fetsko, M.; Hendrickson, C. Environmental Management Systems and ISO 14001 Certification for Construction Firms. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 130, n. 3, p. 330–336, 2004.

Collin, C.; Linnet, A.; Secher, A. Q. Life Cycle Engineering from the Perspective of an Engineering Consultancy. **Procedia CIRP**, v. 69, p. 49–53, 1 jan. 2018.

Comissão Europeia. **Fechar o ciclo - plano de ação da UE para a economia circular.** Bruxelas, 2015.

Comissão Europeia. **Sobre a aplicação do Plano de Ação para a Economia Circular.** Bruxelas, 2019.

Comissão Europeia. Lista Europeia de Resíduos. **Jornal Oficial da União Europeia**, v. 7, p. 53, 2014.

Coelho A., Brito J. Estimation of construction and demolition waste in Portugal. **Presentation course apply new requirements in the CDW management.** Portugal, 2008.

Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil. **Guia para arquitetos na aplicação da norma de desempenho ABNT NBR 15.575**, 2015.

Couto, J. P.; Couto, A. M. Reasons to consider the deconstruction process as an important practice to sustainable construction. **Portugal Sb07 - Sustainable Construction, Materials and Practices: Challenge of the Industry For the New Millennium, Pts 1 and 2**, p. 76–81, 2007.

Decreto-Lei n.º 516/99 de 2 de dezembro. D. R. I série A. 280 (1999-02-12) p. 8515-8571.

Decreto-Lei n.º 555/99 de 16 de dezembro. D. R. I série A. 291 (1999-12-16) p.8912-8942.

Decreto-Lei n.º 101/2005 de 23 de junho (alteração ao Decreto-Lei n.º 264/98, de 19 de agosto). D. R. I série A. 119 (2005-06-23) p. 3937-3939.

Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de setembro. D. R. I série. 171 (2006-09-05) p. 6526-6545.

Decreto-Lei n.º 266/2007 de 24 de julho. D. R. I série. 141 (2007-07-24) p.4689-4696.

Decreto-Lei n.º 46/2008 de 12 de março. D. R. I série. 51 (2008-03-12) p.1567-1574.

Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro. D. R. I série. 20 (2007-01-29) p. 753-852.

Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho (terceira alteração do Decreto-Lei nº 178/2006 de 5 de setembro). D. R. I série. 116 (2011-09-05) p. 3251-3300.

Decreto nº 1068/2004. Institui o regulamento do plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil do município de Curitiba e altera as disposições do Decreto Nº 1.120/97. Curitiba, 2004.

Dias, L. F. S. da C. **A sustentabilidade na reabilitação do património edificado**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2012.

Ding, G. K. C. Life cycle assessment (LCA) of sustainable building materials: An overview. **Eco-Efficient Construction and Building Materials: Life Cycle Assessment (LCA), Eco-Labeling and Case Studies**, p. 38–62, 2013.

Diretiva 2008/98/CE de 19 de novembro. Jornal Oficial da União Europeia. 312 (2008-11-19), p. 3–30.

Diretiva 2018/851/CE de 30 de maio. Jornal Oficial da União Europeia. 150 (2018-05-30), p.109-140.

Diretiva 75/442/CEE de 15 de julho de 1975. Relativa aos resíduos. Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 194 (1975-07-15), p. 129-131.

Duan, H.; Wang, J.; Huang, Q. Encouraging the environmentally sound management of C&D waste in China: An integrative review and research agenda. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 43, p. 611–620, 2015.

EPA - United States Environmental Protection Agency. **Lifecycle Construction Resource Guide**. Atlanta, 2008.

Esin, T. A study regarding the environmental impact analysis of the building materials production process (in Turkey). **Building and Environment**, v. 42, n. 11, p. 3860–3871, 2007.

Evangelista, P. P. de A.; Costa, D. B.; Zanta, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, n. 71, p. 23–40, 2010.

Fraga, M. F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em Belo Horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

Fundação Vanzolini; Cerway. **Residential Buildings Under Construction: AQUA-HQE™**, 2014.

Gervásio, H. M. A sustentabilidade do aço e das estruturas metálicas. **Journal of Engineering and Technology Innovation**, v. 3, n. 1, p. 92–110, 2015.

Gilli, H.; James, H. Deconstruction and the reuse of construction materials. **CIB Publication 266 Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting CIB World Building Congress 6 April 2001**, p. 98–124, 2001.

Gramacho, B. B. et al. Construção sustentável: soluções para construir agredindo menos o ambiente. p. 97–110, 2013.

Höök, M.; Stehn, L. Connecting Lean Construction to Prefabrication Complexity in Swedish Volume Element Housing. p. 10. 2005.

Hoornweg, D.; Bhada, P. What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management. **Urban development series knowledge papers**, v. 281, n. 19, p. 44 p., 2012.

Huang, B.; Wang, X.; Kua, H.; Geng, Y.; Bleischwitz, R.; Ren, J. Resources , Conservation & Recycling Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 129, n. April 2017, p. 36–44, 2018.

INE - Instituto Nacional de Estatísticas. **Estatísticas da Construção e Habitação 2014**. Lisboa, 2014a.

INE - Instituto Nacional de Estatísticas. **Estatísticas do Ambiente 2013**. Lisboa, 2014b.

INE - Instituto Nacional de Estatísticas. **Estatísticas dos Resíduos 2014**. Lisboa, 2016a.

INE - Instituto Nacional de Estatísticas. **Estatísticas do Ambiente 2015**. Lisboa, 2016b.

INE - Instituto Nacional de Estatísticas. **Estatísticas do Ambiente 2016**. Lisboa, 2017.

International Organization for Standardization. ISO 14040-Environmental management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework. **International Organization for Standardization**, v. 3, p. 20, 2006.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **AR5 Synthesis Report: Climate Change 2014**. Genebra: 2015.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Special Report on Global Warming of 1.5 °C - Chapter 4: Strengthening and Implementing the Global Response**. Genebra: 2018.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Special Report on Global Warming of 1.5 °C - Chapter 3: Impacts of 1.5° C global warming on natural and human systems**. Genebra: 2018.

Jaillon, L.; Poon, C. S.; Chiang, Y. H. Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong. **Waste Management**, v. 29, n. 1, p. 309–320, 2009.

Kim, D.; Tucker, R. L.; Borcharding, J. D. **Exploratory Study of Lean Construction: Assessment of Lean Implementation**. Austin: The University of Texas at Austin, 2002.

Koskela, L. et al. The foundations of lean construction. **Design and Construction: Building in Value**, n. December 2015, p. 211–226, 2002.

Lei Federal nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras

providências., Diário Oficial da União (2010-08-03) p. 21, 2010.

Li, Z.; Shen, G.; Xue, X. Critical review of the research on the management of prefabricated construction. **Habitat International**, v. 43, p. 240–249, 2014.

Lichtenstein, N. B. **Patologia das construções: procedimento para formulação dos diagnósticos de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1985.

Liu, J.; Teng, Y.; Jiang, Y.; Gong, E. A cost compensation model for construction and demolition waste disposal in South China. **Environmental Science and Pollution Research**, 2018.

Lopes, T. da C. **Reabilitação sustentável de edifícios de habitação**. Lisboa: Universidade Nova de Lisboa, 2010.

Lu, W.; Yuan, H. Investigating waste reduction potential in the upstream processes of offshore prefabrication construction. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 28, p. 804–811, 2013.

Lu, W.; Yuan, H.; Li, J.; Hao, J. J. L., Mi, X.; Ding, Z.; An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city , South China. **Waste Management**, v. 31, n. 4, p. 680–687, 2011.

Mália, M. Â. B. **Indicadores de resíduos de construção e demolição**. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2010.

Mália, M.; Brito, J. de; Pinheiro, M. D. Construction and demolition waste indicators. **Waste Management & Research**, p. 241–255, 2013.

Mamede, F. C. **Utilização de pré-moldados em edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2001.

Marzouk, M.; Azab, S.; Metawie, M. BIM-based approach for optimizing life cycle costs of sustainable buildings. **Journal of Cleaner Production**, v. 188, p. 217–226, 1 jul. 2018.

Mass, B. H.; Tavares, S. F. Light Steel Framing: uma Alternativa para os Desperdícios e Resíduos dos Materiais de Construção. **Encontro Nacional de**



**Tecnologia do Ambiente Construído**, 16, 2016, São Paulo., p. 2175–2184, 2016.

Mateus, R. Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção. p. 79–153, 2004.

Mehta, M.; Scarborough, W.; Armpriest, D. **Building construction: principles, materials and systems**. 2. ed. New Jersey: Perarson Education, 2013.

Merino, M. R.; Sáez, P. V.; Porras-Amores, C. New quantification proposal for construction waste generation in new residential constructions. **Journal of Cleaner Production**, v. 102, p. 58–65, 2015.

Ministério do Meio Ambiente. **A3P: Agenda Ambiental na Administração Pública**Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2009.

Miranda, C. A. de. Modelo para a Gestão de Resíduos de Construção e Demolição uma solução para as empresas de construção civil (Ilha de São Miguel – Açores). p. 135, 2009.

Morrow, D.; Rondinelli, D. Adopting Corporate Environmental Management Systems:: Motivations and Results of ISO 14001 and EMAS Certification. **European Management Journal**, v. 20, n. 2, p. 159–171, 1 abr. 2002.

Morales, G; Mendes, T.; Angulo, S.C. Índices de geração de RCD provenientes de obras de construção, reforma e demolição na cidade de Londrina/PR. **II Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edificações**. Rio de Janeiro, 2006.

Nagalli, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

Nagalli, A. The Sustainability of Brazilian Construction and Demolition Waste Management System. **Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 18, p. 1755–1759, 2013.

Nese, F. J. M.; Tauil, C. A. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Editora PINI, 2014.

Osmani, M.; Glass, J.; Price, A. D. F. Architects' perspectives on construction waste reduction by design. **Waste Management**, v. 28, n. 7, p. 1147–1158, 2008.

Osmani, M.; Price, A.; Glass, J. Architect and contractor attitudes to waste

minimisation. **Proceedings of the ICE - Waste and Resource Management**, v. 159, n. 2, p. 65–72, 2006.

Osmani, M.; Villoria-Sáez, P. Current and emerging construction waste management status, trends and approaches. *Waste: A handbook for management*, n. 2, p. 365–380, 2019.

Passuello, A. C. B. et al. Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na análise de impactos ambientais de materiais de construção inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Ambiente Construído**, p. 7–20, 2014.

Paz, D. H. F. da. Desenvolvimento de um sistema de apoio à gestão integrada de resíduos sólidos da construção e demolição. Recife: Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

Pinheiro, M. D. **Ambiente e Construção Sustentável**. Amadora: Instituto do Ambiente, 2006.

Pinto, T. DE P. Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana. p. 218, 1999.

Poon, C. S.; Yu, A. T. W.; Jaillon, L. Reducing building waste at construction sites in Hong Kong. **Construction Management and Economics**, v. 22, n. 5, p. 461–470, 2004.

Poon, C. S., Yu, T. W., Ng, L. H. **A guide for managing and minimizing building and demolition waste**. Hong Kong: The Hong Kong Polytechnic University, 2001.

Portaria n.º 1023/2006 de 20 de setembro. D. R. I série. 182 (2006-09-20).

Portaria n.º 335/97 de 16 de maio. D. R. I série B. 113 (1997-05-16) p. 2440-2441.

Portaria n.º 417/2008 de 11 de junho. D. R. I série. 111 (2008-06-11) p. 3403-3405.

Pulakka, S. Life-cycle cost design methods and tools. **Durability of Building Materials and Components 8, Vols 1-4, Proceedings**, p. 2710–2715, 1999.

Rajagopalan, P. Energy Performance in the Australian Built Environment. Melbourne: Springer, 2019

Reixach, F.M., Cusco, A. S. Barroso, J. M. G. Situación actual y perspectivas de

futuro de los residuos de la construcción. Intitut de Tecnologia de la Construcción de Catalunya. Barcelona, Spain.

Resolução Conama nº 307, de 5 de Julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Diário Oficial da União. 136 (2002-07-05) p. 95-96.

Resolução nº 448 de 18 de Janeiro de 2012. Altera os arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. Diário Oficial da União. 14 (2012-01-18), p. 18–19.

Resolução nº 01, de 06 de abril de 2011. Dispõe sobre a Aprovação do Regimento Interno e da composição do Comitê Gestor do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida e dá outras providências., p. 6, 2011.

Rodríguez, G.; Alegre, F. J.; Martínez, G. The contribution of environmental management systems to the management of construction and demolition waste: The case of the Autonomous Community of Madrid (Spain). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 50, n. 3, p. 334–349, 2007.

Santiago, A. K.; Freitas, A. M. S.; Crasto, R. C. M. de. **Steel framing: arquitetura**. Rio de Janeiro: Intituto Aço Brasil, 2012.

Santos, M. F. N. dos et al. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **Revista Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 6, n. 2, p. 57–73, 2011.

Sev, A. How can the construction industry contribute to sustainable development? A conceptual framework. **Sustainable Development**, v. 17, n. 3, p. 161–173, 2009.

Silva, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. [s.l.] Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

Sinduscon. Gestão Ambiental de Resíduos da Construção Civil: A experiência do SindusCon-SP. **SindusCon SP**, v. 1, n. 1, p. 48, 2005.

Sousa, F. A. F. DE. **Optimização de métodos de escolha de materiais com base no desempenho sustentável**. Porto: Universidade do Porto, 2010.

Styles, D.; Schoenberger, H.; Zeschmar-Lahl, B. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation & Recycling**, v. 136, n. May, p. 166–178, 2018.

Tam, C. M.; Tam, V. W. Y.; Chan, J. K. W.; Ng, W. C. Y. Use of Prefabrication to Minimize Construction Waste - A Case Study Approach. **International Journal of Construction Management**, v. 5, n. 1, p. 91–101, 2005.

Teshnizi, Z. et al. Lessons Learned from Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of Two Residential Towers at the University of British Columbia. **Procedia CIRP**, v. 69, p. 172–177, 1 jan. 2018.

Toniolo, S. et al. Mapping diffusion of Environmental Product Declarations released by European program operators. **Sustainable Production and Consumption**, v. 17, p. 85–94, 1 jan. 2019.

USGBC - U. S. Green Building Council. **LEED v4 for building design and construction**, 2019.

USGBC - U. S. Green Building Council. **LEED Registration and Certification Fees**, 2019b.

Tse, R. Y. C. The implementation of EMS in construction firms: case study in Hong Kong. **Journal of Environmental Assessment Policy Manage.** v. 3 n. 2. p. 177–194. 2001

Wang, J.; Li, Z.; Tam, V. W. Y. Identifying best design strategies for construction waste minimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 92, p. 237–247, 2015.

Yu, A. T. W. et al. Impact of Construction Waste Disposal Charging Scheme on work practices at construction sites in Hong Kong. **Waste Management**, v. 33, n. 1, p. 138–146, 2013.

Yuan, F.; Shen, L.; Li, Q. Emergy analysis of the recycling options for construction and demolition waste. v. 31, p. 2503–2511, 2011.

Yuan, H.; Huang, Z.; Xu, P. A Framework for Eco-efficiency of C&D Waste Management. **Procedia Environmental Sciences**, v. 31, p. 855–859, 2016.

Zhao, W.; Leefink, R. B.; Rotter, V. S. Evaluation of the economic feasibility for the

recycling of construction and demolition waste in China — The case of Chongqing. v. 54, n. 2010, p. 377–389, 2013.

## ANEXOS

### ANEXO A – Lista Europeia de Resíduos

15	EMBALAGENS (INCLUINDO RESÍDUOS URBANOS E EQUIPARADOS DE EMBALAGENS, RECOLHIDOS SEPARADAMENTE)
15 01 01	Embalagens de papel e de cartão
15 01 02	Embalagens de plástico
15 01 03	Embalagens de madeira
15 01 04	Embalagens de metal
15 01 05	Embalagens compósitas
15 01 06	Misturas de embalagens
15 01 07	Embalagens de vidro
15 01 09	Embalagens têxteis
15 01 10*	Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas
17	RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DE DEMOLIÇÃO (INCLUINDO SOLOS ESCAVADOS DE LOCAIS CONTAMINADOS)
17 01	Concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
17 01 01	Concreto
17 01 02	Tijolos
17 01 03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
17 01 06*	Misturas ou frações separadas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, contendo substâncias perigosas
17 01 07	Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidas em 17 01 06
17 02	Madeira, vidro e plástico
17 02 01	Madeira
17 02 02	Vidro
17 02 03	Plástico
17 02 04	Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas
17 03	Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão
17 03 01	Misturas betuminosas contendo alcatrão
17 03 02	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01
17 03 03*	Alcatrão e produtos de alcatrão
17 04	Metais (incluindo ligas metálicas)
17 04 01	Cobre, bronze e latão
17 04 02	Alumínio
17 04 03	Chumbo
17 04 04	Zinco
17 04 05	Ferro e aço
17 04 06	Estanho
17 04 07	Misturas de metais
17 04 09*	Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas

17 04 10*	Cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas
17 04 11*	Cabos não abrangidos em 17 04 10
17 05	Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem
17 05 03*	Solos e rochas, contendo substâncias perigosas
17 05 04	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03
17 05 05*	Lamas de dragagem contendo substâncias perigosas
17 05 06	Lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05
17 05 07*	Balastros de linhas de caminho-de-ferro, contendo substâncias perigosas
17 05 08	Balastros de linhas de caminho-de-ferro não abrangidos em 17 05 07
17 06	Materiais de isolamento e materiais de construção, contendo amianto
17 06 01*	Materiais de isolamento, contendo amianto
17 06 03*	Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas
17 06 04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03
17 06 05*	Materiais de construção contendo amianto
17 08	Materiais de construção à base de gesso
17 08 01*	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas
17 08 02	Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01
17 09	Outros resíduos de construção e demolição
17 09 01*	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio
17 09 02*	Resíduos de construção e demolição contendo PCB (por exemplo vedante com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçados vedados contendo PCB, condensadores com PCB)
17 09 03*	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas
17 09 04	Misturas de resíduos de construção e demolição não abrangidas em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

Fonte: Lista de Resíduos – Artigo 7º da Diretiva 2008/98/CE

## ANEXO B – Questionário “Geração de resíduos de construção em estaleiros de obra de habitação”

### PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM ESTALEIROS DE OBRA DE HABITAÇÃO

Os dados deste formulário serão utilizados de forma anónima para realização de um estudo para dissertação de mestrado em Engenharia da Construção, a ser realizada no Instituto Politécnico de Bragança, que trata das práticas da gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) em obras de construção de edifícios de habitação.

As medidas de gestão de resíduos e valores de produção de RCD fornecidas por empresas brasileiras e portuguesas serão comparadas a fim de analisar possíveis melhorias que possam ser aplicadas na gestão de resíduos em futuros empreendimentos.

Considere a resposta a cada inquérito para uma só obra. Para responder ao inquérito para mais de uma obra, utilize o atalho "Enviar outra resposta" depois de finalizar o preenchimento do primeiro inquérito, ou realize um novo acesso ao inquérito.

**\*Obrigatório**

#### 1. Endereço de e-mail \*

---

#### Referente ao empreendimento:

#### Em relação às características do empreendimento:

---

#### 2. Qual o tipo da obra?

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Moradia isolada
- ☐ Moradia bifamiliar/geminada
- ☐ Edifício multifamiliar

#### 3. Qual a característica das moradias ou frações ?

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ T1
- ☐ T2
- ☐ T3
- ☐ T4 ou maior

#### 4. No caso de moradia bifamiliar/geminada ou de edifício multifamiliar, indique o número de frações:

---

#### 5. Quantas frações são consideradas para comércio?

---



6. Área total do terreno (m²):

---

7. Área total de construção (m²): \*

---

8. Número de pisos abaixo da cota soleira:

---

9. Número de pisos acima da cota soleira:

---

10. Data aproximada de início da obra:

*Exemplo: 15 de dezembro de 2012*

11. Data aproximada de fim da obra:

*Exemplo: 15 de dezembro de 2012*

### **Em relação à execução da obra:**

---

12. Principais métodos construtivos para pilares e vigas:

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Tecnologia betão armado
- ☐ Tecnologia aço
- ☐ Tecnologia madeira
- ☐ Tecnologia alvenaria estrutural
- ☐ Tecnologia aço leve galvanizado
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

13. Principais métodos construtivos para lajes:

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas
- ☐ Lajes de betão armado
- ☐ Pré-lajes
- ☐ Lajes alveolares
- ☐ Lajes de aço leve e OSB
- ☐ Estrutura de madeira
- ☐ Lajes colaborantes e aço
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**14. Principais métodos construtivos para sapatas:***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Betão ciclópico  
☐ Betão armado  
☐ Pedra  
☐ Outro: \_\_\_\_\_

**15. Principais acabamentos utilizados:***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Argamassa de inertes correntes (areia e cimento)  
☐ Argamassa à base de estuque  
☐ Revestimento cerâmico  
☐ Pavimento flutuante  
☐ Mármore  
☐ Granito  
☐ Madeira  
☐ Caixilharia de madeira  
☐ Caixilharia metálica/alumínio  
☐ Caixilharia de PVC  
☐ Gesso  
☐ Gesso acartonado  
☐ Pintura  
☐ Outro: \_\_\_\_\_

**16. Quais os tipos de isolamento térmico e acústico utilizados?***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Poliestireno expandido  
☐ Poliestireno extrudido  
☐ Lã de rocha  
☐ Cortiça  
☐ Outro: \_\_\_\_\_

**Referente à gestão e produção de RCD:****Em relação ao plano de gestão de resíduos:**

---

**17. A obra possuía plano de gestão de resíduos?***Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim  
☐ Não

**18. Qual era a influência ao nível das exigências de gestão do plano de gestão de resíduos sobre geração e destinação de resíduos no estaleiro?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Alta
- ☐ Média
- ☐ Baixa

**19. Que medidas foram adoptadas para reduzir a produção de RCD?**

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Compatibilização de projetos para evitar retrabalho
- ☐ Sensibilizar os trabalhadores
- ☐ Utilização de elementos pré-fabricados
- ☐ Planeamento do estaleiro de obra
- ☐ Gestão de stocks de materiais adquiridos
- ☐ Preparação prévia da obra
- ☐ O projeto tem alguns procedimentos em atenção nesse campo
- ☐ Nenhuma
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**20. Foi realizada a separação de resíduos (triagem) no estaleiro?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

**21. Se foi realizada separação, qual foi o critério utilizado para realizá-la?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Classificação imposta pela legislação
- ☐ Pelo tipo de material
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**22. Qual o destino final de RCD da obra?**

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Reutilização de resíduos na própria obra
- ☐ Reutilização de resíduos em outras obras
- ☐ Separação de resíduos de cartão, plástico no âmbito da gestão de resíduos selectivos
- ☐ Depósito em aterros licenciados
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**Em relação aos custos:**

---

**23. Que percentagem do custo total da obra representa a gestão e encaminhamento de resíduos?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Até 1%
- ☐ De 1 a 2%
- ☐ De 2 a 3%
- ☐ De 3 a 4%
- ☐ De 4 a 5%
- ☐ Acima de 5%

**24. Foi obtido algum retorno monetário através do encaminhamento de resíduos?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

**25. Se sim, é possível comunicar esse valor em termos de percentagem face ao custo da obra?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Até 1%
- ☐ De 1 a 2%
- ☐ De 2 a 3%
- ☐ De 3 a 4%
- ☐ Acima de 4%

**Referente à produção de resíduos:**

Preenchendo inicialmente a unidade em que se encontram os dados, posteriormente, basta inserir o valor numérico nos demais itens.

**26. Os valores serão fornecidos em qual unidade? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Volume (m³)
- ☐ Peso (toneladas)
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**27. Qual foi a produção total de resíduos da obra?**

\_\_\_\_\_

**28. Houve produção de RCD de acordo com tipologias? \***

Se não houve produção de RCD de acordo com tipologias, é favor responder a questão logo abaixo e, em seguida, ir ao final do inquérito. Se houve produção de RCD de acordo com tipologias, é favor não responder a questão logo abaixo e responder as demais questões do inquérito.

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

29. Se não houve produção de RCD de acordo com tipologias, informe quais os resíduos produzidos e suas quantidades:

---

---

---

---

---

**Se houve separação de RCD de acordo com tipologias, quais foram as quantidades aproximadas de resíduos produzidas em cada tipologia?**

---

30. Betão (Código LER 17 01 01)

---

31. Resíduos cerâmicos (Códigos LER 17 01 02 e 17 01 03)

---

32. Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (Código LER 17 01 07)

---

33. Madeira (Código LER 17 02 01)

---

34. Vidro (Código LER 17 02 02)

---

35. Plástico (Código LER 17 02 03)

---

36. Metais (Código LER 17 04)

---

37. Solos (Código LER 17 05)

---

38. Resíduos de materiais de isolamento (Código LER 17 06 04)

---

39. Gesso/gesso acartonado (Código LER 17 08)

---

40. Embalagens de papel/cartão (Código LER 15 01 01)

---

41. Embalagens de metal (Código LER 15 01 04)

---

42. Sacos de cimento (Código LER 15 01 10\*)

---

43. Foram produzidos resíduos perigosos?

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim

☐ Não

44. Se foram produzidos resíduos perigosos, identifique quais e suas quantidades.

---

---

---

---

---

45. Foram produzidos outros tipos de RCD?

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim

☐ Não

*Após a última pergunta desta seção, interromper o preenchimento deste formulário.*

46. Se foram produzidos outros tipos de RCD, identifique quais e suas quantidades.

---

---


---

---

---

---

Powered by

 Google Forms

## ANEXO C – Questionário “Geração de resíduos de construção em canteiros de obra de habitação”

### PRODUÇÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO EM CANTEIROS DE OBRA

Os dados deste formulário serão utilizados de forma anônima para realização de um estudo para dissertação de mestrado que trata das práticas da gestão de resíduos de construção e demolição (RCD) em obras de construção de edifícios de habitação.

As medidas de gestão de resíduos e valores de produção de RCD fornecidas por empresas brasileiras e portuguesas serão comparadas a fim de analisar possíveis melhorias que possam ser aplicadas na gestão de resíduos em futuros empreendimentos.

Considere a resposta a cada questionário para uma só obra. Para responder ao questionário para mais de uma obra, utilize o atalho "Enviar outra resposta" após finalizar o preenchimento do formulário.

**\*Obrigatório**

1. **Endereço de e-mail \***

---

**Referente ao empreendimento:**

**Em relação às características do empreendimento:**

---

2. **Qual o tipo da obra?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Casa ou sobrado
- ☐ Casas geminadas
- ☐ Edifício residencial

3. **Qual a característica das casas ou apartamentos?**

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ 1 quarto
- ☐ 2 quartos
- ☐ 3 quartos
- ☐ 4 quartos ou maior

4. **No caso de casas geminadas ou edifícios residenciais, indique a quantidade de blocos e o número total de casas ou apartamentos:**

---

5. **Se o projeto possuir salas comerciais, indique quantas:**

---

6. **Área total do terreno (m²):**

---

7. Área total construída (m²): \*

---

8. Número de subsolos:

---

9. Número de pavimentos, acima do subsolo:

---

10. Data aproximada de início da obra:

*Exemplo: 15 de dezembro de 2012*

11. Data aproximada de fim da obra:

*Exemplo: 15 de dezembro de 2012*

### **Em relação à execução da obra:**

---

12. Principais materiais de construção para pilares e vigas:

*Marque todas que se aplicam.*

☐ Concreto armado

☐ Aço

☐ Madeira

☐ Alvenaria estrutural

☐ Aço leve galvanizado

☐ Outro: \_\_\_\_\_

13. Principais métodos construtivos para lajes:

*Marque todas que se aplicam.*

☐ Lajes de concreto armado

☐ Pré-lajes

☐ Lajes alveolares

☐ Lajes de aço leve e OSB

☐ Estrutura de madeira

☐ Outro: \_\_\_\_\_



**14. Principais acabamentos utilizados:***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Argamassa cimentícia
- ☐ Argamassa de cal
- ☐ Piso laminado
- ☐ Mármore
- ☐ Granito
- ☐ Madeira
- ☐ Esquadrias de madeira
- ☐ Esquadrias metálicas ou de alumínio
- ☐ Esquadria de PVC
- ☐ Gesso
- ☐ Pintura
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**15. Quais os tipos de isolamento térmico e acústico utilizados?***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Poliestireno expandido
- ☐ Poliestireno extrudido
- ☐ Lã de rocha
- ☐ Nenhum
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**Referente à gestão e produção de RCD:****Em relação ao plano de gestão de resíduos (PGRCC):**

---

**16. A obra possuía plano de gestão de resíduos?***Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

**17. Qual era a eficácia das diretrizes de gestão de resíduos abordadas pelo PGRCC em relação à geração e destinação de resíduos no canteiro?***Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Alta
- ☐ Média
- ☐ Baixa

**18. Que medidas foram adotadas para reduzir a produção de RCD?***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Compatibilização de projetos para evitar retrabalho
- ☐ Conscientização dos trabalhadores
- ☐ Utilização de elementos pré-fabricados
- ☐ Planejamento do canteiro de obras
- ☐ Gestão e organização de estoques de materiais
- ☐ Preparação prévia da obra
- ☐ O projeto contempla soluções nesse âmbito
- ☐ Nenhuma
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**19. Foi realizada segregação de resíduos na obra?***Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

**20. Se foi realizada segregação, qual foi o critério utilizado para realizá-la?***Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Classificação imposta pela legislação
- ☐ Pelo tipo de material
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**21. Qual o destino final dos RCD da obra?***Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Reutilização de resíduos na própria obra
- ☐ Reutilização de resíduos em outras obras
- ☐ Coleta seletiva
- ☐ Depósito em aterros licenciados
- ☐ Encaminhamento para usina de reciclagem
- ☐ Encaminhamento para unidades de compostagem
- ☐ Encaminhamento para olarias
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**Em relação aos custos:**

---

**22. Que percentagem do custo total da obra representa a gestão e encaminhamento de resíduos?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Até 1%
- ☐ De 1 a 2%
- ☐ De 2 a 3%
- ☐ De 3 a 4%
- ☐ De 4 a 5%
- ☐ Acima de 5%

**23. Foi obtido algum retorno monetário através do encaminhamento de resíduos?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não

**24. Se sim, é possível informar esse valor, em termos de percentagem, relacionado ao custo total da obra?**

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Até 1%
- ☐ De 1 a 2%
- ☐ De 2 a 3%
- ☐ De 3 a 4%
- ☐ Acima de 4%

**Referente à produção de resíduos:**

Preenchendo inicialmente a unidade em que se encontram os dados, posteriormente, basta inserir o valor numérico nos demais itens.

**25. Os valores serão fornecidos em qual unidade? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Volume (m³)
- ☐ Peso (toneladas)
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**26. Qual foi a produção total de resíduos?**

\_\_\_\_\_

**27. Houve geração de RCD de acordo com tipologias?**

Se não houve geração de RCD de acordo com tipologias, favor responder a questão logo abaixo e dirigir-se ao final do formulário. Se houve geração de RCD de acordo com tipologias, favor não responder a questão logo abaixo e responder as demais questões do inquérito.

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não
-

28. Se não houve geração de RCD de acordo com tipologias, informe quais os resíduos gerados e suas quantidades:

---

---

---

---

---

**Quais foram as quantidades aproximadas de resíduos produzidas por tipologia?**

---

Caso não tenham sido produzidos resíduos de alguma tipologia abaixo citada, favor inserir "NA" (não aplicável) no campo de resposta.

29. **Concreto**

---

30. **Resíduos cerâmicos**

---

31. **Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (caliça)**

---

32. **Madeira**

---

33. **Vidro**

---

34. **Plástico**

---

35. **Metais**

---

36. **Solos**

---

37. **Resíduos de materiais de isolamento**

---

38. **Gesso/gesso acartonado**

---

39. Embalagens de papel/papelão

---

40. Embalagens de metal

---

41. Sacos de cimento

---

42. Foram produzidos resíduos perigosos?

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim

☐ Não

43. Se foram produzidos resíduos perigosos, identifique quais e suas quantidades.

---

---

---

---

---

44. Foram produzidos outros tipos de RCD?

*Marcar apenas uma oval.*

☐ Sim

☐ Não

45. Se foram produzidos outros tipos de RCD, identifique quais e suas quantidades.

---

---

---

---

---

☐ Envie para mim uma cópia das minhas respostas.

ANEXO D – Respostas ao inquérito português em relação ao projeto e à execução da obra

Obras Portuguesas	Qual o tipo da obra?	Qual a característica das moradias ou frações?	No caso de moradia bifamiliar/geminada ou de edifício multifamiliar, indique o número de frações:	Quantas frações são consideradas para comércio?	Área total do terreno (m²):	Área total de construção (m²):	Número de pisos abaixo da cota soleira:	Número de pisos acima da cota soleira:	Data aproximada de início da obra:	Data aproximada de fim da obra:	Principais métodos construtivos para pilares e vigas:	Principais métodos construtivos para lajes:	Principais métodos construtivos para sapatas:	Principais acabamentos utilizados:	Quais os tipos de isolamento térmico e acústico utilizados?
OBRA PA	Edifício multifamiliar	T3	12	0	350	2800	2	6	11/09/2018	13/05/2019	Tecnologia betão armado	Lajes aligeiradas de vigota pré-esforçadas	Betão armado	Argamassa de inertes correntes (areia e cimento), argamassa à base de estuque, revestimento cerâmico, pavimento flutuante, granito, madeira, caixilharia de PVC, pintura	Poliestireno expandido Poliestireno extrudido, Lã de rocha
OBRA PB	Edifício multifamiliar	T4 ou maior	10	0	800	1500	1	2	01/04/2017	11/09/2018	Tecnologia betão armado	Lajes aligeiradas de vigota pré-esforçadas	Betão armado	Argamassa de inertes correntes (areia e cimento), revestimento cerâmico, granito, caixilharia metálica/alumínio, gesso, gesso acartonado, fachada ventilada com painel fenólico	Poliestireno extrudido
OBRA PC	Edifício multifamiliar	T2	15	0	672	4000	2	7	01/10/2018	01/10/2019	Tecnologia betão armado	Lajes de betão armado	Betão armado	Argamassa à base de estuque, revestimento cerâmico, pavimento flutuante, mármore, madeira, caixilharia de PVC, gesso acartonado, pintura	Lã de rocha
OBRA PD	Edifício multifamiliar	T3	12	0	340	2540	2	5	16/06/2015	14/03/2016	Tecnologia betão armado	Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	Betão armado	Argamassa à base de estuque, revestimento cerâmico, pavimento flutuante, caixilharia de madeira, caixilharia de PVC, gesso acartonado, pintura	Poliestireno expandido Poliestireno extrudido Lã de rocha
OBRA PE	Edifício multifamiliar	T3	12	0	340	2380	0	5	17/08/2016	17/07/2017	Tecnologia betão armado	Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	Betão armado	Argamassa de inertes correntes, (areia e cimento), revestimento cerâmico, pavimento flutuante, madeira, caixilharia de PVC, gesso acartonado, pintura	Poliestireno expandido, Poliestireno extrudido, Lã de rocha
OBRA PF	Moradia bifamiliar/geminada	T3	12	0	340	2880	2	5	11/09/2017	13/08/2018	Tecnologia betão armado	Lajes aligeiradas de vigotas pré-esforçadas	Betão ciclópico	Argamassa de inertes correntes, (areia e cimento), argamassa à base de estuque, revestimento cerâmico, pavimento flutuante, madeira, caixilharia de PVC, gesso acartonado, pintura	Poliestireno expandido Poliestireno extrudido Lã de rocha

ANEXO E – Respostas ao inquérito português em relação ao gerenciamento de resíduos e custos relacionados

Obras Portuguesas	A obra possuía plano de gestão de resíduos?	Qual era a influência ao nível das exigências de gestão do plano de gestão de resíduos sobre geração e destinação de resíduos no estaleiro?	Que medidas foram adoptadas para reduzir a produção de RCD?	Foi realizada a separação de resíduos (triagem) no estaleiro?	Se foi realizada separação, qual foi o critério utilizado para realizá-la?	Qual o destino final de RCD da obra?	Que percentagem do custo total da obra representa a gestão e encaminhamento de resíduos?	Foi obtido algum retorno monetário através do encaminhamento de resíduos?	Se sim, é possível comunicar esse valor em termos de percentagem face ao custo da obra?
OBRA PA	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, sensibilizar os trabalhadores, planeamento do estaleiro de obra, preparação prévia da obra	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, Separação de resíduos de cartão, plástico no âmbito da gestão de resíduos selectivos	Até 1%	Não	
OBRA PB	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, sensibilizar os trabalhadores, planeamento do estaleiro de obra, gestão de stocks de materiais adquiridos, preparação prévia da obra	Sim	Pelo tipo de material	Reutilização de resíduos na própria obra, Separação de resíduos de cartão, plástico no âmbito da gestão de resíduos selectivos	Até 1%	Não	
OBRA PC	Sim	Baixa	Nenhuma	Sim	Pelo tipo de material	Depósito em aterros licenciados	De 3 a 4%	Não	
OBRA PD	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, sensibilizar os trabalhadores, planeamento do estaleiro de obra, preparação prévia da obra, redução de desperdícios	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, Separação de resíduos de cartão, plástico no âmbito da gestão de resíduos selectivos, Depósito em aterros licenciados	Até 1%	Não	
OBRA PE	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, sensibilizar os trabalhadores, planeamento do estaleiro de obra, preparação prévia da obra, o projeto tem alguns procedimentos em atenção nesse campo	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, Separação de resíduos de cartão, plástico no âmbito da gestão de resíduos selectivos, Depósito em aterros licenciados	Até 1%	Não	Até 1%
OBRA PF	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, sensibilizar os trabalhadores, planeamento do estaleiro de obra, preparação prévia da obra, o projeto tem alguns procedimentos em atenção nesse campo	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, Separação de resíduos de cartão, plástico no âmbito da gestão de resíduos selectivos, Depósito em aterros licenciados	Até 1%	Não	Até 1%

ANEXO F - Respostas ao inquérito português em relação à geração de resíduos no canteiro de obras

OBRAS PORTUGUESAS	Os valores serão fornecidos em qual unidade?	Qual foi a produção total de resíduos da obra?	Houve produção de RCD de acordo com tipologias?	Se não houve produção de RCD de acordo com tipologias, informe quais os resíduos produzidos e suas quantidades:	Betão (Código LER 17 01 01)	Resíduos cerâmicos (Códigos LER 17 01 02 e 17 01 03)	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (Código LER 17 01 07)	Madeira (Código LER 17 02 01)	Vidro (Código LER 17 02 02)	Plástico (Código LER 17 02 03)	Metais (Código LER 17 04)	Solos (Código LER 17 05)	Resíduos de materiais de isolamento (Código LER 17 06 04)	Gesso/gesso acartonado (Código LER 17 08)	Embalagens de papel/cartão (Código LER 15 01 01)	Embalagens de metal (Código LER 15 01 04)	Sacos de cimento (Código LER 15 01 10*)	Foram produzidos resíduos perigosos?	Se foram produzidos resíduos perigosos, identifique quais e suas quantidades.	Foram produzidos outros tipos de RCD?	Se foram produzidos outros tipos de RCD, identifique quais e suas quantidades.
OBRA PA	Peso (toneladas)	4,1	Sim		1.2 ton	0.8 ton	0	150	0	450	0.5	0	0.1	0.3	350	0	250	Não		Não	
OBRA PB	Peso (toneladas)	1,88	Sim															Não		Sim	17 09 04 R12 1.88 toneladas
OBRA PC	Peso (toneladas)		Sim		10 t		50 t	10 t		1								Sim	Amianto	Não	
OBRA PD	Peso (toneladas)	7	Sim		4	0.5	0.5	0	0	450	0.5	0	0.1	0.25	0.20	0	0.5	Não		Não	
OBRA PE	Peso (toneladas)	7.85	Sim		4.6	0.65	0.45	0	0	465	0.45	0	150	0.25	0.9	0	835	Não		Não	
OBRA PF	Peso (toneladas)	7.3	Sim		3.95	0.45	0.55	0	0	0.65	0.60	0	0.25	235	0.6	0	565	Não		Não	



ANEXO G - Respostas ao inquérito brasileiro em relação ao projeto e à execução da obra

Obras Brasileiras	Qual o tipo da obra?	Qual a característica das casas ou apartamentos?	No caso de casas geminadas ou edifícios residenciais, indique a quantidade de blocos e o número total de casas ou apartamentos:	Se o projeto possuir salas comerciais, indique quantas:	Área total do terreno (m²):	Área total construída (m²):	Número de subsolos:	Número de pavimentos, acima do subsolo:	Data aproximada de início da obra:	Data aproximada de fim da obra:	Principais materiais de construção para pilares e vigas:	Principais métodos construtivos para lajes:	Principais acabamentos utilizados:	Quais os tipos de isolamento térmico e acústico utilizados?
OBRA A	Edifício residencial	2 quartos, 3 quartos	1	2	5287	26545	5	24	31/05/2011	30/10/2014	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, piso laminado, mármore, granito, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA B	Edifício residencial	2 quartos, 3 quartos	320	238	4644	41268	2	24	01/12/2011	30/10/2014	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, mármore, granito, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA C	Edifício residencial	3 quartos	27		925	3713	1	8	01/10/2011	30/04/2013	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, mármore, granito, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA D	Edifício residencial	3 quartos	8	0	560	1255	0	5	28/08/2017	22/02/2019	Concreto armado Aço	Lajes de concreto armado, Lajes alveolares	Argamassa cimentícia, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA E				25	1750	2176	1	2	20/02/2018	20/05/2019	Pré-moldado	Pré-moldados	Mármore, esquadria de pvc, gesso, pintura	Nenhum
OBRA F	Casa ou sobrado	4 quartos ou maior			300	450	1	3	06/06/2018	02/03/2018	Concreto armado Aço	Lajes de concreto armado Bloco celular leve	Argamassa cimentícia, argamassa de cal, piso laminado, granito, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA G	Edifício residencial	4 quartos ou maior	32		3000	17000	2	26	02/02/2015	30/10/2017	Concreto armado Aço	Lajes de concreto armado Lajes alveolares	Argamassa cimentícia, piso laminado, mármore, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Poliestireno expandido
OBRA H	Casas geminadas	2 quartos	2		240	100	0	0	07/05/2018	16/11/2018	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Esquadria de PVC, pintura	Nenhum
OBRA I	Edifício residencial	3 quartos, 4 quartos ou maior	31	0	1750	8100	2	10	01/03/2018	01/03/2020	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, mármore, granito, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura, revestimento cerâmico, piso engenheirado, pintura epóxi	Poliestireno expandido, Lã de vidro, Lã de pet para paredes, Manta de EPDM para piso
OBRA J	Casas geminadas	2 quartos	369		79259	48542	0	1	17/07/2017	30/08/2019	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado	Esquadrias de madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura, piso cerâmico, textura acrílica	Nenhum
OBRA K	Casas geminadas	2 quartos	226		42477	9806	0	1	04/04/2016	22/12/2017	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado	Madeira, esquadrias de madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura, piso cerâmico, textura acrílica	Nenhum
OBRA L	Edifício residencial	3 quartos	30			8718	2	9	31/07/2017	31/07/2019	Concreto armado Aço Madeira	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, argamassa de cal, piso laminado, mármore, granito, esquadrias de madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Poliestireno expandido Lã de rocha
OBRA M	Edifício residencial	2 quartos, 3 quartos	40		3465	9846			01/12/2011	31/12/2013	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, mármore, granito, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA N	Edifício residencial	2 quartos, 3 quartos	670		27681	60031	0	10	01/04/2010	01/12/2012	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, argamassa de cal, mármore, granito, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA O	Casas geminadas	3 quartos, 4 quartos ou maior	18		2841	6642	0	2	15/04/2014	25/06/2016	Concreto armado	Lajes de concreto armado, Estrutura de madeira	Argamassa cimentícia, mármore, granito, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA P	Edifício residencial	4 quartos ou maior	22		941	8105	1	22	01/05/2015	01/11/2017	Concreto armado	Lajes de concreto armado	Argamassa cimentícia, piso laminado, mármore, granito, madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA Q	Edifício residencial	1 quarto, 2 quartos	184	4	1904	11040	2	23	04/04/2011	20/07/2014	Concreto armado	Lajes de concreto armado, Lajes alveolares	Argamassa cimentícia, granito, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura	Nenhum
OBRA R	Edifício residencial	2 quartos	480	Não possui		24048	0		01/09/2017	01/09/2019	Alvenaria estrutural	Lajes de concreto armado	Piso laminado, esquadrias de madeira, esquadrias metálicas ou de alumínio, gesso, pintura, cerâmica	

ANEXO H - Respostas ao inquérito brasileiro em relação ao custo relacionado ao gerenciamento de resíduos e custos relacionados

Obras Brasileiras	A obra possuía plano de gestão de resíduos?	Qual era a eficácia das diretrizes de gestão de resíduos abordadas pelo PGRCC em relação à geração e destinação de resíduos no canteiro?	Que medidas foram adotadas para reduzir a produção de RCD?	Foi realizada segregação de resíduos na obra?	Se foi realizada segregação, qual foi o critério utilizado para realizá-la?	Qual o destino final dos RCD da obra?	Que percentagem do custo total da obra representa a gestão e encaminhamento de resíduos?	Foi obtido algum retorno monetário através do encaminhamento de resíduos?	Se sim, é possível informar esse valor, em termos de percentagem, relacionado ao custo total da obra?
OBRA BA	Sim	Média	Conscientização dos trabalhadores, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Pelo tipo de material	Coleta seletiva, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para olarias	De 1 a 2%	Sim	Até 1%
OBRA BB	Sim	Média	Conscientização dos trabalhadores, Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Pelo tipo de material	Coleta seletiva, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para olarias	Até 1%	Sim	Até 1%
OBRA BC	Sim	Baixa	Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Pelo tipo de material	Reutilização de resíduos em outras obras, coleta seletiva, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para olarias	Até 1%	Não	
OBRA BD	Sim	Alta	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Planejamento do canteiro de obras	Sim	Pelo tipo de material	Reutilização de resíduos em outras obras, depósito em aterros licenciados			
OBRA BE	Sim	Média	Conscientização dos trabalhadores, Utilização de elementos pré-fabricados, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais, Preparação prévia da obra	Sim	Pelo tipo de material	Reutilização de resíduos na própria obra, coleta seletiva, depósito em aterros licenciados	Até 1%	Sim	Até 1%
OBRA BF	Não	Baixa	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, O projeto contempla soluções nesse âmbito	Não		Reutilização de resíduos na própria obra, coleta seletiva, depósito em aterros licenciados	De 1 a 2%	Não	
OBRA BG	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Utilização de elementos pré-fabricados, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais, Preparação prévia da obra, Execução realizada com terminabilidade, sem arremates	Sim	Pelo tipo de material	Coleta seletiva, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para unidades de compostagem	Até 1%	Não	
OBRA BH	Sim	Alta	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Planejamento do canteiro de obras	Sim	Classificação imposta pela legislação	Depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem	De 3 a 4%	Não	
OBRA BI	Sim	Alta	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Utilização de elementos pré-fabricados, Planejamento do canteiro de obras, O projeto contempla soluções nesse âmbito	Sim	A empresa presa pela certificação LEED de seus empreendimentos, e mesmo que o mesmo não seja certificado, seguimos as diretrizes deste órgão para segregação	Coleta seletiva, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para unidades de compostagem, encaminhamento para olarias. Os resíduos que tem classificações de reutilização, são enviados aos locais certificados que fazer esse reaproveitamento, os materiais que precisam passar por alguma transformação física para sua reciclagem são enviados aos locais corretos.	De 1 a 2%	Sim	Até 1%
OBRA BJ	Sim	Baixa	Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Pelo tipo de material	Depósito em aterros licenciados	Até 1%	Não	
OBRA BK	Sim	Baixa	Conscientização dos trabalhadores	Sim	Classificação imposta pela legislação	Depósito em aterros licenciados	Até 1%	Não	
OBRA BL	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais, Preparação prévia da obra	Sim	Pelo tipo de material	Reutilização de resíduos na própria obra, reutilização de resíduos em outras obras, coleta seletiva, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para olarias	Até 1%	Sim	Até 1%
OBRA BM	Sim	Baixa	Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Classificação imposta pela legislação	Depósito em aterros licenciados, encaminhamento para olarias	Até 1%	Não	Até 1%
OBRA BN	Sim	Baixa	Utilização de elementos pré-fabricados, Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para olarias	Até 1%	Sim	Até 1%
OBRA BO	Sim	Média	Conscientização dos trabalhadores, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais, Preparação prévia da obra, O projeto contempla soluções nesse âmbito	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, coleta seletiva depósito em aterros licenciados, encaminhamento para olarias	De 1 a 2%	Sim	Até 1%
OBRA BP	Sim	Alta	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais, Preparação prévia da obra, O projeto contempla soluções nesse âmbito	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, coleta seletiva depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para olarias	De 1 a 2%	Sim	De 1 a 2%
OBRA BQ	Sim	Média	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Gestão e organização de estoques de materiais, O projeto contempla soluções nesse âmbito	Sim	Classificação imposta pela legislação	Coleta seletiva, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem, encaminhamento para olarias	Até 1%	Sim	Até 1%
OBRA BR	Sim	Alta	Compatibilização de projetos para evitar retrabalho, Conscientização dos trabalhadores, Utilização de elementos pré-fabricados, Planejamento do canteiro de obras, Gestão e organização de estoques de materiais	Sim	Classificação imposta pela legislação	Reutilização de resíduos na própria obra, depósito em aterros licenciados, encaminhamento para usina de reciclagem	De 2 a 3%	Sim	Até 1%

ANEXO I - Respostas ao inquérito brasileiro em relação à geração de resíduos no canteiro de obras

Obras Brasileiras	Os valores serão fornecidos em qual unidade?	Qual foi a produção total de resíduos?	Houve geração de RCD de acordo com tipologias?	Se não houve geração de RCD de acordo com tipologias, informe quais os resíduos gerados e suas quantidades:	Concreto	Resíduos cerâmicos	Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (caliça)	Madeira	Vidro	Plástico	Metais	Solos	Resíduos de materiais de isolamento	Gesso e gesso acartonado	Embalagens de papel e papelão	Embalagens de metal	Sacos de cimento	Foram produzidos resíduos perigosos?	Se foram produzidos resíduos perigosos, identifique quais e suas quantidades.	Foram produzidos outros tipos de RCD?	Se foram produzidos outros tipos de RCD, identifique quais e suas quantidades.
OBRA BA	Volume (m³)	40399	Sim		715	731	0	272	0	150	5	38171	1	52	133	46	0	Sim	Restos de tintas solventes e graxas panos contaminados = 20m3	Não	
OBRA BB	Volume (m³)	14368	Sim		936	546	39	123	0	117	5	11979	0	254	110	10	0	Sim	Restos de materiais contaminados com tintas e solventes = 15m3	Sim	Rejeitos classe IIA = 235 m3
OBRA BC	Volume (m³)	410	Sim		42	40	13	25	0	25	15	175	0	12	45	10	0	Não		Não	Lixo comum = 10m3
OBRA BD	Volume (m³)																				
OBRA BE	Peso (toneladas)	3264	Sim		346	586	143	487	238	412	527	175		132	76	142	76	Sim	Solventes	Não	
OBRA BF	Caçambas	22	Não		2	2	10	0,5	0	0,5	0,5	1	1	1	0,5	0,5	100	Não		Não	
OBRA BG	Volume (m³)	2100	Sim		30	30	700	500		100	200	400	100	100	10		30	Não		Não	
OBRA BH	Volume para Classes A, B e C e Peso para Classe D (Tintas)	4,5	Não		0,5	0,5	1,5	1	0	0,2	0	0.30	0	0	0.20	0	0.10	Sim	0.2	Não	
OBRA BI	Volume (m³)	8200	Sim		98	42	112	140	5	14	85	7200	14	280	42	58	56	Não		Não	
OBRA BJ	Volume (m³)	1300	Não																		
OBRA BK	Volume (m³)	670	Não																		
OBRA BL	Volume (m³)	7545 m³ e 610 kg até o momento. Obra ainda não foi concluída	Sim				7231,5 m³	308 m³		210 kg	2100 kg	6802 m³	4,25		400 kg			Sim	EPIs, latas contaminadas com tintas e óleos	Não	
OBRA BM	Volume (m³)	1698	Sim		65	182	20	22	0	42	15	926	0	14	19	0	0	Sim	2	Não	
OBRA BN	Volume (m³)	2820	Sim		65	0	255	160	1	62	96	266	0	58	40	30	0	Sim	14	Não	
OBRA BO	Volume (m³)	271	Sim		43	6	27	52	1	35	18	45	0	8	7	0	11	Sim	Tintas e solventes = 3 m³	Não	
OBRA BP	Volume (m³)	342	Sim		46	13	0	44	3	75	20	18	0	10	0	0	0	Sim	Tintas e solventes = 4m³	Não	
OBRA BQ	Volume (m³)	306	Sim		92	8	38	60	0	30	15	95	0	29	12	7	0	Sim	Tintas e solventes = 11m³	Não	
OBRA BR	Volume (m³)	1613	Sim				1246	8			11	144		120				Não		Sim	Classificamos plástico, papelão, sacaria como 'reciclados' - Total 84m³

## ANEXO J – Utilização de medidas de gerenciamento de resíduos em canteiros de obra portugueses

Obra	Compatibilização de projetos	Sensibilização dos Trabalhadores	Utilização de elementos pré-fabricados	Planejamento do estaleiro de obra	Gestão de stocks de materiais adquiridos	Preparação prévia da obra	Procedimentos incorporados ao projeto	Nenhuma	Outras
OBRA PA	1	1		1		1			
OBRA PB	1	1		1	1	1			
OBRA PC								1	
OBRA PD	1	1		1		1			1
OBRA PE	1	1		1		1	1		
OBRA PF	1	1		1		1	1		
Total	5	5	0	5	1	5	2	1	1
Total (%)	83%	83%	0%	83%	17%	83%	33%	17%	17%

## ANEXO K – Geração total de RC em canteiros de obra portugueses

Obras Portuguesas	Área total de construção (m²):	Produção total de resíduos da obra (toneladas)	Produção de resíduos (t/m²)	Média (t/m²)	Desvio Padrão (t/m²)	Média (kg/m²)	Desvio Padrão (kg/m²)	Produção de resíduos excluindo obra C	Média (t/m²)	Desvio Padrão (t/m²)	Média (kg/m²)	Desvio Padrão (kg/m²)
OBRA PA	2800	4,1	0,0015	0,0048	0,00582	4,84	5,82	0,0015	0,00226	0,00078	2,26	0,78
OBRA PB	1500	1,88	0,0013					0,0013				
OBRA PC	4000	71	0,0178									
OBRA PD	2540	7	0,0028					0,0028				
OBRA PE	2380	7,85	0,0033					0,0033				
OBRA PF	2880	7,3	0,0025					0,0025				

## ANEXO L – Geração de resíduos por tipologia em canteiros de obra portugueses

Obras Portuguesas	Unidade	C	RC	MI	MA	V	P	ME	RMI	G	EPC	EM	MRC	Total/obra
OBRA PA	Peso (toneladas)	1,200	0,800	0,000	0,150	0,000	0,450	0,500	0,100	0,300	0,350	0,000		3,85
OBRA PB	Peso (toneladas)												1,88	1,88
OBRA PC	Peso (toneladas)	10		50	10		1							71,00
OBRA PD	Peso (toneladas)	4,000	0,500	0,500	0,000	0,000	0,450	0,500	0,100	0,250	0,200	0,000		6,50
OBRA PE	Peso (toneladas)	4,600	0,650	0,450	0,000	0,000	0,465	0,450	0,150	0,250	0,900	0,000		7,915
OBRA PF	Peso (toneladas)	3,950	0,450	0,550	0,000	0,000	0,650	0,600	0,250	0,235	0,600	0,000		7,285
Total		23,75	2,4	51,5	10,15	0	3,015	2,05	0,6	1,035	2,05	0	1,88	98,43
Total (%)		24%	2%	52%	10%	0%	3%	2%	1%	1%	2%	0%	2%	100%

C – Concreto; RC – Resíduos cerâmicos; MI – Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos; MA – Madeira; V – Vidro; P – Plástico; ME – Metais; RMI – Resíduos de materiais de isolamento; G – Gesso e gesso cartonado; EPC – Embalagens de papel/papelão; EM – Embalagens de metal; SC – Sacos de cimento.

## ANEXO M – Utilização de medidas de encaminhamento de resíduos em canteiros de obra portuguesas

Obra	Reutilização de resíduos em obra	Reutilização de resíduos em outras obras	Separação de resíduos conforme gestão seletiva	Depósito em aterros
OBRA PA	1		1	
OBRA PB	1		1	
OBRA PC				1
OBRA PD	1		1	1
OBRA PE	1		1	1
OBRA PF	1		1	1
Total	5		5	4
Total (%)	83%	0%	83%	67%

## ANEXO N – Utilização de medidas de gerenciamento de resíduos em canteiros de obra brasileiros

Obra	Compatibilização de projetos	Sensibilização dos Trabalhadores	Utilização de elementos pré-fabricados	Planejamento do estaleiro de obra	Gestão de stocks de materiais adquiridos	Preparação prévia da obra	Procedimentos incorporados ao projeto	Nenhuma	Outras
OBRA BA		1		1	1				
OBRA BB		1			1				
OBRA BC					1				
OBRA BD	1	1		1					
OBRA BE		1	1	1	1	1			
OBRA BF	1						1		
OBRA BG	1	1	1	1	1	1			1
OBRA BH	1	1		1					
OBRA BI	1	1	1	1		1			
OBRA BJ				1	1				
OBRA BK		1							
OBRA BL	1			1	1	1			
OBRA BM					1				
OBRA BN			1		1				
OBRA BO		1		1	1	1	1		
OBRA BP	1	1		1	1	1	1		
OBRA BQ	1	1			1		1		
OBRA BR	1	1	1	1	1				
Total	9	12	5	11	13	6	4	0	1
Total (%)	50%	67%	28%	61%	72%	33%	22%	0%	6%



## ANEXO O – Geração total de RC em canteiros de obra brasileiros

Obras Brasileiras	Área total de construção (m²):	Produção total de resíduos da obra (m³)	Produção de solo escavado (m³)	Produção de resíduos excluindo solos (m³)	Produção de resíduos (m³/m²)	Média (m³/m²)	Desvio Padrão (m³/m²)	Produção de resíduos excluindo solos (m³/m²)	Média (m³/m²)	Desvio Padrão (m³/m²)	Média (kg/m²)	Desvio Padrão (kg/m²)	Observações
OBRA BA	26545	40399	38171	2228	1,522	0,34648	0,52348	0,0839	0,12177	0,19871	101,14	165,05	
OBRA BB	41268	14368	11979	2389	0,348			0,0579					
OBRA BC	3713	410	175	235	0,110			0,0633					
OBRA BD	450	110	1	109	0,244			0,2422					
OBRA BG	17000	2100	400	1700	0,124			0,1000					
OBRA BH	100	4,5	0,3	4,2	0,045			0,0420					
OBRA BI	8100	8200	7200	1000	1,012			0,1235					Obra não concluída, 1 ano e 1 mês de obra
OBRA BJ	48542	1300	0	1300	0,027			0,0268					
OBRA BK	9806	670	0	670	0,068			0,0683					
OBRA BL	8718	14345,75	6802	7543,75	1,646			0,8653					Obra não concluída 1 ano e 6 meses de obra
OBRA BM	9846	1698	926	772	0,172			0,0784					
OBRA BN	60031	2820	266	2554	0,047			0,0425					
OBRA BO	6642	271	45	226	0,041			0,0340					
OBRA BP	8105	342	18	324	0,042			0,0400					
OBRA BQ	11040	306	95	211	0,028			0,0191					
OBRA BR	24048	1613	144	1469	0,067			0,0611					Obra não concluída, 1 ano e 5 meses de obra

## ANEXO P – Geração de resíduos por tipologia em canteiros de obra brasileiros

Obras Brasileiras	Unidade	C	RC	MI	MA	V	P	M	RMI	G	EPC	EM	Total/obra
OBRA BA	Volume (m³)	715,0	731,0	0,0	272,0	0,0	150,0	5,0	1,0	52,0	133,0	46,0	2105,00
OBRA BB	Volume (m³)	936,0	546,0	39,0	123,0	0,0	117,0	5,0	0,0	254,0	110,0	10,0	2140,00
OBRA BC	Volume (m³)	42,0	40,0	13,0	25,0	0,0	25,0	15,0	0,0	12,0	45,0	10,0	227,00
OBRA BF	Volume (m³)	10,0	10,0	50,0	2,5	0,0	2,5	2,5	5,0	5,0	2,5	2,5	92,50
OBRA BG	Volume (m³)	30,0	30,0	700,0	500,0		100,0	200,0	100,0	100,0	10,0		1770,00
OBRA BH	Volume para Classes A B e C e Peso para Classe D (Tintas)	0,5	0,5	1,5	1,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	3,90
OBRA BI	Volume (m³)	98,0	42,0	112,0	140,0	5,0	14,0	85,0	14,0	280,0	42,0	58,0	890,00
OBRA BL	Volume (m³)			7231,5	308,0		16,2	2,3	4,3		3,6		7565,81
OBRA BM	Volume (m³)	65,0	182,0	20,0	22,0	0,0	42,0	15,0	0,0	14,0	19,0	0,0	379,00
OBRA BN	Volume (m³)	65,0	0,0	255,0	160,0	1,0	62,0	96,0	0,0	58,0	40,0	30,0	767,00
OBRA BO	Volume (m³)	43,0	6,0	27,0	52,0	1,0	35,0	18,0	0,0	8,0	7,0	0,0	197,00
OBRA BP	Volume (m³)	46,0	13,0	0,0	44,0	3,0	75,0	20,0	0,0	10,0	0,0	0,0	211,00
OBRA BQ	Volume (m³)	92,0	8,0	38,0	60,0	0,0	30,0	15,0	0,0	29,0	12,0	7,0	291,00
OBRA BR	Volume (m³)			1246,0	8,0			11,0		120,0			1385,00
Total		2144,5	1610,5	9743,0	1718,0	10,0	669,4	490,3	125,3	943,0	424,8	164,0	18042,71
Total (%)		12%	9%	54%	10%	0%	4%	3%	1%	5%	2%	1%	100%

C – Concreto; RC – Resíduos cerâmicos; MI – Misturas de concreto, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos; MA – Madeira; V – Vidro; P – Plástico; ME – Metais; RMI – Resíduos de materiais de isolamento; G – Gesso e gesso cartonado; EPC – Embalagens de papel/papelão; EM – Embalagens de metal; SC – Sacos de cimento.

## ANEXO Q – Utilização de medidas de encaminhamento de resíduos em canteiros de obra brasileiros

Obra	Reutilização de resíduos em obra	Reutilização de resíduos em outras obras	Separação de resíduos conforme gestão seletiva	Depósito em aterros	Encaminhamento para usinas de reciclagem	Encaminhamento para usinas de compostagem	Encaminhamento para olarias
OBRA BA			1	1	1		1
OBRA BB			1	1	1		1
OBRA BC		1	1	1			1
OBRA BD							
OBRA BE		1		1			
OBRA BF	1		1	1			
OBRA BG			1		1	1	
OBRA BH				1	1		
OBRA BI			1	1	1	1	1
OBRA BJ				1			
OBRA BK				1			
OBRA BL	1	1	1		1		1
OBRA BM				1			1
OBRA BN	1			1			1
OBRA BO	1		1	1			1
OBRA BP	1		1	1	1		1
OBRA BQ			1	1	1		1
OBRA BR	1		1	1			
Total	6	3	11	15	8	2	10
Total (%)	33%	17%	61%	83%	44%	11%	56%