



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Contribuição para a Sustentabilidade na Construção Civil:

Reciclagem e Reutilização de Materiais

Nuno Filipe Godinho Teodoro

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil

Júri

Presidente: Prof. Doutor Augusto Martins Gomes

Orientador: Prof. Doutor Pedro Manuel Gameiro Henriques

Vogal: Prof. Doutor Vítor Manuel Bairrada Murtinho

Outubro de 2011

Agradecimentos

Uma dissertação de mestrado, apesar do trabalho solitário a que o autor se dedica, reúne sempre o contributo de várias pessoas. Desde o início, contei com a confiança e apoio de inúmeras pessoas e sem esses contributos, esta dissertação não teria sido possível.

Em primeiro lugar, ao Professor Pedro Gameiro Henriques, orientador da dissertação, agradeço o apoio, a disponibilidade e as valiosas contribuições para o trabalho.

Na conferência "Sustentabilidade na Reabilitação Urbana: o novo paradigma do mercado da construção" organizada pela iSBE, tive a possibilidade de apresentar oralmente um artigo precisamente baseado nesta dissertação, o que representou uma oportunidade impar de crescimento académico e também pessoal. Assim quero mais uma vez agradecer ao Professor Pedro Gameiro Henriques, pois foi o Professor que me falou nesta conferência e que insistiu para que participasse. Ao Professor e à organização da conferência, o meu muito obrigado.

Quero agradecer ao meu amigo e Arquitecto Carlos Patronilo pela amizade e pela ajuda prestada na impressão do projecto que se encontra nesta dissertação.

Não podia deixar também de agradecer aos meus amigos e colegas de curso Álvaro Pereira e Sara Neves pelo apoio e amizade, aturando-me nos momentos mais difíceis, ajudando a que esta dissertação se tornasse uma realidade.

Claro, estou ainda muito grato à minha família, aos meus pais, avó e irmão pelo incentivo e apoio durante todos estes anos de faculdade.

O meu profundo e sentido agradecimento a todas as pessoas, mesmo outras que não referi anteriormente, que contribuíram para a concretização desta dissertação, estimulando-me intelectual e emocionalmente.

Resumo

Nos últimos anos verifica-se um risco de esgotamento de recursos naturais e a necessidade de encontrar novos materiais e novas técnicas construtivas. A construção civil, apesar da sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população, tem grande quota de responsabilidade na poluição do planeta. Assim, procura-se construir com mais responsabilidade, não pensando apenas no presente, ou seja, procura-se a construção sustentável.

Dentro da temática de sustentabilidade encontra-se a reciclagem que consiste no reaproveitamento de materiais usando-os como matéria-prima de um novo produto. Assim sendo, na área da construção civil e tendo em conta a enorme quantidade de resíduos que são desperdiçados, esta deve ser a solução para a produção de novos materiais, poupando os recursos naturais do planeta.

Outra forma de poupar esses recursos é através da reutilização, que consiste no reaproveitamento de materiais, tal como a reciclagem, mas sem ter que passar por processos industriais e é, sendo assim, uma solução ainda mais vantajosa.

Uma noção a reter ainda é a noção de desconstrução, ou seja demolição selectiva. Esta facilita os processos de reciclagem e reutilização, permitindo grandes vantagens, tanto em termos económicos como ambientais.

Em relação a materiais sustentáveis, estes devem possuir todos os benefícios de um produto convencional e ainda ter um desempenho sustentável. Assim, começam aparecer no mercado vários exemplos de novas soluções construtivas com vista à sustentabilidade.

Este é então um mercado em franco crescimento, pois os materiais sustentáveis têm preços competitivos, estimulam o uso de novas matérias-primas e soluções localizadas.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, Reciclagem, Reutilização, Desconstrução.

Abstract

In recent years there is a risk of depletion of natural resources and the need to find new materials and construction techniques. The construction sector, despite its contribution to improve the quality of life, has a large share of responsibility for polluting the planet. So, we seek to build with more responsibility, thinking ahead and not only in the present, or in other words we seek to sustainable construction.

Within the theme of sustainability is recycling that is the reuse of materials by using them as raw material for a new product. So, in the area of construction and taking into account the huge amount of wasted materials, this should be the solution for the production of new materials, saving the planet's natural resources.

Another way to save these resources is through the reutilization of materials, such as recycling, but without having to go through industrial processes and is, therefore, an even more advantageous solution.

Still to retain is the notion of deconstruction, or selective demolition. This facilitates the processes of recycling and reuse, allowing large economical and environmentally benefits to this field.

Regarding the sustainable materials, they must have all the benefits of a conventional product and still have a sustainable performance. So, it's starting to appear on the market several new examples of constructive solutions, with a view to sustainability.

Then, this is a fast-growing market, because the sustainable materials have competitive prices, stimulating the use of new raw materials and localized solutions.

Keywords: Sustainability, Recycling, Reutilization, Deconstruction.

Índice

Agradecimentos.....	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
Lista de tabelas	viii
Lista de figuras	ix
Lista de abreviações.....	xi
1. Introdução.....	1
2. Objectivos.....	2
3. Sustentabilidade.....	3
3.1 Histórico da Sustentabilidade	3
3.2 Construção Sustentável.....	5
3.3 Materiais Sustentáveis.....	6
3.4 Análise do Ciclo de Vida dos Materiais	8
3.5 Ciclo de Vida das Construções.....	9
3.6 Rotulagem Ecológica e EPD's	10
4. Resíduos da Construção e Demolição.....	14
4.1 Definição	14
4.2 Regulamentação.....	14
4.3 Classificação dos RCD	19
4.3.1 Origem.....	19
4.3.2 Composição	19
4.3.3 Destino	20
4.4 Dificuldades na Gestão e Tratamento dos RCD	21
4.5 Gestão e Valorização dos RCD na Europa	22
4.6 Possíveis Utilizações dos RCD	23
5. Reciclagem	26
5.1 Importância da Reciclagem	26
5.2 Processo de Reciclagem	27
5.2.1 Separação na Origem.....	27

5.2.2. Recepção dos RCD e Armazenamento Inicial.....	27
5.2.3. Pré-triagem e Separação Inicial.....	28
5.2.4 Triagem e Selecção dos Fluxos Contaminados	28
5.2.5 Britagem e Crivagem	29
5.2.6 Armazenamento e Saída dos Produtos Finais	30
5.3 Agregados Reciclados	30
5.4 Estratégias para Reciclagem de Materiais	32
6. Reutilização	33
6.1 Importância da Reutilização	33
6.2 Estratégias de Reutilização de Materiais.....	33
6.3 Dificuldades na Reutilização de Materiais de Construção	35
7. Desconstrução.....	37
7.1 Definição	37
7.2 Realidade em Portugal	37
7.3 A Importância da Desconstrução.....	38
7.4 Princípios da Desconstrução	39
7.5 Contribuição para o Aumento da Competitividade das Empresas	40
7.6 Projectos de Investigação Previstos.....	41
8. Novas Soluções Construtivas	42
8.1 Recyhouse	42
8.2 Thermo Poly Rock	47
8.3 ISOPET	48
8.4 Ecoprodutos.....	51
8.4.1 Ecoplaca.....	51
8.4.2 Ecotelha	52
8.4.3 Ecotelhado	53
8.4.4 Tijolo Ecológico ou Ecotijolo	56
8.4.5 Ecoparede	57
8.4.6 Ecopavimento.....	58
8.4.7 Ecodreno	59
8.4.8 Madeira Biossintética	60

9. Caso de Estudo – Vantagens da Desconstrução e Reutilização.....	62
9.1 Critérios na Escolha de Materiais	62
9.1.1 Energia Incorporada.....	62
9.1.2 Potencial de Reutilização e Reciclagem dos Materiais	65
9.1.3 Toxicidade dos Materiais	65
9.2 Exemplo de Moradia	66
9.3 Elementos e Materiais de Construção Escolhidos	66
9.3.1 Estrutura.....	67
9.3.2 Portas e Janelas.....	69
9.4 Lista de Medições	69
10. Considerações Finais.....	72
11. Referências Bibliográficas	74
12. Bibliografia	77
13. Anexos.....	78

Lista de tabelas

Tabela 1 – Resíduos da Construção e Demolição.....	18
Tabela 2 – Distribuição dos RCD pelos vários tipos de origem	19
Tabela 3 – Distribuição dos RCD por tipo de resíduo	20
Tabela 4 – Potencial de reciclagem dos RCD.....	21
Tabela 5 – Composição dos agregados reciclados	31
Tabela 6 – Requisitos dos agregados	31
Tabela 7 – Classes de resistência e de exposição ambiental permitidas.....	31
Tabela 8 – Energia necessária ao fabrico de alguns materiais de construção.....	63
Tabela 9 – Energia de transporte de materiais	63
Tabela 10 – Energia gasta em transporte	63
Tabela 11 – Energia incorporada em materiais de construção.....	64
Tabela 12 – Áreas das divisórias do exemplo de moradia	66
Tabela 13 – Lista de medições	70

Lista de figuras

Figura 1 – Diagrama da construção sustentável.....	6
Figura 2 – Esquema do ciclo de vida de uma construção	10
Figura 3 – Símbolo do rótulo ecológico Alemão “Anjo Azul”	10
Figura 4 – Símbolo do rótulo ecológico “EcoLogo”	11
Figura 5 – Símbolo do rótulo ecológico “O Cisne”	12
Figura 6 – Símbolo do rótulo ecológico Europeu “Eco-Label”	12
Figura 7 – Símbolo da FSC	13
Figura 8 – Esquema de criação de resíduos.....	26
Figura 9 – Hierarquia da gestão de resíduos de demolição e operações de construção.....	39
Figura 10 – Vista geral do empreendimento	42
Figura 11 – Vista da sala do piso térreo projectada para reuniões e conferências	43
Figura 12 – Vista de uma sala divisória no piso superior.....	43
Figura 13 – Paredes internas das caves.....	43
Figura 14 – Modelo do piso nos andares superiores	44
Figura 15 – Vista interior de uma parede da cave	44
Figura 16 – Divisória no piso superior	44
Figura 17 – Divisórias interiores no piso superior	45
Figura 18 – Telhados dos anexos	45
Figura 19 – Vista do pátio entre os anexos e o edifício principal.....	45
Figura 20 – Vista da cave.....	46
Figura 21 – Vista do piso superior previsto como um pequeno apartamento.....	46
Figura 22 – Aproveitamento de plástico na construção	47
Figura 23 – Interior da casa de TPR	47
Figura 24 – Casa de TPR.....	48
Figura 25 – Isopor e garrafas PET	49
Figura 26 – Execução de ISOPET	49
Figura 27 – Blocos ISOPET	50
Figura 28 – Casa construída com blocos ISOPET	50
Figura 29 – Utilização de ecoplacas num revestimento exterior.....	51
Figura 30 – Armazém com ecoplacas	52

Figura 31 – Ecotelha	52
Figura 32 – Cobertura de ecotelhas	53
Figura 33 – Ecotelhado	53
Figura 34 – Sistema modular	54
Figura 35 – Sistema alveolar.....	54
Figura 36 – Sistema laminar.....	55
Figura 37 – Reutilização da água no sistema laminar	55
Figura 38 – Tijolo ecológico.....	56
Figura 39 – Sistema parede verde externa	57
Figura 40 – Sistema parede verde externa	58
Figura 41 – Sistema brise vegetal.....	58
Figura 42 – Grelhas alveolares	59
Figura 43 – Ecopavimento.....	59
Figura 44 – Ecodreno	60
Figura 45 – Madeira biossintética	60
Figura 46 – Exemplo de construção em LSF	67
Figura 47 – Pormenorização de uma construção em LSF.....	68
Figura 48 – Perfil C90.....	69
Figura 49 – Perfil U93.....	70

Lista de abreviações

ACV - Análise de Ciclo de Vida
APA - Associação Portuguesa do Ambiente
BBRI - Belgian Building Research Institute
CCP - Código dos Contratos Públicos
CFC - Clorofluorocarbonetos
CIB - Conselho Internacional da Construção
COV - Compostos Orgânicos Voláteis
DEPA - Danish Environmental Protection Agency
DGE - Direcção-Geral de Energia
EPA - Agência de Ambiente dos Estados Unidos
EPD - Environmental Product Declarations
EPS - Poliestireno Expandido
ETIC - External Thermal Insulation Composite Systems
EU - União Europeia
EVA - Etil-Vinil-Acetato
FGD - Flue Gas Desulphurisation
FSC - Forest Stewardship Council
HCFC - Hidroclorofluorocarbonetos
iiSBE - International Initiative for a Sustainable Built Environment
ISWA - Internacional Solid Waste Association
LNEC - Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LSF- Light Steel Frame
ONU - Organização das Nações Unidas
OSB - Oriented Strand Board
PCB - Polibifenilos Policlorados
PE - Polietileno
PET - Politereftalato de Etileno
PEX - Poliestireno Reticulado
PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PP - Polipropileno
PPG - Plano de Prevenção e Gestão
PVC - Policloreto de Vinilo
QUERCUS - Associação Nacional de Conservação da Natureza
RCD - Resíduos de Construção e Demolição
RGCE - Regulamento de Gestão do Consumo de Energia
SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SIRER - Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos

TPR - Thermo Poly Rock

UICN - International Union for Conservation of Nature

UNESCO - United Nations Educational Scientific and Cultural Organization

1. Introdução

O tema desta dissertação centra-se na sustentabilidade, especificamente na reciclagem e reutilização, temas muito em voga em todo o mundo. Tendo em conta que o sector da construção é um dos que consome maior número de recursos naturais e que é também um grande gerador de resíduos sólidos urbanos, o aprofundar deste tema torna-se crucial para o futuro da humanidade.

Nos últimos anos verifica-se um risco de esgotamento de recursos naturais e a necessidade de encontrar novos materiais e novas técnicas construtivas. Para além disso, temas como o buraco de ozono e o aquecimento global são muito discutidos e a construção civil, apesar da sua contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população, tem grande quota de responsabilidade na poluição do planeta. Assim, procura-se construir com mais responsabilidade, pensando no futuro e não apenas no presente, ou seja, procura-se a construção sustentável.

A palavra sustentabilidade provém do latim “*sustinere*” que significa “*manter vivo*”, “*defender*”. Assim, o seu conceito pode ser usado em vários tópicos diferentes, ou seja, em termos económicos, sociais, ambientais, entre outros. Neste caso, fala-se em desenvolvimento sustentável que, como é referido no relatório Brundtland, é “*o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades.*” [1] Neste relatório, elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, é criticado o modelo de desenvolvimento dos países industrializados, destacando o risco da utilização de recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. Se já nos anos 80 estas temáticas eram preocupantes, então 30 anos depois é ainda mais urgente adoptar o desenvolvimento sustentável como via a seguir.

Dentro da temática de sustentabilidade encontra-se a reciclagem que consiste no reaproveitamento de materiais usando-os como matéria-prima de um novo produto. Assim sendo, na área da construção civil e tendo em conta a enorme quantidade de resíduos que são desperdiçados, esta deve ser a solução para a produção de novos materiais, poupando os recursos naturais do planeta.

Outra forma de poupar esses recursos é através da reutilização, que consiste no reaproveitamento de materiais, tal como a reciclagem, mas sem ter que passar por processos industriais e é sendo assim uma solução ainda melhor.

Finalmente, outra noção a reter nesta dissertação é a noção de desconstrução, ou seja demolição selectiva. Como será explicado posteriormente, esta facilita os processos de reciclagem e reutilização, tirando-se grandes vantagens tanto em termos económicos, como em termos ambientais.

Este é assim o futuro da construção em todo o mundo e as noções de reciclagem, reutilização e desconstrução são ainda pouco utilizadas no ramo, principalmente a nível nacional, mas terão seguramente um progresso muito significativo nos próximos anos.

2. Objectivos

Esta dissertação terá como principal objectivo destacar a importância da reciclagem e da reutilização na indústria da construção civil.

Numa primeira fase, o objectivo será informar sobre a utilidade da sustentabilidade, esclarecer a sua definição e justificar o facto de certos materiais serem considerados materiais sustentáveis.

Numa fase seguinte, esta dissertação destacará a reciclagem e a reutilização, definindo os conceitos, explicando os processos, as suas execuções e utilidades especificamente na área da construção civil. Saliar as diferenças entre estas duas soluções é então um objectivo importante, tal como explicar ainda a definição de desconstrução e as suas vantagens para a sustentabilidade.

De seguida, procurar-se-á exemplificar novas técnicas construtivas sustentáveis, ou seja aquelas em que os materiais utilizados são sustentáveis (principalmente os reciclados, recicláveis, reutilizados ou reutilizáveis), destacando as suas vantagens sociais, ambientais e económicas.

Finalmente, utilizando um exemplo específico, mostrar-se-á concretamente as vantagens em termos ambientais da utilização das técnicas mencionadas anteriormente para o futuro da construção civil.

Assim, no fundo, esta dissertação procura ser um alerta para a necessidade de sustentabilidade no mercado da construção e um guia de novas técnicas construtivas, já utilizadas um pouco por todo o mundo, mas que ainda não foram devidamente publicitadas.

3. Sustentabilidade

3.1 Histórico da Sustentabilidade

A sustentabilidade é um assunto premente na nossa sociedade, mas que é uma preocupação da humanidade há muitos anos. De facto, desde os anos 70, em que ocorreu a crise de petróleo, que muitos países procuram novas fontes de energia, organizando assim convenções internacionais, que vêm sendo realizadas até aos dias de hoje, embora actualmente a um nível mais nacional e regional. Nestes encontros foram fixados objectivos, acções e programas que, ao serem cumpridos, permitiriam a recuperação e protecção dos recursos da Terra.

Assim, a primeira conferência conhecida sobre este tema foi a “*Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente*” em 1972 em Estocolmo, Suécia que considerava “*a necessidade de estabelecer uma visão global e princípios comuns*” [2], que servissem de “*inspiração e orientação para guiar os povos do mundo na preservação e na melhoria do meio ambiente*”. [2] Foi este o início de uma nova era na humanidade, com maiores preocupações sociais e ambientais. Nesta conferência foi elaborada uma declaração com 26 princípios que deviam ser respeitados por todos os países mundiais. Entre outros, menciona-se que “*os recursos não renováveis da Terra devem ser utilizados de forma a evitar o perigo do seu esgotamento futuro e a assegurar que toda a humanidade participe dos benefícios de tal uso*” (Princípio 5); [2] “*deve-se pôr fim à descarga de substâncias tóxicas ou de outras matérias e à liberação de calor, em quantidade ou concentrações tais que não possam ser neutralizadas pelo meio ambiente de modo a evitarem-se danos graves e irreparáveis aos ecossistemas*” (Princípio 6); [2] “*deveriam ser destinados recursos à preservação e melhoramento do meio ambiente*” (Princípio 12); [2] “*todos os países, grandes ou pequenos, devem empenhar-se com espírito de cooperação e em pé de igualdade na solução das questões internacionais relativas à protecção e melhoria do meio*” (Princípio 24) [2] e ainda que “*os Estados deverão assegurar que as organizações internacionais realizem um trabalho coordenado, eficaz e dinâmico na conservação e melhoria do meio ambiente*” (Princípio 25). [2] Este é assim considerado um marco histórico político internacional, decisivo para o surgimento de políticas de gestão do ambiente.

Em 1975 e promovida pela UNESCO (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization), realizou-se a “*Conferência de Belgrado*”. O tema principal foi a necessidade de uma nova ética global que erradicasse a pobreza, a fome, o analfabetismo, a poluição e a exploração humana. No final da conferência foi elaborada a “*Carta de Belgrado*”, sendo considerado um dos documentos mais lúcidos e importantes daquela década.

Posteriormente e inspirada na conferência de Estocolmo, foi organizada em Tbilisi, Geórgia em 1977 pela UNESCO e pela PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente), a “*Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental*” que marcou o início de inúmeras discussões e propostas acerca da vinculação da educação ambiental às normas jurídicas. Resumidamente, esta conferência dirigiu um apelo para que os “*Estados Membros (...) incluam em suas políticas de*

educação medidas orientadas no sentido de incorporar conteúdo, directrizes e actividades ambientais em seus sistemas". [3] Além disso, *"convida as autoridades em educação a intensificarem o seu trabalho de reflexão, de pesquisa e de inovação relativo à Educação Ambiental"*. [3] Para finalizar, convoca *"os Estados Membros a colaborarem neste sentido, em especial por meio de intercâmbio de experiências, de pesquisas, de documentação e de materiais, e também colocando serviços de formação à disposição do pessoal docente e dos especialistas de outros países"* [3] e *"a comunidade internacional para, generosamente, contribuir no sentido de fortalecer essa colaboração numa atitude que simboliza a necessária solidariedade de todos os povos e que pode ser considerada, particularmente, como estímulo para promover a compreensão internacional e a causa da paz"*. [3]

Em 1980, foi utilizado pela primeira vez o termo *"Desenvolvimento Sustentável"*, por um organismo privado de pesquisa, a União Mundial para a Natureza (UICN), mas foi em 1987 quando foi redigido o *"Relatório Brundtland"* ou *"Nosso Futuro Comum"* (*"Our Common Future"*), que o termo foi usado com mais insistência, tendo maior protagonismo. Este relatório faz parte de uma série de iniciativas e foi executado pela *"Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento"* chefiada pela Primeira-ministra Norueguesa Gro Harlem Brundtland, onde era criticado o modelo de desenvolvimento adoptado pelos países industrializados. Segundo a Comissão, o desenvolvimento sustentável é *"o desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração actual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e económico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais."* [1]

Por recomendação do Relatório Brundtland, em 1992, no Rio de Janeiro, Brasil e promovida pela ONU (Organização das Nações Unidas) com a participação de 170 países, foi organizada a *"Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e Desenvolvimento"*, mais conhecida por ECO-92 ou Rio-92, tendo como objectivo primordial conciliar o desenvolvimento socioeconómico com a conservação e protecção dos ecossistemas da Terra. Foi então aprovado nessa altura um documento chamado de Agenda 21, que estabelecia a *"importância de cada país a se comprometer a reflectir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os sectores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais"*. [4] Assim cada país tinha a responsabilidade de desenvolver a sua própria Agenda 21, tornando-se esta, um importante instrumento na defesa das questões ambientais, dando outra interpretação ao conceito de progresso, promovendo não só a quantidade, mas também a qualidade do crescimento.

Desde então a Agenda 21 tem sido revista e ajustada em algumas conferências como a de Nova Iorque em 1997 chamada de Rio+5 e mais tarde na mesma cidade Americana em 2000 na sede da ONU, onde foi dada primazia às políticas de globalização e erradicação da pobreza e da fome. Mais recentemente em 2002, ocorreu a *"Cimeira da Terra sobre Desenvolvimento Sustentável"* em Joanesburgo, África do Sul em que se reafirmaram os compromissos da Agenda 21 e se propôs *"a maior integração das três dimensões do desenvolvimento sustentável (económica, social e ambiental)"*

através de programas e políticas centrados nas questões sociais e, particularmente, nos sistemas de protecção social.” [5]

3.2 Construção Sustentável

A indústria da construção é um dos maiores e mais activos sectores em toda a Europa, representando 28,1% e 7,5% do emprego, na indústria e em toda a economia europeia, respectivamente. [6] Este sector tem uma facturação anual de 750 milhões de euros, o que representa 25% de toda a produção industrial europeia, sendo o maior exportador mundial com 52% do mercado. [6] Esta indústria consome ainda cerca de 3000 Mt/ano de matérias-primas, o que representa quase 50% em massa e, em termos ambientais, é responsável por 30% das emissões de carbono. Além disso, o parque edificado consome 42% da energia produzida. [6] Por tudo isto se percebe que este é um sector claramente insustentável.

Assim, a construção sustentável é a resposta da indústria da construção civil à necessidade de sustentabilidade no planeta. Em 1994, o Conselho Internacional da Construção (CIB) definiu construção sustentável como *“a criação e manutenção responsáveis de um ambiente construído saudável, baseado na utilização eficiente de recursos e no projecto baseado em princípios ecológicos.”* [7] Ainda segundo o CIB, há sete princípios fundamentais para a Construção Sustentável. São eles:

- Redução do consumo de recursos;
- Reutilização de recursos;
- Utilização de recursos recicláveis;
- Protecção da natureza;
- Eliminação de tóxicos;
- Aplicação de análises de ciclo de vida em termos económicos;
- Ênfase na qualidade.

A Construção Sustentável procura então seguir as premissas do desenvolvimento sustentável de forma a não esgotar os recursos planetários e a desenvolver métodos ambientalmente correctos de produção e consumo, que garantam a sobrevivência dos ecossistemas sem abdicar da evolução da tecnologia e por acréscimo da poluição. Assim sendo, quem pensa que o objectivo da sustentabilidade é a natureza permanecer intocável está enganado, já que é uma visão completamente impraticável no mundo moderno actual. Procura-se, isso sim, minimizar os efeitos da construção no ambiente, sem prejudicar a natural evolução tecnológica. Podia-se pensar que a sustentabilidade obrigava o regresso da população à vida mais natural, do campo mas não é isso que se pretende. É sim convencer a população que é possível usufruir de ambas, garantindo melhores condições ambientais e consequentemente melhor qualidade de vida para as pessoas.

Assim, as prioridades, que devem ser consideradas durante a fase de projecto, para se obter uma construção sustentável, estão representadas na figura seguinte e explicadas posteriormente.

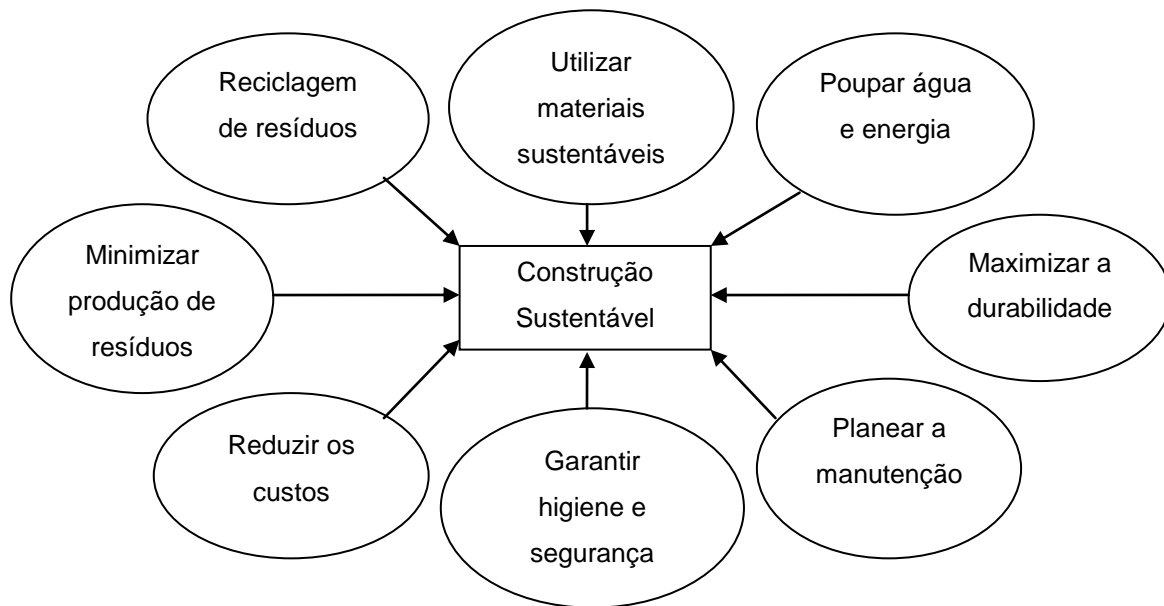


Figura 1 – Diagrama da construção sustentável, adaptado de [8]

A construção sustentável baseia-se então nestes pilares:

- Minimizar produção de resíduos – Procura-se minimizar a produção de resíduos de forma a garantir menor necessidade de reciclagem e menor poluição no meio ambiente.
- Reciclagem de resíduos – Reciclando a maior quantidade possível de resíduos reduz-se a poluição e a necessidade de ir buscar mais matéria-prima à natureza. Assunto tratado mais à frente nesta dissertação com mais pormenor.
- Utilizar materiais sustentáveis – A utilização de materiais sustentáveis é essencial para uma construção sustentável e a sua definição será tratada no capítulo seguinte.
- Poupar água e energia – A poupança de água e energia é importante por motivos ambientais e económicos.
- Maximizar a durabilidade – A durabilidade da construção deve ser maximizada de forma a adiar uma futura reabilitação ou até demolição e assim tirar proveitos económicos e também ambientais, pois adia-se a necessidade de ir à natureza buscar novos recursos naturais.
- Planear a manutenção – O planeamento da manutenção é essencial para maximizar a durabilidade da construção retirando assim os mesmos proveitos.
- Reduzir os custos – Reduzindo os custos obtêm-se benefícios a todos os níveis.
- Garantir higiene e segurança – Devem ser garantidas boas condições de higiene e segurança nos trabalhos para bem dos trabalhadores e da construção em si.

3.3 Materiais Sustentáveis

Para um material ser considerado um material sustentável deve possuir todos os benefícios de um produto convencional e ainda ter um desempenho sustentável. Neste contexto de sustentabilidade de materiais, a escolha deve recair em materiais: [6]

- Não tóxicos;
- Com baixa energia incorporada;
- Recicláveis;
- Que possam permitir o reaproveitamento de resíduos de outras indústrias;
- Que provenham de fontes renováveis;
- Duráveis;
- Cujas escolhas seja levada a cabo mediante uma análise do seu ciclo de vida.

Assim sendo, estes produtos devem fundamentalmente permitir o uso sustentado dos recursos naturais, sem haver risco de esgotamento e ainda devem ser considerados não tóxicos, ou seja há certos materiais que devem ser evitados, pois são prejudiciais ao ambiente, como o PVC (policloreto de vinilo, apesar de reciclável), amianto (usado em argamassas, tintas e colas para isolamento térmico e acústico), alumínio, solventes e COV's (compostos orgânicos voláteis). Além destes, há ainda outros materiais a evitar na construção nova, pois darão origem a RCD's (resíduos de construção e demolição) perigosos, como botijas de gás vazias (total ou parcialmente) utilizadas em operações de corte ou soldadura, emulsões à base de alcatrão, produtos químicos impermeabilizantes e resinas. Na fase de demolição, devem-se evitar contaminantes biológicos, equipamento eléctrico com componentes tóxicos, fibras minerais (isolamento), materiais que tenham amianto e sistemas de combate a incêndios com CFC's (clorofluorocarbonetos). [9]

Assim, os materiais sustentáveis podem ser compostos por matérias-primas naturais renováveis, materiais reciclados e compósitos. As matérias-primas naturais renováveis que devem ser usadas são de origem orgânica (vegetal ou animal), como por exemplo fibras naturais, tintas à base de caseína (proteína do leite de vaca), madeira, bambu, polímeros vegetais biodegradáveis (cana de açúcar, amido de milho, caseína polimerizada). Pode-se considerar ainda como sustentável um material que provenha de matérias-primas naturais não renováveis desde que permitam reaproveitamento, como a terra, argila, rocha, areia, pedra, entre outros. Tem-se ainda os materiais reciclados como vidro, plástico, metais, papel que são aqueles que não se decompõem ou se decompõem muito lentamente no meio ambiente, permitindo a sua recolocação na cadeia produtiva através de processos industriais explicados mais à frente nesta dissertação. Como exemplo para a construção civil são usadas telhas recicladas, plásticos reciclados e ainda vidros e metais reciclados. Convém não confundir reciclável com reciclado, pois há materiais como o alumínio ou PVC por exemplo, que são recicláveis, mas que não podem ser considerados sustentáveis, pois provocam graves problemas ambientais. Finalmente há ainda os compósitos que são materiais formados pela união de materiais de origem vegetal a produtos de origem sintética.

Os materiais devem ter ainda uma baixa emissão e controlo de geração de poluentes (gases, resíduos sólidos, entre outros).

Este é então um mercado em franco crescimento, pois os materiais sustentáveis têm preços competitivos, estimulam o uso de novas matérias-primas e soluções localizadas e regionalizadas e ainda atingem a população dos grandes centros urbanos e não apenas as zonas rurais ou com zonas verdes.

3.4 Análise do Ciclo de Vida dos Materiais

Não é possível saber à partida de entre vários materiais qual o mais correcto ambientalmente, pois passam por várias fases em que diferem muito entre eles, havendo aspectos positivos e negativos a retirar. Assim sendo é necessário proceder a uma contabilização, de todos os impactes ambientais causados por um determinado material, desde o início da extracção das matérias-primas (*cradle*) até à fase de deposição (*grave*).

Surgiu assim em 1990 nos Estados Unidos da América, uma metodologia designada por análise do ciclo de vida (ACV). Um dos primeiros estudos precursores deste “*quantificou as necessidades de recursos, emissões e resíduos originados por diversas embalagens de bebidas*” [6] sendo conduzido pelo Midwest Research Institute para a empresa Coca-Cola em 1969.

A análise do ciclo de vida de um material “*inclui o ciclo de vida completo do produto, processo ou actividade, ou seja, a extracção e o processamento de matérias-primas, a fabricação, o transporte e a distribuição, a utilização, a manutenção, a reciclagem, a reutilização e a deposição final*”. [10]

A aplicação de análises de ciclo de vida está regulamentada a nível internacional, desde 1996, pelas normas ISO 14040, ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043. O facto de existirem uma excessiva quantidade de dados em relação aos materiais é um dos inconvenientes da ACV, para além do tempo consumido que isso implica.

As categorias de impactes ambientais utilizadas na ACV podem abranger as seguintes: [6]

- Consumo de recursos não renováveis;
- Consumo de água;
- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de redução da camada de ozono;
- Potencial de eutrofização;
- Potencial de acidificação;
- Potencial de formação de smog;
- Toxicidade humana;
- Toxicidade ecológica;
- Produção de resíduos;
- Uso de terra;
- Poluição do ar;
- Alteração de habitats.

Contudo, cada categoria não tem necessariamente o mesmo peso, pois cada uma depende da realidade ambiental de cada país.

3.5 Ciclo de Vida das Construções

O ciclo de vida é uma expressão usada para referir-se a todas as etapas e processos de um sistema de produção de produtos ou serviços. Especificamente no caso de uma construção, as etapas são projecto, construção, vida útil e demolição.

Através do aumento da vida útil, garante-se a diminuição do consumo de materiais e por sua vez a diminuição dos impactes ambientais. Devem então ser tomadas várias medidas em todas as etapas do ciclo, de forma a garantir esse aumento.

Assim, os projectistas devem executar um projecto de durabilidade e prescrever o maior número possível de materiais sustentáveis. Além disso, devem garantir a poupança e reutilização de água, através por exemplo do reaproveitamento das águas pluviais, e ainda garantir que a construção seja eficiente e renovável energeticamente.

A construção deve ser executada com qualidade, porque obviamente assim aumentará a vida útil desta tirando-se as consequências positivas mencionadas anteriormente. Contudo, a relação preço/qualidade é sempre algo a ter em conta nesta fase, não sendo por vezes possível ter os melhores materiais devido ao seu preço elevado.

Para prolongar a vida útil da construção é essencial que durante esta seja criado um Sistema de Gestão da Manutenção para prevenir a degradação dos materiais e reabilitar quando necessário.

Nas fases de construção, vida útil e demolição haverá resíduos que devem ser minimizados, reciclados e reutilizados se possível, para não haver procura de novos materiais beneficiando assim o meio ambiente.

Concluindo, todas as fases do ciclo de vida de uma construção são importantes para garantir a sustentabilidade desta e para além das medidas referidas anteriormente, devem-se ter preocupações a nível social, cultural e económico, como por exemplo na redução da pobreza e aumento da higiene e segurança no trabalho. De seguida, apresenta-se esquematicamente o que foi descrito anteriormente.

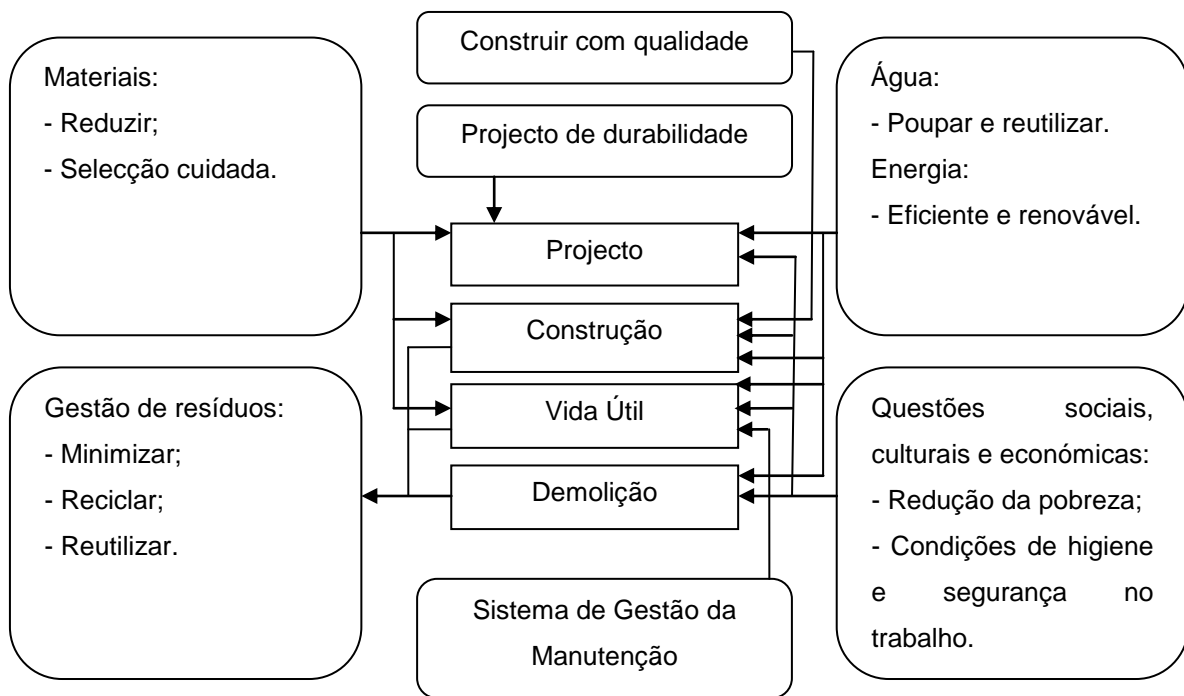


Figura 2 – Esquema do ciclo de vida de uma construção, adaptado de [8]

3.6 Rotulagem Ecológica e EPD's

De forma a valorizar os produtos ambientalmente correctos face aos produtos “*não amigos do ambiente*” foram criados os rótulos ecológicos. Estes constituem uma garantia relativamente a um determinado desempenho ecológico certificado por uma entidade independente.

Os produtos com rótulos ecológicos têm vantagens óbvias em termos de desempenho ambiental. Contudo deve-se mencionar que não há maneira de o seu transporte ser contemplado como variável na classificação destes. Assim sendo, por vezes é preferível utilizar produtos locais sem o rótulo ecológico, do que outros, com rótulo, mas produzidos a milhares de quilómetros. [6]

A avaliação de um produto, em termos de rotulagem ecológica, depende da análise ao seu ciclo de vida na versão “*cradle to grave*”, mencionada no subcapítulo anterior.

O primeiro rótulo ecológico foi criado na Alemanha em 1978 e ficou conhecido como Anjo Azul (figura 3). Este é actualmente aplicado em 11.500 produtos cobrindo 90 categorias diferentes. [6]



Figura 3 – Símbolo do rótulo ecológico Alemão “Anjo Azul”

Em relação aos materiais de construção já rotulados com o Anjo Azul, destacam-se os seguintes: [6]

- Revestimentos betuminosos;
- Adesivos betuminosos;
- Materiais à base de resíduos de vidro;
- Materiais à base de resíduos de papel;
- Painéis de madeira prensada;
- ETIC's (External Thermal Insulation Composite Systems);
- Isolamentos térmicos e acústicos;
- Painéis de madeira com baixas emissões de COV's.

Mais tarde em 1988, também o Canadá criou um rótulo ecológico de seu nome "EcoLogo" (figura 4), que actualmente certifica cerca de 7.000 produtos, incluindo os seguintes materiais de construção: [6]

- Adesivos;
- Tintas;
- Vernizes;
- Inibidores de corrosão;
- Revestimentos de pisos (madeira, carpete, rígidos);
- Placas de gesso cartonado;
- Canalizações em plástico reciclado;
- Isolamentos térmicos;
- Aço para construção.



Figura 4 – Símbolo do rótulo ecológico "EcoLogo"

A título de exemplo, os painéis de gesso cartonado, para serem certificados com este rótulo, têm que conter uma determinada percentagem de gesso sintético FGD (Flue Gas Desulphurisation) e 100% de papel reciclado. Outro exemplo é o facto de que aço para construção deve conter 50% de material reciclado e menos de 0,025% de metais pesados, além de ter de cumprir uma série de requisitos ambientais nos processos de extracção e produção. [6]

Um ano mais tarde, em 1989, alguns países nórdicos (Finlândia, Islândia, Noruega e Suécia) criaram mais um rótulo ecológico com o nome de "O Cisne" (figura 5).



Figura 5 – Símbolo do rótulo ecológico “O Cisne”

Este actualmente abrange cerca de 5.000 produtos de 50 áreas diferentes. Em termos de materiais de construção, as categorias que já contêm este rótulo são as seguintes: [6]

- Painéis (acústicos, de madeira prensada, de bancada);
- Madeira;
- Materiais de enchimento;
- Materiais de revestimento de pavimentos;
- Tintas e vernizes;
- Adesivos;
- Janelas e portas.

Surge finalmente em 1992 o rótulo ecológico Europeu “Eco-Label” (figura 6), utilizado em produtos com baixo impacte ambiental ao longo do seu ciclo de vida.

É válido numa grande variedade de produtos, excepto produtos alimentares, farmacêuticos, médicos e ainda produtos perigosos para a saúde ou para o ambiente.



Figura 6 – Símbolo do rótulo ecológico Europeu “Eco-Label”

Relativamente aos materiais de construção, este rótulo é apenas utilizado em tintas, vernizes e revestimentos rígidos para pavimentos (mosaicos, pedras naturais, de betão, cerâmicos e de barro). [6]

Para as tintas e vernizes, os critérios de avaliação da sua ACV são os seguintes: [6]

- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de acidificação atmosférica (aumento da presença de substâncias ácidas nas camadas inferiores da atmosfera);
- Potencial de eutrofização (excesso de nutrientes provenientes da fertilização agrícola);

- Potencial de esgotamento de recursos não renováveis;

Já em termos de revestimentos rígidos para pavimentos, ter o rótulo ecológico Europeu significa que:

- Os impactes ambientais durante a extracção de matérias-primas são minimizados;
- Durante a fase de produção há lugar à redução de poluição;
- Sempre que possível são utilizados materiais reciclados;
- Os revestimentos cerâmicos são queimados com redução da temperatura de queima.

Por último, foi criado pela Forest Stewardship Council (FSC), um rótulo ecológico destinado apenas à madeira certificada.



Figura 7 – Símbolo da FSC

Este rótulo cobre cerca de 1.333 milhões de hectares de espécies florestais e garante que essas madeiras:

- Não utilizaram pesticidas perigosos;
- Não correspondem a espécies geneticamente modificadas;
- Não implicam a destruição de habitats.

Para além da rotulagem ecológica, deve-se mencionar a existência de uma outra forma de certificação ambiental de materiais que passa pelas Declarações Ambientais de Produtos, em inglês “*Environmental Product Declarations*” (EPD’s). Estas são elaboradas segundo a norma ISO 14025 através na análise do ciclo de vida (de acordo com a norma ISO 14040) e obedecem aos seguintes indicadores:

- Consumo de energia não renovável;
- Consumo de energia renovável;
- Potencial de aquecimento global;
- Potencial de degradação da camada de ozono;
- Potencial de acidificação;
- Potencial de eutrofização.

Como desvantagem comparativamente aos rótulos ecológicos, as EPD’s não garantem um determinado nível de desempenho ambiental. Simplesmente se limitam a disponibilizar informações acerca do produto, tendo de ser o próprio consumidor a retirar daí as conclusões necessárias. Sendo assim, as EPD’s apenas são eficazes se o consumidor for um especialista na matéria.

4. Resíduos da Construção e Demolição

4.1 Definição

Os resíduos da construção e demolição (RCD) são “*resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas. Para além das quantidades muito significativas que lhes estão associadas, o fluxo de resíduos apresenta outras particularidades que dificultam a sua gestão, de entre as quais avulta a sua constituição heterogénea com fracções de dimensões variadas e diferentes níveis de perigosidade. Também a actividade da construção civil apresenta, em si própria, algumas especificidades, tal como o carácter geograficamente disperso e temporário das obras, que dificultam o controlo e a fiscalização do desempenho ambiental das empresas do sector.*” [11] Sendo assim, essa gestão deve ser cuidada e legislada, de forma a aproveitar os RCD da melhor forma possível, minimizando os danos no meio ambiente e maximizando as suas potencialidades. É ainda crucial esta legislação, estabelecendo critérios de qualidade, para convencer “*potenciais consumidores permitindo-lhes ultrapassar barreiras psicológicas, técnicas e de informação à incorporação de resíduos reciclados em novos produtos.*” [11]

4.2 Regulamentação

Assim sendo, no caso particular de Portugal, os resíduos são legislados segundo o Decreto-Lei Nº 46/2008 de 12 de Março e as Portarias Nº 209/2004 de 3 de Março e Nº 50/2006 de 29 de Agosto. No Decreto-Lei Nº46/2008, procura-se estabelecer “*uma cadeia de responsabilidade que vincula quer os donos de obra e os empreiteiros, quer as câmaras municipais*” [11] Assim, este define o regime das operações de gestão dos RCD, “*compreendendo a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação.*” [11] De forma a demonstrar a importância deste decreto-lei, exemplifica-se de seguida alguns artigos essenciais para a legislação dos RCD.

- Artigo 5º (Metodologias e práticas a adoptar nas fases de projecto e de execução da obra):
A elaboração de projectos e a respectiva execução em obra devem privilegiar a adopção de metodologias e práticas que:
 - a) Minimizem a produção e a perigosidade dos RCD, designadamente por via da reutilização de materiais e da utilização de materiais não susceptíveis de originar RCD contendo substâncias perigosas;
 - b) Maximizem a valorização de resíduos, designadamente por via da utilização de materiais reciclados e recicláveis;
 - c) Favoreçam os métodos construtivos que facilitem a demolição orientada para a aplicação dos princípios da prevenção e redução e da hierarquia das operações de gestão de resíduos.
- Artigo 8º (Triagem e fragmentação de RCD):

1 — Os materiais que não seja possível reutilizar e que constituam RCD são obrigatoriamente objecto de triagem em obra com vista ao seu encaminhamento, por fluxos e fileiras de materiais, para reciclagem ou outras formas de valorização.

2 — Nos casos em que não possa ser efectuada a triagem dos RCD na obra ou em local afecto à mesma, o respectivo produtor é responsável pelo seu encaminhamento para operador de gestão licenciado para esse efeito.

3 — As instalações de triagem e de operação de corte e ou britagem de RCD, abreviadamente designada fragmentação de RCD, estão sujeitas aos requisitos técnicos mínimos constantes do anexo I ao presente Decreto-Lei, do qual faz parte integrante.

- Artigo 10º (Plano de prevenção e gestão de RCD):

1 — Nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projecto de execução é acompanhado de um plano de prevenção e gestão de RCD, que assegura o cumprimento dos princípios gerais de gestão de RCD e das demais normas aplicáveis constantes do presente Decreto-Lei e do Decreto-Lei Nº 178/2006, de 5 de Setembro.

2 — Do plano de prevenção e gestão de RCD consta obrigatoriamente:

a) A caracterização sumária da obra a efectuar, com descrição dos métodos construtivos a utilizar tendo em vista os princípios referidos no artigo 2.º e as metodologias e práticas referidas no artigo 5º do presente Decreto--Lei;

b) A metodologia para a incorporação de reciclados de RCD;

c) A metodologia de prevenção de RCD, com identificação e estimativa dos materiais a reutilizar na própria obra ou noutros destinos;

d) A referência aos métodos de acondicionamento e triagem de RCD na obra ou em local afecto à mesma, devendo, caso a triagem não esteja prevista, ser apresentada fundamentação da sua impossibilidade;

e) A estimativa dos RCD a produzir, da fracção a reciclar ou a sujeitar a outras formas de valorização, bem como da quantidade a eliminar, com identificação do respectivo código da lista europeia de resíduos.

3 — Incumbe ao empreiteiro ou ao concessionário executar o plano de prevenção e gestão de RCD, assegurando designadamente:

a) A promoção da reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD na obra;

b) A existência na obra de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão selectiva dos RCD;

c) A aplicação em obra de uma metodologia de triagem de RCD ou, nos casos em que tal não seja possível, o seu encaminhamento para operador de gestão licenciado;

d) A manutenção em obra dos RCD pelo mínimo tempo possível que, no caso de resíduos perigosos, não pode ser superior a três meses.

4 — O plano de prevenção e gestão de RCD pode ser alterado pelo dono da obra na fase de execução, sob proposta do produtor de RCD, ou, no caso de empreitadas de concepção - construção, pelo adjudicatário com a autorização do dono da obra, desde que a alteração seja devidamente fundamentada.

5 — O plano de prevenção e gestão de RCD deve estar disponível no local da obra, para efeitos de fiscalização pelas entidades competentes, e ser do conhecimento de todos os intervenientes na execução da obra.

6 — A Agência Portuguesa do Ambiente disponibiliza no seu sítio na Internet um modelo de plano de prevenção e gestão de RCD.

- Artigo 11º (Gestão de RCD em obras particulares):

Nas obras sujeitas a licenciamento ou comunicação prévia nos termos do regime jurídico de urbanização e edificação, o produtor de RCD está, designadamente, obrigado a:

- a) Promover a reutilização de materiais e a incorporação de reciclados de RCD na obra;
- b) Assegurar a existência na obra de um sistema de acondicionamento adequado que permita a gestão selectiva dos RCD;
- c) 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;
- d) 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;
- e) Cumprir as demais normas técnicas respectivamente aplicáveis;
- f) Efectuar 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.

- Artigo 21º (Taxa de gestão de resíduos):

A taxa de gestão de resíduos devida nos termos do Decreto-Lei Nº178/2006, de 5 de Setembro, reveste, para os resíduos inertes de RCD depositados em aterro, o valor de € 2 por tonelada. [11]

Deve ser referido, em relação a este último artigo, um facto bastante negativo. É possível por apenas 2 euros/ton, depositar resíduos inertes de RCD em aterro. Este valor não pode ser considerado um incentivo à reciclagem, quando, por exemplo na Alemanha, as taxas de deposição são muito mais elevadas, sendo na maior parte dos casos, mais barato optar por reciclar os RCD.

É ainda neste Decreto-Lei, no artigo 18º, que estão classificadas as contra-ordenações como leves, graves e muito graves. Isto é importante ser referido já que é na Portaria Nº 50/2006 de 29 de Agosto que está estabelecido o regime aplicável às contra-ordenações ambientais, sendo através da classificação destas que se decide qual a multa aplicável a cada situação específica.

Como aspecto negativo grave, deve-se destacar o facto de no decreto-lei mencionado anteriormente, não existirem níveis mínimos de reciclagem, logo não há qualquer incentivo para uma optimização de todo o processo (projecto, demolição e triagem). [6]

Finalmente, na Portaria n.º 209/2004 de 3 de Março, os resíduos são identificados segundo um código. O primeiro número do código pode ser identificado através da lista seguinte presente no Decreto-Lei falado anteriormente: [12]

01 — Resíduos da prospecção e exploração de minas e pedreiras, bem como de tratamentos físicos e químicos das matérias extraídas;

02 — Resíduos da agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, bem como da preparação e do processamento de produtos alimentares;

- 03 — Resíduos da transformação de madeira e do fabrico de painéis, mobiliário, pasta para papel, papel e cartão;
- 04 — Resíduos da indústria do couro e produtos de couro e da indústria têxtil;
- 05 — Resíduos da refinação de petróleo, da purificação de gás natural e do tratamento pirolítico de carvão;
- 06 — Resíduos de processos químicos inorgânicos;
- 07 — Resíduos de processos químicos orgânicos;
- 08 — Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), colas, vedantes e tintas de impressão;
- 09 — Resíduos da indústria fotográfica;
- 10 — Resíduos de processos térmicos;
- 11 — Resíduos de tratamentos químicos de superfície e revestimentos de metais e outros materiais; resíduos da hidrometalurgia de metais não ferrosos;
- 12 — Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos;
- 13 — Óleos usados e resíduos de combustíveis líquidos (excepto óleos alimentares, 05, 12 e 19);
- 14 — Resíduos de solventes, fluidos de refrigeração e gases propulsores orgânicos (excepto 07 e 08);
- 15 — Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de protecção não anteriormente especificados;
- 16 — Resíduos não especificados em outros capítulos desta lista;
- 17 — Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados);
- 18 — Resíduos da prestação de cuidados de saúde a seres humanos ou animais e ou investigação relacionada (excepto resíduos de cozinha e restauração não provenientes directamente da prestação de cuidados de saúde);
- 19 — Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para consumo industrial;
- 20 — Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as fracções recolhidas selectivamente;

De seguida, a título de exemplo, tem-se uma tabela com a descrição dos materiais com o número de código 17, pois são estes os resíduos de construção e demolição.

Código	Descrição
17 01 00	Betão, tijolos, telhas cerâmicas e materiais à base de gesso
17 02 00	Madeira, vidro e plástico
17 03 00	Asfalto, alcatrão e produtos de alcatrão
17 04 00	Metais (incluindo as suas ligas)
17 05 00	Terras e lamas de dragagem
17 06 00	Materiais de isolamento
17 07 00	Mistura de resíduos de construção e demolição

Tabela 1 – Resíduos da Construção e Demolição [13]

No Decreto-Lei Nº 209/2004 estão definidas as características de perigo atribuíveis aos resíduos (H1-H141), bem como a concentração da substância perigosa.

É importante referir também que os resíduos perigosos são depositados em aterro conforme o disposto no Decreto-Lei Nº 183/2009 de 10 de Agosto, que institui o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro, prevendo três tipos diferentes de aterros: para resíduos inertes, para resíduos não perigosos e para resíduos perigosos. A admissão dos resíduos a cada um dos tipos de aterro referidos, está dependente da verificação de limites em termos de lexiviação.

Em relação ao Código dos Contratos Públicos (CCP – Decreto-Lei Nº 18/2008 de 29 de Janeiro), a alínea f do nº 5 do Artigo 43º deste refere que o projecto de execução deve ser acompanhado pelo plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição. Já no nº 7 do Artigo 394º do CCP são referidas as consequências do não cumprimento do PPG (Plano de Prevenção e Gestão) em sede de vistoria da obra. Finalmente, no nº 4 do Artigo 395º, condiciona-se a recepção provisória da obra se “o dono da obra não atestar a correcta execução do plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição”.

No dia 19 de Novembro de 2008 foi aprovada a Directiva Nº 2008/98/CE que irá provocar alterações no Decreto-Lei Nº 178/2006 de 5 de Setembro e cuja transposição para a ordem jurídica interna está a cargo da Associação Portuguesa do Ambiente (APA). Nesta Directiva, em termos de RCD, é estabelecido que até 2020, os valores mínimos de reciclagem terão que ser superiores a 70% em massa. Este é obviamente um valor elevado e bastante promissor mas que peca por tardio e ainda por cima com um prazo tão dilatado. É de estranhar esta situação, pois noutros países esses níveis de exigência já são obrigatórios há vários anos.

A 24 de Março de 2011 foi aprovado em conselho de ministros a obrigatoriedade de incorporação de pelo menos 5% de materiais reciclados em obras públicas. Este altera o Decreto-Lei n.º 178/2006 de 5 de Setembro, que estabelece o regime geral dos resíduos, transpondo a Directiva n.º 2008/98/CE, de 19 de Novembro, relativa a resíduos.

4.3 Classificação dos RCD

Os RCD apresentam várias características (composição, quantidades, origem e destino final) e portanto é difícil serem classificados segundo apenas um parâmetro. Assim, é efectuada a sua classificação de diferentes formas para facilitar a sua identificação e reutilização.

4.3.1 Origem

Os RCD podem ser classificados como: Resíduos de construção, Resíduos de remodelação, reabilitação e renovação e Resíduos de demolição. [14]

Os resíduos de construção têm origem no mau aproveitamento de matérias-primas (p. ex. agregados), de materiais danificados e das perdas decorrentes das próprias técnicas de construção. Apresentam igualmente muitos materiais de embalagem.

Os resíduos de remodelação, reabilitação e renovação também apresentam composição muito variada, que depende da área que está a ser intervencionada, apresentando características próximas dos resíduos de demolição.

Por último, os resíduos de demolição são os que se apresentam em maior quantidade, sendo compostos maioritariamente por material inerte e solos, com características que dependem da obra em causa e igualmente da selectividade da demolição.

Na tabela seguinte, encontra-se a distribuição dos RCD pelos vários tipos de origem.

Tipo de resíduo	%
Construção	10-20
Reabilitação	30-40
Demolição	40-50

Tabela 2 – Distribuição dos RCD pelos vários tipos de origem [15]

4.3.2 Composição

Os RCD são maioritariamente constituídos por materiais inertes como betão, materiais cerâmicos, vidro e metais, para além de outros materiais como plásticos, papel, madeira, materiais betuminosos e resíduos perigosos, em menor proporção. A composição destes depende de vários factores como a localização geográfica, processos construtivos, época de construção, tipo de obra, entre outros.

Dentro dos inertes, o betão, alvenarias e argamassas constituem cerca de metade do peso total dos RCD. O betão é menos significativo nos resíduos de construção do que nos de demolição e constitui cerca de 30 a 40% dos RCD, segundo a *Internacional Solid Waste Association* (ISWA). Os materiais cerâmicos podem ser compostos por telhas, tijolos, azulejos e louças sanitárias e constituem cerca de 50% do material usado na construção de edifícios. [16]

A madeira é encontrada em todos os tipos de obras, principalmente nos resíduos de construção devido à execução de cofragens e nos resíduos de demolição devido à existência de portas e janelas, entre outros elementos da estrutura.

O papel e o cartão são encontrados principalmente nas obras de construção provenientes de embalagens de equipamentos e materiais que erradamente são misturadas com os restantes resíduos.

Os plásticos, fundamentalmente, polietileno (PE), polipropileno (PP), policloreto de vinilo (PVC), poliestireno expandido (EPS) e poliestireno reticulado (PEX) são provenientes de cabos e tubagens. Prevê-se que estes resíduos plásticos aumentem nos próximos anos, sobretudo nas operações de demolição, pois os edifícios de meados dos anos 60, em que estes materiais começaram a ser usados, serão, em cada vez maior quantidade, demolidos.

O metal é um resíduo que é também encontrado em qualquer obra, principalmente pelo facto de o aço e o ferro serem usados no betão armado.

A distribuição dos RCD por tipo de resíduo segundo algumas estatísticas europeias é então a da tabela seguinte.

Materiais	% do peso total
Betão, materiais cerâmicos e argamassa	50
Madeira	5
Papel, cartão e outros combustíveis	1-2
Plásticos	1-2
Metais (aço incluído)	5
Solos de escavação, brita de restauração de pavimentos	20-25
Asfalto	5-10
Lamas de dragagem e perfuração	5-10

Tabela 3 – Distribuição dos RCD por tipo de resíduo [13]

4.3.3 Destino

Os RCD têm vários destinos possíveis: [13]

- Reutilizáveis em boas condições e com efeito imediato: alguns componentes arquitectónicos, madeira, aço e pedra;
- Reutilização e aplicação proveitosa após processamento: entulho (alvenaria e betão) e madeira. Considerar-se uma subdivisão em material inicialmente contaminado e limpo;
- Incineração: papel, têxteis, madeira;
- Produção de novos materiais, após processamento: metais, madeira para pirólise, vidro, plásticos;
- Materiais inúteis, materiais contaminados não reutilizáveis (amianto, resíduos químicos), material não contaminado mas não reutilizável (reboco, vidro, lixo misturado).

O potencial de reciclagem dos RCD é demonstrado na tabela seguinte:

Materiais	Produtos de potencial reciclagem		Grau potencial de reciclagem	
	1º Ciclo	2º Ciclo	%	Comentários
Betão, alvenaria e argamassas	Agregados, areias	Agregados, areias	90	Acumulação de finos e contaminação pode criar problemas
Solos, areia	Enchimentos ou areias	Enchimento ou areias	100	Desde que o solo não esteja contaminado
Asfalto	Asfalto	Asfalto, agregados ou areias	100	Já bem implantado (Europa)
Lamas de dragagem e perfuração	Enchimentos	N/a	100	Materiais apenas utilizáveis após tratamento térmico

Tabela 4 – Potencial de reciclagem dos RCD [13]

4.4 Dificuldades na Gestão e Tratamento dos RCD

Como já foi referido anteriormente, existem características no fluxo dos RCD que dificultam a sua gestão e tratamento, tanto a nível nacional como a nível europeu.

Em primeira instância e especificando o caso nacional, o sector dos RCD tem sido negligenciado ao longo dos anos e assim sendo, não existem dados reais referentes às quantidades geradas. Existem sim várias estimativas, baseadas em pressupostos diferentes, resultando assim também em valores diferentes, variando entre 4,4 milhões de toneladas por ano [15] e 7,5 milhões de toneladas por ano [17], por exemplo. A inexistência de dados fiáveis complica a definição de uma estratégia adequada para a gestão e tratamento dos RCD. Contudo, desde 2007 que os produtores e operadores de gestão de RCD são obrigados a efectuarem registo no Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (SIRER), prevendo-se a obtenção, brevemente, de estimativas mais próximas da realidade. Outra das grandes dificuldades é a quantidade elevada e grande heterogeneidade dos RCD. Considerando apenas a Europa, são geradas cerca de 1000 milhões de toneladas de RCD por ano. No caso nacional, as estimativas indicam, por exemplo para 2008, cerca de 7,5 milhões de toneladas gerados, o que corresponde a 22% do total de resíduos gerados no país. Tendo em conta o desenvolvimento do sector da construção civil, é previsível o aumento de produção dos RCD, o que dificultará ainda mais a sua gestão e tratamento. [18] Para além das grandes quantidades produzidas, a heterogeneidade dos RCD tem de também ser apontada como uma dificuldade. Esta acontece devido à diversidade de actividades envolvidas na construção civil e à multiplicidade de matérias-primas que dependem do local de construção, do clima e das actividades económicas. [19] Assim é necessária a existência de uma multiplicidade de operadores envolvidos na sua gestão e tratamento.

A actividade de construção civil gera resíduos que são considerados perigosos. As substâncias perigosas envolvidas são, por exemplo, chumbo, asbestos, mercúrio e polibifenilos policlorados (PCB) [18]. Os resíduos perigosos aparecem geralmente misturados com os outros resíduos, originando custos elevados na gestão e tratamento da mistura, que podem chegar a ser 20 vezes superiores aos praticados para os resíduos não perigosos [20].

Outra das dificuldades na gestão e tratamento dos RCD é que em Portugal, até há bem pouco tempo não existia qualquer documento legal específico para este tipo de resíduos. Assim, há uma clara deficiência na gestão e tratamento: actualmente estima-se que cerca de 70% destes resíduos tenham destino incerto [17]. Segundo a QUERCUS (Associação Nacional de Conservação da Natureza), estima-se que cerca de 95% dos RCD gerados têm como destino final a deposição em aterro ou são recolhidos por empresas não licenciadas [21], operando a preços bastante competitivos, mas cujo local de descarga dos RCD é difícil identificar, verificando-se, na sua grande maioria, que a descarga dos resíduos é feita em locais impróprios e de maneira ilegal [22]. São assim visíveis, um pouco por todo o país, depósitos ilegais, que dão origem, mais tarde ou mais cedo, a vazadouros de outro tipo de resíduos (resíduos orgânicos, papel e cartão, vidro, madeira, plásticos, etc.), constituindo um problema de saúde pública, degradação da paisagem e contaminação. Estima-se que a taxa de reciclagem destes resíduos se situe apenas nos 5%, representando 375 mil das 7,5 milhões de toneladas de RCD gerados no país [17].

Para além das questões apresentadas anteriormente na gestão e tratamento dos RCD, o carácter geograficamente disperso e temporário das obras também dificulta o controlo e a fiscalização do desempenho ambiental das empresas do sector. [11]

4.5 Gestão e Valorização dos RCD na Europa

Na União Europeia (UE) são gerados 1000 milhões de toneladas de RCD por ano, dos quais apenas 28% são aproveitados, e desta percentagem a maior parte é aplicada em bases e sub-bases de estradas [14].

A Bélgica, a Dinamarca e a Holanda são os países com taxas mais elevadas de reciclagem, situando-se os três acima dos 80% [14]. Comparando com Portugal, em que a taxa de reciclagem se situa nos 5% [17], percebe-se facilmente que há um enorme potencial de valorização dos RCD e que deve ser rapidamente aproveitado.

Falando agora especificamente do caso da Dinamarca, encontra-se um bom exemplo de como resolver o problema. De acordo com a DEPA (Danish Environmental Protection Agency), os RCD neste país são responsáveis por cerca de 30% dos resíduos gerados em 2003. Assim, tendo em conta a escassez dos aterros, que se previram cheios em 2008, a reciclagem apareceu como solução. A Dinamarca procurou então incentivar os intervenientes através de algumas medidas. Grande parte dos produtores de resíduos é responsável pela selecção e despejo dos mesmos, o que garante que estes se preocupem mais com o desperdício, pois sofrerão as consequências de uma má gestão. A forma de reduzir esses resíduos gerados e aumentar os encaminhados para reciclagem foi através de um instrumento fiscal, os impostos. Assim, são cobradas taxas pelos resíduos

entregues nas estações de tratamento, sendo que, quando os resíduos são separados ou tiverem como destino a reciclagem, esses impostos são reembolsados. Essas taxas são, desde de 2001, de 44,30 €/ton para resíduos a incinerar e de 50,34€/ton para resíduos a aterrar. Foram ainda outras medidas tomadas como a inclusão de britadoras e centrais de reciclagem nos aterros, havendo também uma relação estreita com os trabalhos de demolição. Finalmente, foi aplicada em maior escala a demolição selectiva ou desconstrução (será explicada mais à frente nesta dissertação) que apesar de mais onerosa que as técnicas tradicionais de demolição, traz futuras compensações, como por exemplo na redução dos custos de taxas a pagar por aterro e incineração dos resíduos, como também no aumento de receitas pela comercialização dos materiais recicláveis. [23]

A Dinamarca é então um belo exemplo de gestão e valorização de resíduos que Portugal deveria seguir para melhorar as taxas de reciclagem, tirando daí grandes vantagens.

4.6 Possíveis Utilizações dos RCD

De seguida, para cada tipo de material que provenha dos RCD é dada a possível utilização, após reciclagem ou simplesmente para reutilização: [9]

- Betão para reciclagem:
 - Betão triturado resultante de demolições (material de aterro, base de enchimento para valas de tubagens e pisos térreos de edifícios);
 - Betão triturado e crivado com poucas ou nenhuma impurezas (sub-base na construção de estradas, agregado reciclado para o fabrico de betão e base de enchimento para sistemas de drenagem);
 - Betão triturado e crivado, limpo de impurezas e com menos de 5% de tijolo (construção de estradas, produção de betão, material de aterro estrutural e base de enchimento para valas de tubagens).
- Alvenarias recicláveis:
 - Alvenaria de pedra (reutilização directa, conservação e restauro);
 - Tijolos (agregados para betão, agregados para produção de peças pré-fabricadas em betão, agregados para tijolos de silicato de cálcio, material de enchimento para estradas, material de enchimento para valas e tubagens, material de enchimento e estabilização de caminhos rurais, revestimento de campos de ténis) e azulejos (ornamento quando intactos, material de enchimento quando triturados);
 - Tijolos e blocos inteiros (reutilização);
 - Alvenarias britadas (aplicações idênticas às dos resíduos de betão com diferenças, agregados para betão, agregados para betão asfáltico (betume) e nas sub-bases de estradas);

- Pavimentos:
 - Asfálticos (construção e manutenção de estradas como pavimento asfáltico ou agregados para bases e sub-bases, agregados para bermas e camadas drenantes e em pavimentos estabilizados);
 - De betão (construção e reabilitação de estradas como agregados para betão, agregados em pavimentos asfálticos, material para bases de taludes e agregados não ligados para bases de estradas).
- Madeira:
 - Mobiliário;
 - Soalhos, portas, caixilhos de janelas;
 - Estacas para plantas;
 - Reparação de edifícios rurais;
 - Camas para animais, na forma de aparas e serradura;
 - Material de enchimento para correcção de taludes;
 - Incineração com recuperação de calor;
 - Pirólise;
 - Compostagem;
 - Produção de combustível derivado dos refugos (CDR).
- Solos:
 - Terra arável;
 - Aterros de estradas;
 - Integração paisagística (minas e pedreiras);
 - Acerto topográfico;
 - Impurezas/aterro.
- Metais:
 - Reutilização directa (aço e ferro);
 - Sucata e fabrico de novos elementos (alumínio).
- Vidro:
 - Reutilização (difícil na prática);
 - Construção de estradas;
 - Fabrico de novo vidro;
 - Impurezas/aterro.
- Papel e cartão:
 - Produção de cartão;
 - Combustível para incineração;
 - Isolamentos com celulose;
 - Reciclagem pouco viável;
 - Impurezas/aterro.

- Plásticos:
 - Incineração com recuperação energética;
 - Reciclagem por processamento mecânico (nem todos os plásticos);
 - Reciclagem de fontes energéticas (petróleo bruto e gás sintéticos).
 - Impurezas/aterro.
- Materiais de isolamento:
 - Pirólise;
 - Moldagem de tijolos artificiais;
 - Espalhamento sobre o produto não curado após separação da espuma em fibras simples;
 - Incineração;
 - Impurezas/aterro.
- Têxteis:
 - Reciclagem pouco viável;
 - Incineração;
 - Impurezas/aterro.
- Materiais de construção com gesso:
 - Placas para tectos e pavimentos;
 - Produção de cimento expansivo;
 - Material de enchimento em obras de estradas e caminhos-de-ferro;
 - Impurezas/aterro.
- Resíduos perigosos recicláveis:
 - Óleos, usado como combustível (com ou sem processamento adicional) ou refinados para produzir novo óleo;
 - Pilhas e baterias recarregáveis;
 - Produtos abrasivos, reutilizados após limpeza;
 - Tintas e solventes, recuperados por destilação ou utilizados na produção de primários;
 - Incineração/aterro.

Há então um vastíssimo leque de opções para os diferentes tipos de materiais que integram os RCD, que deve ser valorizado e aproveitado.

5. Reciclagem

5.1 Importância da Reciclagem

A palavra reciclagem começou a ser difundida na comunicação social a partir dos anos 80, de forma a alertar as pessoas para a necessidade de reciclar, quando se constatou que as fontes de petróleo e de outras matérias-primas se estavam a esgotar rapidamente e que havia falta de espaço para a deposição de resíduos e outros dejectos da natureza.

Designa-se como reciclagem o reaproveitamento de materiais como matéria-prima para um novo produto. Essa transformação é efectuada através de processos industriais explicados posteriormente. A palavra vem assim do inglês *recycle* (re=repetir e cycle=ciclo).

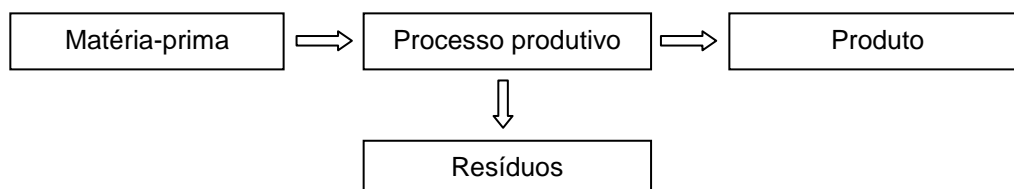


Figura 8 – Esquema de criação de resíduos [24]

A matéria-prima, ao passar pelo processo produtivo, deve então gerar o menor número possível de resíduos, o que consequentemente é positivo, pois haverá um aumento do produto, como se comprova na figura anterior. Muitos resíduos resultam assim da ineficiência do processo produtivo, mas também de demolições ou desperdícios na fase construtiva e ainda de outros processos, como limpeza do local de obras, movimentação de terras e operações de manutenção, restauro e reabilitação de construções já existentes.

Muitos materiais podem ser reciclados, como o papel, o vidro, o plástico e o metal, pois são estes que podem voltar ao estado original e ser transformados novamente num produto igual em todas as suas características.

A reciclagem traz inúmeras vantagens ambientais, económicas e sociais.

No meio ambiente, a reciclagem reduz a acumulação progressiva de lixo, a produção de novos materiais, como por exemplo o papel, que exige o corte de mais árvores, as emissões de gases, as agressões ao solo, ar e água, entre outros tantos factores negativos.

No aspecto económico, a reciclagem contribui para a utilização mais racional dos recursos naturais e a reposição daqueles recursos que são passíveis de serem reutilizados.

No âmbito social, a reciclagem não só proporciona melhor qualidade de vida para as pessoas, através da melhoria ambiental, como também tem gerado postos de trabalho na área. Um excelente exemplo do que é dito anteriormente é trazido pela Agência de Ambiente dos Estados Unidos (EPA), que refere que enquanto a incineração de 10.000 toneladas de resíduos pode significar a criação de um posto de trabalho, a mesma quantidade, se for reciclada, pode significar 36 postos de trabalho.

Assim, aplicando estes valores a Portugal, uma reciclagem de 80% dos 7,5 milhões de toneladas de RCD gerados anualmente, permitiria criar milhares de postos de trabalho.

5.2 Processo de Reciclagem

Como foi dito anteriormente, a transformação de materiais recicláveis em materiais reciclados implica processos industriais que devem ser otimizados de forma a obter produtos com cada vez mais qualidade e com cada vez menos desperdícios. Contudo, para além dos processos industriais propriamente ditos, há todo um procedimento a ser executado e que será explicado de seguida. Há ainda um factor muito importante nestas contas, que é a localização da central de reciclagem. Esta deve ser numa zona predominantemente urbana, pois os custos de transporte são uma fatia muito importante nos custos da reciclagem.

5.2.1 Separação na Origem

O primeiro passo para obter materiais reciclados de boa qualidade, que possam rivalizar com materiais de origem, e tenham ainda custos competitivos, é que esses materiais sejam separados por fluxos e, principalmente, estejam desprovidos de materiais considerados contaminantes. Esta separação *“deve ser máxima, dando preferência a materiais ditos limpos, isto é, elementos apenas de betão ou apenas cerâmicos, não contendo quantidades significativas de outros materiais minerais e especialmente não contendo matérias orgânicas ou materiais leves”* [16]

A separação deve ser feita na origem através de demolição selectiva e recolha selectiva de resíduos, de forma a melhorar processo, já que há falta de soluções eficazes para separação de resíduos com demasiados materiais misturados e contaminações impregnadas e as que há, como separação mecânica, manual, por imersão ou por correntes de ar tornam o processo oneroso [16]. Sendo assim, a separação na origem permitirá um custo menor de produção, o que consequentemente baixará também o preço de venda de agregados reciclados.

A recolha em estaleiro de demolição e de construção *“deverá prever contentores com separadores para materiais como o betão, alvenarias, cerâmicas, de materiais como papel, plásticos, isolantes ou gesso.”* [16]

5.2.2. Recepção dos RCD e Armazenamento Inicial

A recepção do material deve ser cuidada, seguindo certos parâmetros, de forma a otimizar todo o processo. Assim sendo, *“todas as entradas e saídas de material, são controladas por uma balança própria com pelo menos 12 m de comprimento, sendo registadas as quantidades e características dos materiais movimentados”.* [16]

Além disso, *“deverá ser prevista no edifício da portaria uma estrutura elevada que possibilite a inspecção visual do material à entrada aquando da pesagem”* e deve ser *“feita uma inspecção posterior aquando da descarga para garantir a qualidade do material aceite”*. [16]

Os stocks de recepção de resíduos poderão ser separados fisicamente e devem estar devidamente identificados, cabendo ao responsável identificar e supervisionar as acções de depósito e carga de material e também indicar as zonas de descarga e controlar a qualidade do material depositado.

Finalmente, *“nas zonas de recepção de resíduos, deverá ser feito um tratamento de impermeabilização do solo por intermédio de uma tela própria, com vista a conduzir efluentes contaminados para uma zona de recolha de águas que serão posteriormente analisadas, e se tal for necessário tratadas”*. [16]

5.2.3. Pré-triagem e Separação Inicial

Nesta fase, é feita uma pré-triagem e separação dos diferentes tipos de materiais, que depois são reencaminhados para o processo industrial mais indicado à sua reciclagem.

No caso do betão armado, principalmente os elementos de grandes dimensões, utiliza-se um martelo hidráulico para reduzir as suas dimensões e com o auxílio de uma pinça demolidora são-lhe retiradas a maioria das armaduras, que são reencaminhadas posteriormente para siderurgias, de forma a serem recicladas.

Os fluxos separados de materiais ditos limpos como betão, tijolos, cerâmica, alvenarias, pedras, *“passam por um processo de pré-segregação (crivo primário) com o objectivo de remover a fracção 0-5 mm sendo o restante material encaminhado para a britagem.”* [16]

Se o objectivo for reduzir o tamanho dos resíduos, de forma a adequá-los à britadora, deve-se utilizar uma escavadora munida de martelo ou tesoura hidráulica.

Finalmente, quando os materiais aceites apresentam contaminações, devem ser encaminhados e depositados numa zona diferente e entrarão num circuito de triagem (mecânica e manual) de forma a serem limpos para prosseguirem o processamento normal como materiais minerais não contaminados.

5.2.4 Triagem e Selecção dos Fluxos Contaminados

Esta fase do processo está dividida em duas etapas: Triagem/Pré-selecção e Triagem/Selecção.

Na primeira etapa, os resíduos dão entrada na estação e são depositados numa zona própria. De seguida, passam por uma primeira fase de triagem, onde são retirados os maiores elementos e de maior visibilidade, que são indesejáveis para este tipo de reciclagem como madeiras, papéis, metais ou isolamentos. Esta pré-selecção pode ser manual ou mecânica, através de uma máquina de pinças ou tesouras.

Os materiais retirados neste processo são reencaminhados para mercados de reciclagem e valorização paralelos.

Na etapa seguinte, a massa de resíduos é dirigida para unidade de triagem com uma grelha vibratória, cabina de triagem manual e separador magnético. É assim uma etapa com mais cuidados e muito mais pormenorizada separando os diferentes fluxos de resíduos, como plásticos, metais, papel e cartão.

Através da passagem por um crivo, as areias com granulometrias entre 0 e 5 mm, são devidamente separadas.

Assim, destes processos obtêm-se as seguintes fracções, separadamente: [16]

- Resíduos diversos (papel e cartão, plásticos, madeira, metais e outros);
- Minerais: fracção fina (entre 0 e 5 mm);
- Minerais: fracção média e grossa (prosseguem o tratamento).

No caso de grandes elementos, como o betão armado por exemplo, cujas dimensões são demasiado grandes para as máquinas de tratamento, devem ser reduzidos com o auxílio de tesouras ou martelos hidráulicos e as armaduras retiradas e armazenadas em contentores.

Para além destes processos de separação convencionais podem-se ainda utilizar outros, como a separação mecânica dos resíduos, separação via húmida (por densidade) e separação por correntes de ar.

5.2.5 Britagem e Crivagem

Assim, numa fase posterior, é executada a britagem dos resíduos através de britadora de impacto também conhecida por britadora de maxilas, onde os materiais são reduzidos às dimensões desejadas. Os parâmetros reguláveis da britadora são escolhidos consoante o tipo de material a ser britado e a sua futura utilização.

Depois da britagem, o material passa por um separador magnético que retira os restos de metal que sobram no fluxo.

Para serem obtidas parcelas comercializáveis, de maneira a terem diferentes aplicações, o material britado passa por um crivo, obtendo-se assim subfracções (0-5, 5-15, 15-25, 25-30). A fracção superior a 50mm é separada e volta a ser processada por britagem.

As areias, ou parcela de finos (0-5mm) podem ser misturadas com fracções superiores, conseguindo-se assim a granulometria desejável para aplicações como sub-bases de estradas. A esta parcela não se deverá *“juntar os finos resultantes da pré-britagem provenientes da passagem pelo crivo primário, pois estes últimos geralmente contêm percentagens consideráveis de partículas finas contaminantes, como gesso, matérias orgânicas e poeiras diversas.”* [16]

As parcelas de finos são aplicadas, em geral, em várias situações, como *“acondicionamento de condutas, drenagens, misturas com matéria vegetal para produção de solos de jardinagem.”* [16]

As restantes parcelas são consideradas britas de material reciclado e têm aplicações em situações, como *“bases de estradas, drenagens, agregados para pavimentos, enchimentos estruturais.”* [16]

5.2.6 Armazenamento e Saída dos Produtos Finais

Nesta última fase, têm que ser seguidas certas regras para permitir o bom funcionamento da saída do material da central de reciclagem.

Assim, todos os stocks devem estar separados fisicamente ou, não sendo possível, estarem “separados por uma distância na base de pelo menos 4 metros, para garantir que não há misturas entre stocks e para facilitar as operações de armazenamento e cargas e descargas.” [16]

Todos os stocks devem estar devidamente identificados e existe uma pessoa responsável por identificar e supervisionar as ações de depósito e carga de material.

Finalmente, o material à saída passa por uma báscula de forma a precisar a quantidade de material carregado.

5.3 Agregados Reciclados

Em termos comerciais, o uso de agregados reciclados ainda é visto com desconfiança, devido à sua heterogeneidade, à dificuldade em manter um fluxo constante, à sua possível contaminação com outros resíduos e, principalmente, à disponibilidade de agregados naturais (materiais primários). Apesar disso, foram publicadas quatro Especificações Técnicas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), referentes à utilização de agregados reciclados, que podem fomentar a confiança dos utilizadores nestes materiais, incentivando a sua comercialização. Estas servem como guia para a reciclagem e são as seguintes:

- E 471: Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.
- E 472: Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central.
- E473: Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligantes de pavimentos.
- E 474: Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em aterro e camadas de leito de infra-estruturas de transporte.

Os agregados reciclados finos não requerem exigências nem regras para a sua aplicação, porque possuem normalmente uma elevada percentagem de elementos com dimensão inferior a 0,063 mm e uma maior absorção de água, dificultando o controlo da trabalhabilidade e comprometendo a resistência mecânica do betão. [23]

Falando particularmente na especificação LNEC E471 “*Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos*”, esta classifica os agregados grossos reciclados abrangidos pela NP EN 12620 “*Agregados para betão*” e estabelece os requisitos mínimos que deverão respeitar para poderem ser utilizados no fabrico de betão de ligantes hidráulicos. A E471 estabelece ainda três classes de agregados provenientes de resíduos de construção e demolição:

- ARB1 e ARB2 – constituídas maioritariamente por betão, misturado ou não com agregados não ligados;

- ARC – tem como principais constituintes betão, agregados não ligados e elementos de alvenaria, não havendo exigências quanto às percentagens relativas de cada um deles.

Apresenta-se de seguida então, segundo a E471, a tabela 5 que indica a composição a que cada tipo de agregado deve obedecer e a tabela 6 onde estão os seus requisitos mínimos.

Constituinte	ARB1	ARB2	ARC
Betão (%)	≥90	≥70	≥90
Agregados não ligados (%)			
Alvenaria (%)	≤10	≤30	
Materiais betuminosos (%)	≤5	≤5	≤10
Partículas leves ^a (%)	≤1	≤1	≤1
Outros materiais ^b (%)	≤0,2	≤0,5	≤1

Tabela 5 – Composição dos agregados reciclados [25]

^a Material com massa volúmica inferior a 1000 kg/m³; no caso das partículas leves serem constituintes minerais não prejudiciais para o betão nem para o acabamento superficial, o limite estabelecido pode atingir 3%;

^b Vidro, solos argilosos, plásticos, borrachas, metais e matérias putrescíveis.

Requisitos	ARB1	ARB2	ARC
Massa volúmica (kg/m ³)	≥2200		≥2000
Absorção de água (%)	≤7		≤7
Teor em finos (%)	≤4		≤3
Teor de sulfatos solúveis em ácido (%)	≤0,8		≤0,8

Tabela 6 – Requisitos dos agregados [25]

Devem-se ainda destacar quais os campos de aplicação em que estes agregados podem ser utilizados, ou seja incorporados no betão. Os agregados de classes ARB1 e ARB2 podem ser aplicados em betão armado estrutural, mediante certas exigências, como se observa na tabela 7. Para betão simples, de enchimento ou regularização, a percentagem de incorporação pode ser total, desde que o betão seja aplicado em ambientes não agressivos.

Classe do agregado	Classe de resistência	Percentagem de incorporação	Classe de exposição ambiental
ARB1	C40/50	25%	X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XS1, XA1 ^a
ARB2	C35/45	20%	

Tabela 7 – Classes de resistência e de exposição ambiental permitidas [23]

^a em fundações

5.4 Estratégias para Reciclagem de Materiais

Para garantir uma reciclagem eficiente, há certas estratégias que devem ser seguidas e que estão a ser estudadas neste momento, de forma a maximizar o processo de reciclagem, ou seja, para garantir menos desperdícios e mais reaproveitamento dos resíduos.

As estratégias para a reciclagem de materiais são então: [26]

- Usar materiais reciclados – o uso de materiais reciclados irá encorajar a indústria e governos a investigar novas tecnologias para reciclar e para criar uma rede de suporte mais larga para futura reciclagem e reutilização;
- Minimizar o número de diferentes tipos de materiais – simplifica o processo de organização de materiais e reduz o transporte;
- Evitar materiais tóxicos e nocivos – reduz o potencial de contaminação dos materiais que são segregados para reciclar reduzindo também o potencial de risco para a saúde humana durante a desmontagem;
- Conceber a montagem em separado de materiais com potencialidades de aproveitamento distintas – evita que grandes quantidades de um material sejam contaminadas por pequenas quantidades de um material que não pode ser separado;
- Evitar revestimentos quando possível – tais revestimentos podem contaminar o material de base e tornar a reciclagem menos prática. Quando possível, usar materiais que incorporem os seus próprios acabamentos de superfície ou usar acabamentos separados e mecanicamente conectados;
- Providenciar a identificação permanente dos tipos de material – muitos materiais tais como plásticos, não são facilmente identificados e devem ter alguma marca de identificação de “*não removível*” e “*não contaminante*” para facilitar a sua futura organização;
- Minimizar o número de diferentes tipos de componentes – simplifica o processo e aumenta o potencial de reprocessamento tornando-o mais atractivo devido a grandes quantidades do mesmo;
- Usar ligações mecânicas em vez de químicas – permite a fácil separação de componentes e materiais e reduz a contaminação de materiais e danos nos componentes;
- Implementar ligações químicas mais fracas que as partes a ser conectadas – quando são usadas ligações químicas, estas devem ser mais fracas que os componentes para que se quebrem facilmente durante a desmontagem. Por exemplo, a argamassa deve ser significativamente mais fraca do que os tijolos.

6. Reutilização

6.1 Importância da Reutilização

A reutilização, como a própria palavra indica, é o acto de utilizar novamente (re+utilizar) um determinado material. Sendo assim, é mais uma ferramenta importante no campo da sustentabilidade na construção, já que “*diminui a necessidade de exploração de novos recursos naturais que seriam necessários para a produção de bens e produtos*”. [27]

A reutilização por si só não resolve os problemas com os resíduos, mas é uma ajuda importante na sua gestão, devido ao aproveitamento de matérias-primas.

A grande diferença para a reciclagem reside no facto, de na reciclagem o produto ser reintroduzido no sistema produtivo, dando origem a um produto diferente do inicial, ou seja tem que passar por um processo industrial. A reutilização consiste apenas no facto do material ser utilizado pelo menos uma segunda vez, independentemente se na mesma função ou não.

Concluindo, a reutilização é um processo ambientalmente ainda melhor que a reciclagem, pois não requer processos industriais, sendo o futuro (ou deveria ser) da construção civil, assim se criem condições para tal.

6.2 Estratégias de Reutilização de Materiais

Assim, actualmente, procuram-se condições para fazer da reutilização um processo apetecível para os principais intervenientes. Para tal é necessário definir estratégias para tornar isso possível, estando estas definidas de seguida: [26]

- Optar pela utilização de um sistema de construção aberto *openspace* – isto irá permitir alterações na compartimentação do edifício através da recolocação de componentes sem trabalho de construção significativo;
- Usar tecnologias de montagem que sejam compatíveis com práticas de edifícios normalizadas – o recurso a tecnologias específicas irá tornar a desmontagem difícil de executar e pode requerer mão-de-obra e equipamento especiais o que torna a opção de reutilização menos atractiva;
- Separar a estrutura das paredes internas dos revestimentos – para permitir a desmontagem paralela onde algumas partes do edifício podem ser removidas sem afectar outras partes;
- Providenciar acesso a todas as partes do edifício e a todos os componentes – a facilidade de acesso irá favorecer a desmontagem. Se possível permitir que a recuperação dos componentes dentro do edifício seja feita sem o uso de equipamento especializado;
- Usar componentes que possibilitem fáceis operações de manuseamento – permitir o manuseamento em todas as fases: desmontagem, transporte, reprocessamento e remontagem;

- Pensar no espaço e nos meios necessários para lidar com os diversos componentes durante a desmontagem – o manuseamento pode requerer pontos de conexão para equipamento de levantamento ou dispositivos de suporte temporários;
- Providenciar tolerâncias realistas para permitir os movimentos necessários durante a desmontagem;
- Usar o número mínimo possível de diferentes tipos de conectores – a normalização de conectores irá facilitar a desmontagem, torná-la mais célere e requerer menos tipos de ferramentas e equipamentos. Mesmo que isto resulte num sobredimensionamento de algumas ligações, irá certamente ser compensado pelo tempo de montagem e desmontagem;
- Usar uma hierarquia de desmontagem relacionada com a esperança de vida dos componentes – utilizar componentes com uma esperança de vida menor em zonas de maior facilidade de acesso e desmontagem;
- Providenciar uma identificação permanente do tipo de componentes – a identificação dos materiais com códigos de barras poderá facilitar a difusão de bancos de depósito e comercialização de matérias e componentes existentes em diversos locais.

Assim, como se pode ver pelas estratégias anteriores, há muito que fazer e muito por onde ainda se pode evoluir nesta matéria.

Na figura seguinte, apresentam-se os quatro cenários possíveis para a reutilização dos materiais no ambiente de construção, minimizando-se assim os resíduos que daí advêm.

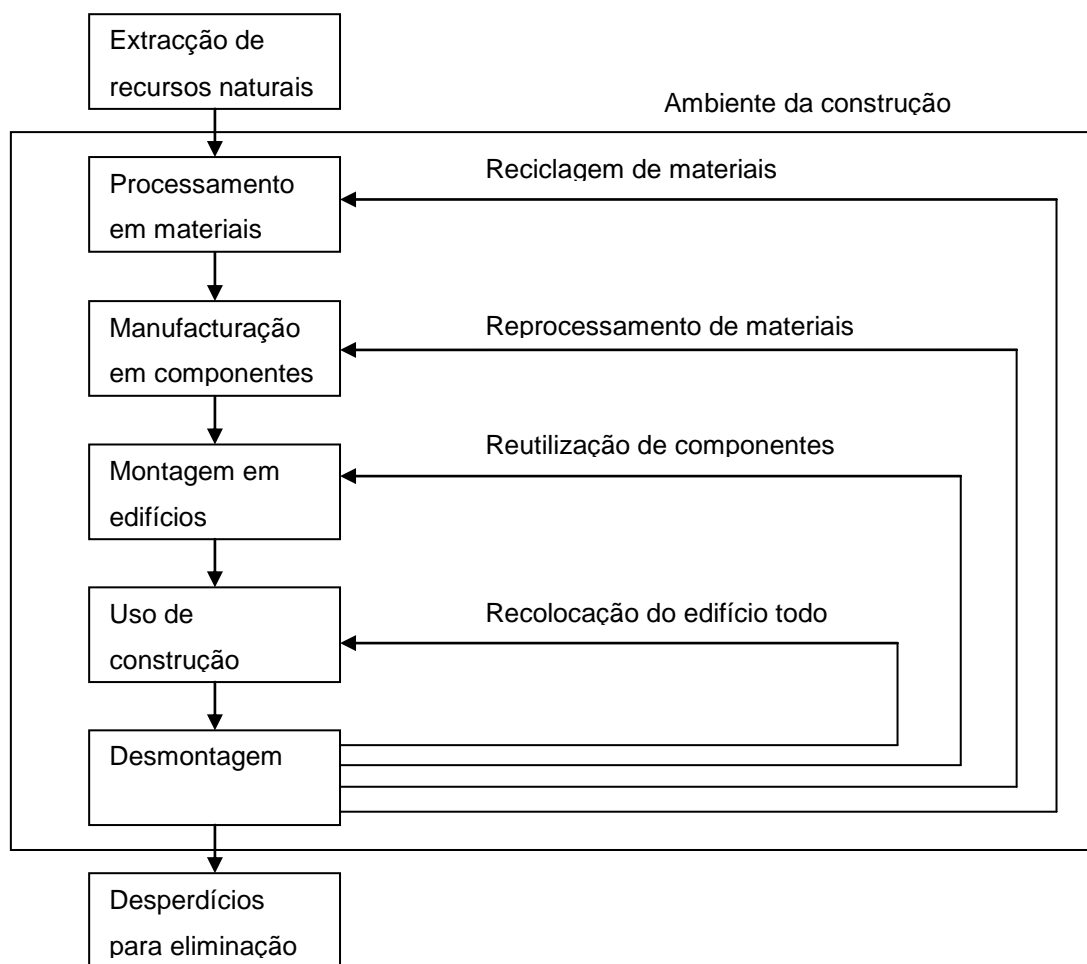


Figura 8 – Os quatro cenários para a reutilização dos materiais no ambiente de construção [26]

6.3 Dificuldades na Reutilização de Materiais de Construção

A reutilização de materiais de construção é dificultada por vários factores, sendo o principal a questão económica. Isto porque para ser possível reaproveitar os materiais de um edifício, é necessário desmontar este com todo o cuidado, mão-de-obra especializada e armazenagem correcta. A reutilização tem também aspectos muito positivos, principalmente a responsabilidade ecológica.

Deve ser tido em conta o facto que o tempo muda os materiais. Por exemplo, uma telha de cimento perde toda a sua resistência ao fim de 10 anos tornando o seu reaproveitamento muito difícil (pelo manuseio) e inviável economicamente. Em relação às telhas de barro, normalmente, acontece o oposto. Estas melhoram o seu desempenho, pois absorvem menos água. Contudo, o seu transporte e manuseio são muito complicados.

A madeira é de facto o material mais interessante para ser reutilizado, pois estabiliza com o tempo. Contudo, a desmontagem do edifício é muito complicada e em relação à madeira existem normalmente pregos associados e que devem ser retirados com o máximo cuidado para não provocar estragos nesta.

Assim, a dificuldade de retirar o material, seja ele qual for, de uma edificação sem o estragar e possíveis estragos que já apresente são desvantagens importantes, já que muitas vezes fica mais

barato a utilização de um material novo do que a reutilização de outro. Este é então um grande entrave à reutilização de materiais de construção, pois o lado financeiro tem normalmente maior importância.

7. Desconstrução

7.1 Definição

Desde sempre, os processos de demolição estavam associados a apenas um princípio, que era o de minimizar o tempo gasto nessa operação, pois minimizaria também os custos, mas que tinha como consequência que os RCD acabassem misturados em aterro. Contudo, nos últimos anos, com a necessidade de maximizar a reciclagem e reutilização de RCD, nasceu uma nova técnica de demolição, chamada de desconstrução ou demolição selectiva.

A desconstrução é então uma nova técnica utilizada na demolição de edifícios, com grandes probabilidades de crescimento. Trata-se de uma demolição selectiva de um edifício que consiste no desmantelamento cuidadoso, possibilitando a recuperação de materiais, promovendo a sua reutilização e reciclagem. Este conceito tem grande base de crescimento, como foi dito anteriormente, devido ao aumento de demolições de edifícios e de preocupações ambientais, havendo necessidade de valorização de resíduos. A desconstrução proporciona assim a valorização e reutilização de materiais de construção, que muitas vezes são tratados como resíduos sem valor e depositados em locais não autorizados para esse fim.

Nos últimos anos, tem-se procurado através de vários estudos, a sustentabilidade na construção, ou seja procura-se garantir materiais de qualidade, segurança e tecnologias que permitam poupar recursos naturais e energéticos. Há também alguns estudos que visam minimizar a produção de resíduos da construção. No fundo, procuram *“viabilizar a construção de edifícios duráveis, adaptáveis, com materiais de menor impacte ambiental e com grande potencialidade de reutilização”*. [26]

7.2 Realidade em Portugal

Nos censos de 2001, foram contabilizados em Portugal 5 019 425 edifícios e cerca de um quarto foi construído antes de 1960. Segundo o Instituto Nacional de Estatística, 37,9% dos edifícios no nosso país necessitam de reparação, logo, existe ainda um vasto património edificado que abre grandes possibilidades à reabilitação. Há ainda a destacar o facto dos planos directores municipais preverem, só na região do Norte de Portugal, casas para 15 milhões de habitantes, quando a população é de 3,5 milhões. Portugal é assim, relativamente à sua população, o país com maior *“stock”* de habitações. Por aqui se percebe também a necessidade de *“parar de construir”* e apostar mais na reabilitação e na desconstrução.

A actividade na área da reabilitação no nosso país é inferior a 10%, enquanto noutros países da Europa, principalmente nórdicos, chega a atingir os 50%. Este desinteresse pela reabilitação prejudica a sustentabilidade no sector da construção. Em parte, esta atitude verifica-se devido à necessidade de utilizar técnicas e materiais de construção entretanto abandonados e, por isso, mais

dispendiosos. Na maior parte das vezes, a reabilitação dos edifícios consiste apenas na manutenção das fachadas sem qualquer aproveitamento do seu interior, apesar de nalguns casos, ser possível a sua recuperação. A demolição indiferenciada produz uma grande quantidade de resíduos que, na maior partes das vezes, não são depois separados, acabando num qualquer aterro. A alternativa seria a utilização da desconstrução, facilitando a separação de materiais e por sua vez a reciclagem. Diga-se que funcionaria um pouco como os ecopontos, pois os materiais seriam imediatamente separados no início do processo, o que até em termos económicos seria mais vantajoso.

Contudo, a desconstrução, apesar de ser uma via interessante para reduzir resíduos, é ainda vista com desconfiança. Para que seja mais aceite, é necessário promover a regulamentação ambiental, desenvolver e implementar técnicas e processos de desconstrução e melhorar o conhecimento e sensibilização dos principais intervenientes, como os donos de obra, projectistas e empreiteiros.

A indústria da construção tem no nosso país uma importância muito significativa. Contudo, há muitos exemplos de má gestão ambiental, nomeadamente ao nível da deposição dos resíduos de obra. É assim urgente alterar esta situação, de modo a preservar os recursos naturais e a permitir o desenvolvimento sustentável. As empresas de construção devem ter capacidade para dar resposta a todas as exigências dos concursos, que cada vez mais exigem uma componente ambiental.

Actualmente, os Cadernos de Encargos especificam que a prática, pelo empreiteiro, de qualquer crime de natureza ambiental é motivo de rescisão do contrato, sem prejuízo do pagamento de todas as coimas e sanções aplicadas. [26]

Em conclusão, as empresas de construção em Portugal devem estar preparadas para legislação cada vez mais restritiva em termos ambientais, ou seja na separação e encaminhamento de resíduos produzidos nos estaleiros. Assim, a conjugação da desconstrução com a reabilitação é uma possível via para a sustentabilidade da construção, mas a falta de metodologia é ainda um problema, o que leva muitos resíduos a serem depositados em aterros, quando podiam ser aproveitados para outros fins.

7.3 A Importância da Desconstrução

A principal vantagem da desconstrução é, como foi dito anteriormente, o facto de permitir a valorização dos resíduos, garantindo assim uma eficaz hierarquia de gestão de resíduos para a demolição e operações de construção, como está demonstrado na figura seguinte.

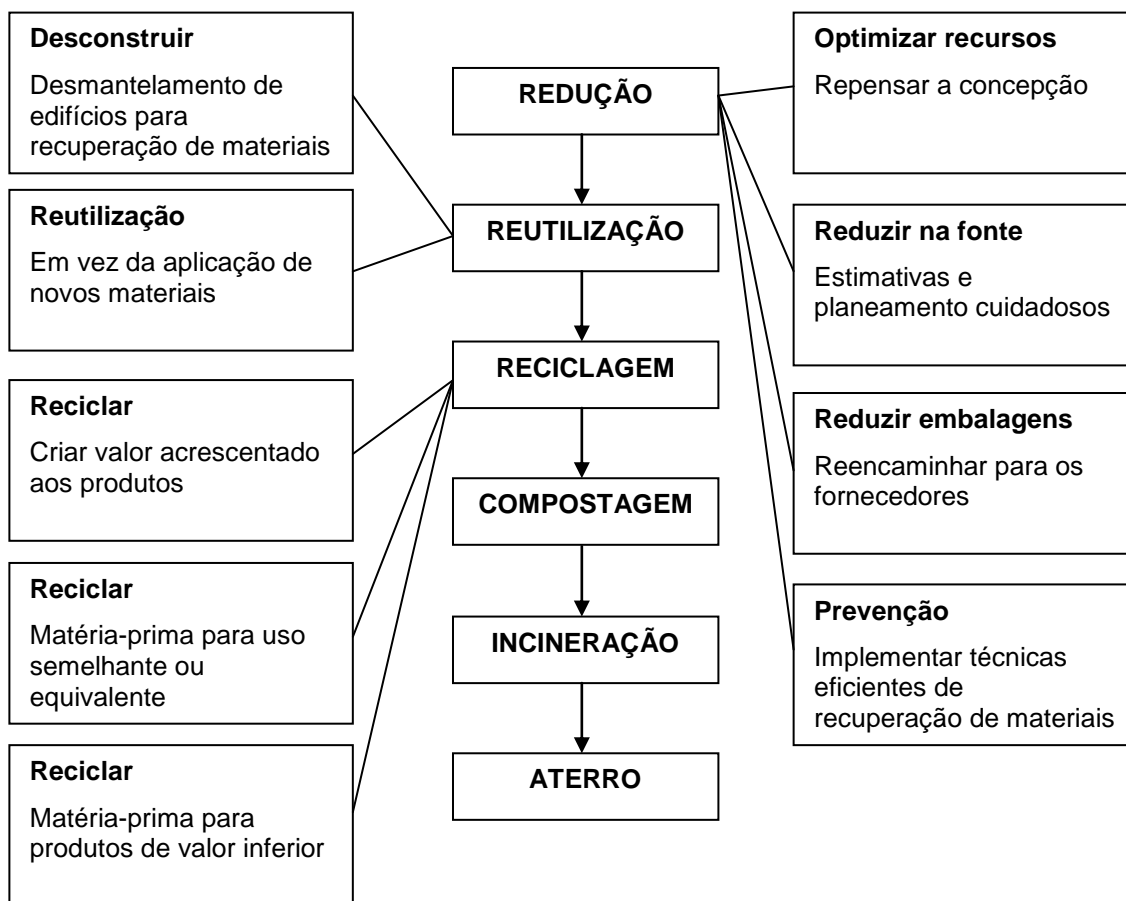


Figura 9 – Hierarquia da gestão de resíduos de demolição e operações de construção [28]

Resumidamente, a desconstrução permite:

- A reutilização de materiais;
- A reciclagem de materiais;
- A inovação e tecnologia;
- A sustentabilidade na construção;
- O aparecimento de um novo mercado – o de materiais usados;
- Benefícios económicos e ambientais.

7.4 Princípios da Desconstrução

Para se aproveitar integralmente as potencialidades da desconstrução, devem ser respeitados os princípios seguintes: [7]

- Usar materiais reciclados e recicláveis;
- Minimizar o número de tipos de materiais;
- Evitar materiais tóxicos e perigosos;
- Evitar materiais compósitos e produtos que não podem ser separados;
- Fornecer uma identificação permanente dos diversos materiais;
- Minimizar o número de diferentes componentes;

- Privilegiar ligações mecânicas sobre químicas;
- Usar edifícios de sistemas abertos com partes que podem mudar de função;
- Usar a construção modular;
- Usar tecnologias de desconstrução compatíveis com as práticas construtivas;
- Separar a estrutura dos revestimentos;
- Permitir o acesso a todos os componentes do edifício;
- Projectar componentes para serem usados manualmente;
- Fornecer tolerâncias que permitam a desconstrução;
- Minimizar o número de rebites ou outros conectores;
- Minimizar os tipos de conectores;
- Projectar conectores e ligações para suportar operações repetidas de construção e desconstrução;
- Permitir a desconstrução paralela;
- Fornecer identificação permanente de cada componente;
- Usar soluções estruturais normalizadas;
- Usar materiais leves;
- Identificar de forma permanente a zona de desconstrução;
- Fornecer peças para substituição e o local para o seu armazenamento;
- Guardar a informação do edifício e do processo de construção.

7.5 Contribuição para o Aumento da Competitividade das Empresas

Em qualquer sector mas principalmente no sector da construção, é essencial o empreendedorismo de uma empresa, apostando na qualificação e inovação dos seus serviços. Uma empresa com conhecimentos de reabilitação e desconstrução coloca-se um passo à frente da competição, indo de encontro à legislação publicada em matéria de reaproveitamento e reciclagem de materiais. O anteprojecto sobre resíduos de construção e demolição defende a implementação de um plano de gestão de resíduos na fase de elaboração de projecto e esta parece ser a forma mais eficaz e correcta de o fazer.

Este plano contempla a estimativa de resíduos que serão produzidos na execução da obra, o que obriga a um cuidado superior. O registo e o encaminhamento adequado também devem ser considerados.

Espera-se que num futuro próximo, as novas tecnologias para reciclagem e reutilização substituam velhos hábitos, para que as empresas tomem posturas ambientalmente correctas, tirando daí importantes dividendos, tanto económicos, como de imagem. Tendo em conta, os problemas ambientais que o mundo atravessa, por, durante décadas apenas se pensar no factor económico, uma empresa que preze a vertente ambiental pode lucrar imenso em termos de promoção e publicidade.

7.6 Projectos de Investigação Previstos

Neste momento, encontram-se em investigação alguns projectos sobre a problemática da desconstrução, para, tal como foi dito anteriormente, desenvolver técnicas e processos de desconstrução, sensibilizando os principais intervenientes.

Assim, os principais objectivos passam por: [26]

- Recolher e analisar dados sobre edifícios antigos de alvenaria resistente de centros urbanos de Portugal, nomeadamente características construtivas e materiais de construção mais correntes;
- Recolher e analisar as técnicas de desconstrução que ajudem a conseguir uma reabilitação sustentável desses edifícios;
- Propor metodologias de implementação de técnicas de desconstrução adequadas ao tipo de reabilitação pretendida que permitam valorizar os materiais e elementos de construção (componentes) existentes, para que não sejam aleatória, indiferenciada e desnecessariamente removidos e, pelo contrário seja possível o seu reaproveitamento;
- Acompanhar e levar a cabo experiências de reabilitação de edifícios de forma a analisar e validar as metodologias de implementação das técnicas desconstrutivas propostas;
- Proceder à divulgação e recolha de sensibilidades dos vários intervenientes no processo construtivo.

8. Novas Soluções Construtivas

Neste capítulo, serão dados exemplos de construções ou técnicas construtivas que têm como prioridade a sustentabilidade e que serão seguramente o futuro da construção. Será dado maior destaque à escolha de materiais e aspectos relacionados com reciclagem e reutilização nestas obras, devido ao tema desta dissertação.

Assim, procurar-se-á mostrar exemplos de “*bem construir*” segundo os parâmetros actuais da sociedade e apresentar curiosidades interessantes de forma a convencer os responsáveis da área a investir em novas ideias e possibilidades de construção.

8.1 Recyhouse

Este exemplo situa-se em Limelette, Bélgica e é uma “*casa protótipo*” que incorpora vários novos materiais produzidos a partir de resíduos de todos os tipos. O objectivo é provar que é possível construir um edifício quase completamente a partir de materiais reciclados. A *Recyhouse* foi construída pela *Belgian Building Research Institute* (BBRI), com o apoio da Comissão Europeia, sendo um projecto que durou cinco anos (1996-2001). [29]

De seguida, apresentam-se os pormenores construtivos do empreendimento.



Figura 10 – Vista geral do empreendimento [29]

O telhado do edifício principal é coberto com telhas baseadas em plásticos, papéis e têxteis. O primeiro anexo do edifício é coberto com chapas feitas de resíduos de pneus, enquanto que o segundo anexo é coberto com chapas papel de jornal impregnado em betume. As esquadrias das janelas são compostas por um núcleo de polivinil reciclado e os caixilhos são constituídos por peças moldadas de elementos vazados fabricados com vidro moído e resinas. O betão dos blocos da fachada baseia-se em agregados de escória de aço inoxidável e agregados finos de vidro de ecrãs de computadores (destinados a melhorar o acabamento da superfície). Finalmente, as placas de bordo são de painéis de lã de rocha reciclada e os tubos de queda de águas pluviais de zinco reciclado.



Figura 11 – Vista da sala do piso térreo projectada para reuniões e conferências [29]

Na figura 11, pode-se observar uma estrutura em betão reciclado, paredes em blocos de resíduos de demolição e cimento branco. O revestimento do piso inclui uma camada inferior de borracha reciclada e o tecto é de painéis de lã de rocha reciclada.



Figura 12 – Vista de uma sala divisória no piso superior [29]

Na figura 12, tem-se um isolamento de polietileno reciclado e um painel de base de celulose e palha recicladas. O piso é composto por painéis de resíduos de madeira.



Figura 13 – Paredes internas das caves [29]

As paredes internas das caves são constituídas por blocos de escórias de alto forno, clínquer de cimento ou areias de escórias de produção de metais não ferrosos.



Figura 14 – Modelo do piso nos andares superiores [29]

Na figura 14, tem-se uma sub-base de resíduo de poliuretano, a argamassa à base de resíduos de poliuretano e cimento, bem como um revestimento através de dois painéis de resíduos de madeira de diferentes durezas.



Figura 15 – Vista interior de uma parede da cave [29]

A parede da cave tem uma drenagem conseguida por resíduos de polietileno desfiados instalados num geotêxtil e parede de blocos de terracota com lamas e poeira do corte de calcário.



Figura 16 – Divisória no piso superior [29]

Na figura 16, observam-se painéis anteriores de gesso cartonado cobertos com espuma de polietileno reciclado e superiores de gesso com papel reciclado.



Figura 17 – Divisórias interiores no piso superior [29]

Na figura 17, pode-se verificar a existência de paredes de azulejos baseados em gesso reciclado.



Figura 18 – Telhados dos anexos [29]

Na figura 18, à esquerda tem-se um telhado com resíduos de plástico doméstico reciclado e à direita, de papel de jornal impregnado em betume.



Figura 19 – Vista do pátio entre os anexos e o edifício principal [29]

No pátio entre os anexos e o edifício principal, pode-se observar um chão de lajes drenantes de borracha reciclada, paredes de blocos de terracota com resíduos de poliestireno expandido, peitoris de lã de rocha reciclada e telhado com resíduos de plástico doméstico reciclado.



Figura 20 – Vista da cave [29]

Na cave tem-se uma escada de betão reciclado com camada inferior de revestimento de PVC reciclado, paredes de escórias de alto forno (à esquerda), parede traseira em terracota com adições de lamas e pó do corte de calcário, chão em placas de plástico reciclado e tecto de isolamento projectado sobre lã de vidro reciclada.



Figura 21 – Vista do piso superior previsto como um pequeno apartamento [29]

No piso superior, o tecto e a parede posterior são de painéis de gesso cartonado e cartão reciclado, as paredes anteriores de azulejos de gesso e o chão de resíduos de madeira envernizados. Este é então um excelente exemplo, mostrando como é possível construir toda uma habitação recorrendo apenas a materiais reciclados, retirando-se daí vantagens económicas, ambientais e sociais.

8.2 Thermo Poly Rock

A empresa do País de Gales *Affresol*, construtora especializada em casas modulares, construiu uma casa através de uma nova tecnologia, aproveitando 18 toneladas de plástico reciclado. Esta foi feita com um novo composto chamado Thermo Poly Rock (TPR) que consiste no aproveitamento de plástico reciclado misturado com minerais (não divulgados) na construção de casas ecologicamente correctas.



Figura 22 – Aproveitamento de plástico na construção [30]

Segundo a empresa, o processo tem baixo consumo energético e o material é mais leve e resistente que o betão, além de ser não-inflamável, impermeável, com óptimo isolamento térmico e não apodrecer. [31]

O projecto tem o apoio do Governo Galês e de várias organizações ambientais e já foi lançado uma linha de casas verdes e construções modulares portáteis de quatro toneladas. O Ministro da Economia do País de Gales, Ieuan Wyn Jones, disse que “o novo processo sustentável” tem muito potencial e pode gerar uma grande quantidade de empregos. [31]

As placas de TPR formam as paredes de sustentação da casa, que pode ser coberta externamente com tijolos ou pedra, enquanto que no interior pode ser colocada uma camada de isolamento térmico e ficar com a mesma aparência de uma casa tradicional. As telhas também são feitas de material reciclado. [31]



Figura 23 – Interior da casa de TPR [30]

A empresa estima que a vida útil das casas seja de cerca de 60 anos, mas os elementos de TPR podem ser novamente reciclados ao fim desse período. [31]

Além de todas as vantagens mencionadas anteriormente, há ainda a destacar dois factos relevantes, segundo a própria empresa. Esta é até 12% mais barata do que a construção convencional e muito mais rápida, pois a casa ficará pronta e ao gosto do cliente em apenas 4 dias. [30]

Deve-se ainda referir que o Thermo Poly Rock tem uma resistência à compressão entre 22 KN/mm² e 38 KN/mm² e que tal como o betão é aplicado em moldes e tem uma cura de 24 horas.

O director-geral da *Affresol*, Ian McPherson, afirmou ainda que “*todos os países do mundo têm problemas com lixo e agora temos a oportunidade de transformar este lixo em recurso de construção de moradias 100% reciclável*”. [31]



Figura 24 – Casa de TPR [30]

Ainda segundo a *Affresol*, o custo por unidade situa-se entre os \$60.000 e os \$75.000 (em euros entre 42.000€ e 53.000€, aproximadamente). [32]

Neste momento, a empresa aguarda aprovação de um projecto-piloto para construir 19 casas em Merthyr, no País de Gales e espera-se que nos próximos anos, este novo material cumpra as expectativas e cresça no mercado, com efeitos positivos para todo o mundo. [31]

8.3 ISOPET

De seguida, apresenta-se uma solução muito interessante de como aproveitar garrafas PET (politereftalato de etileno) e poliestireno expandido (mais conhecidas no Brasil como ISOPOR ou EPS), na área da construção. O PET é um polímero termoplástico, material que apresenta alta resistência química. As garrafas PET são as típicas garrafas de plástico, em grande abundância no mercado, e que através desta solução podem ser directamente reaproveitadas, sem necessidade de passar por um processo de reciclagem, prevenindo também o depósito destas em aterros ilegais. O projecto foi desenvolvido por estudantes do curso de Tecnologia de Construção do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Brasil. [33]



Figura 25 – Isopor e garrafas PET [34]

A solução consiste na produção de blocos para a construção civil chamados de ISOPET. Estes utilizam internamente, garrafas plásticas inteiras, posicionadas no sentido vertical ou horizontal e cobertas por uma fina camada de betão leve. Os blocos apresentam encaixes laterais que geram o inter-travamento destes, não sendo necessária a utilização de argamassa para as suas uniões, excepto na primeira fiada. Como o bloco possui uma superfície porosa, não é necessário reboco na parede, apenas aplicando-se uma argamassa colante de finalização. [33]



Figura 26 – Execução de ISOPET [35]

Com a utilização destes blocos, reduz-se a necessidade de extrair recursos naturais como areias grossas e finas. Essa prática reduz também o consumo de energia eléctrica, o que por sua vez reduz substancialmente o valor final da obra. Além disso, este bloco apresenta outras grandes vantagens na execução de um projecto construtivo, pela sua leveza, facilitando o manuseio dos elementos, pelas melhorias no aspecto termo-acústico e também por ser um bloco ecológico, trazendo não só benefícios à construção civil, mas também ao meio ambiente e por sua vez à qualidade de vida das pessoas.

Os blocos ISOPET possuem dimensões de 40x40x15cm com e sem canaleta, que pesa em média 12 kg ou 40x20x15cm com e sem canaleta, que pesa em média 6 kg. Nos ensaios realizados, os blocos alcançaram uma resistência a compressão superior a 2,1 MPa, sofrendo apenas deformação. [33]



Figura 27 – Blocos ISOPET [35]

Além disso, os blocos ISOPET são resistentes ao fogo, suportando as chamas de um maçarico de alta temperatura durante 35 minutos a uma distância de 15cm, não entrando em combustão e permanecendo com a sua face oposta a uma temperatura inalterada, segundo os ensaios realizados. [33]

Em relação aos ensaios de resistência ao choque, estes mostraram que os blocos ao serem lançados de uma altura de 4m sofreram apenas deformação, quando comparados com blocos cerâmicos e de betão. [33]

De acordo com testes realizados, um operário pode executar uma parede de 2,4 m² em 55 minutos e não é necessária uma equipa especializada. Uma parede com as mesmas dimensões, mas executada com bloco cerâmico leva 120 minutos para ser construída. [34]

As primeiras unidades construídas com esta tecnologia situam-se em Pindamonhangada e Curitiba. A primeira é usada como posto de saúde e recebe constante monitorização. A segunda já passou em todos os testes de resistência, mas não está habitada neste momento. [36] O projecto espera por interesse de investidores para ser implantado em larga escala.



Figura 28 – Casa construída com blocos ISOPET [36]

Para a execução de 365 blocos são necessárias 875 garrafas de plástico de 2 litros do tipo PET e 17m³ de poliestireno expandido. [33] Em 2001, só no Brasil foram consumidas 270 mil toneladas de embalagens PET e segundo os dados da Associação Brasileira dos Fabricantes de Embalagens PET, destas apenas 89 mil foram recicladas. Assim, se percebe a grande mais-valia que este produto pode trazer ao mercado, evitando desperdícios e amenizando o impacto ao meio ambiente.

8.4 Ecoprodutos

São conhecidos como ecoprodutos, produtos que não agridam o meio ambiente e a saúde dos seres vivos e que sejam fabricados a partir de matérias-primas naturais, renováveis e recicláveis, tendo também o menor impacto possível durante o processo de produção.

Já existem no mercado várias soluções nesse sentido e ainda por cima com excelente relação preço/qualidade, sendo por isso um mercado em expansão.

De seguida, apresentam-se alguns ecoprodutos interessantes, que terão grande probabilidade de crescimento nos próximos anos.

8.4.1 Ecoplaca

As ecoplacas são chapas planas recicladas, fabricadas a partir de resíduos plásticos de diversas proveniências, como embalagens do tipo longa-vida, EVA (etil-vinil-acetato), cargas vegetais e minerais, entre outras. Estas são impermeáveis, resistentes à humidade e exposição solar e são 100% recicladas e recicláveis.

As ecoplacas podem ser aplicadas em várias situações, como: [37]

- Tapumes, barracões de obra e divisórias interiores e exteriores;
- Paredes em sistema dry-wall;
- Forros;
- Mobiliário: mesas, cadeiras, bancadas, tampos, armários, etc;
- Design e objectos em geral.



Figura 29 – Utilização de ecoplacas num revestimento exterior [37]

Resumindo, as vantagens da utilização de ecoplacas são: [37]

- Material 100% reciclado após uso;
- Baixa absorção de humidade (menor que 4%);
- Resistente a agentes químicos em geral;
- Isolante termo-acústico;
- Auto-extinguível (não propaga chamas);
- A sua produção não gera nenhum tipo de poluente atmosférico;

- Tem custo acessível.



Figura 30 – Armazém com ecoplacas [37]

Existem dois tipos de ecoplacas: Com revestimento plástico e com revestimento de papel. As primeiras são indicadas para uso aparente, sem necessidade de acabamento. São resistentes à chuva, vento e sol e podem ser usadas para áreas externas e internas. Não necessitam de pintura, mas aceitam tinta acrílica, látex, esmalte sintético, entre outros. As ecoplacas com revestimento de papel têm a mesma resistência das placas recicladas, mas recebem uma fina película de papel para receber pintura ou argamassa, se assim for necessário.

8.4.2 Ecotelha

A ecotelha é uma telha reciclada com formato ondulado, produzida a partir de resíduos de embalagens plásticas diversas. Esta é leve, resistente e protege contra a ação do sol e da chuva, reduzindo até 40% o calor no interior do ambiente, em comparação a telhas similares de fibrocimento. [37]

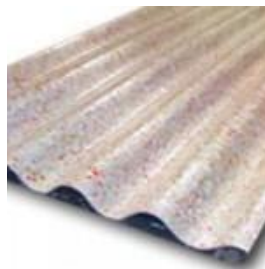


Figura 31 – Ecotelha [38]

Trata-se de um produto reciclado, reciclável e sustentável, que não apresenta riscos de quebra por transporte ou quedas bruscas, descarga ou tráfego durante a instalação da peça.

O produto pode ser usado em coberturas de fábricas, armazéns em geral, oficinas, galinheiros e coberturas de edifícios comerciais e residenciais.



Figura 32 – Cobertura de ecotelhas [37]

A ecotelha é composta por cerca de 75% de plástico, 24% de alumínio e 1% de celulose, comercializada com dimensões de 2,10 m X 0,92 m, espessura de 7 mm e peso 15 kg. [37]

Há dois tipos de ecotelhas disponíveis no mercado actualmente. A ecotelha que serve para coberturas de todos os tipos e a ecotelha translúcida que é utilizada para coberturas em que se deseja presença de luz natural. Esta última transfere mais de 80% de luminosidade natural para o ambiente e apenas 20% de calor. É uma boa substituta de telhas similares de fibra de vidro e policarbonato.

Resumindo assim as inúmeras vantagens destas solução: [37]

- Produto 100% reciclado e reciclável;
- Grande durabilidade e vida útil;
- Não parte no transporte, descarga ou sob trânsito dos instaladores de cobertura;
- Fácil instalação;
- Favorece o uso de estruturas mais leves e económicas;
- Auto-extinguível (não propaga chamas);
- Não oferece riscos à saúde na produção, uso e reciclagem;
- A sua produção não gera emissão de CO₂ à atmosfera;

8.4.3 Ecotelhado

O Ecotelhado é um jardim suspenso, também conhecido como telhado verde ou telhado jardim. Este tipo de cobertura vegetal pode ser instalado em coberturas de prédios (lajes) ou em telhados convencionais, como o de telha cerâmica, fibrocimento, entre outros. É possível fazer um telhado com relva ou com plantas.



Figura 33 – Ecotelhado [38]

Os ecotelhados têm tido um grande crescimento nos centros urbanos, pois trazem diversos benefícios como: [39]

- Aumento da biodiversidade;
- Redução da velocidade de escoamento da água da chuva no telhado;
- Aumento da retenção da água da chuva;
- Limpeza da água pluvial, contribuindo para a redução da poluição;
- Redução da emissão de carbono, atenuante da poluição do ar;
- Diminuição da temperatura do micro e macro ambiente externo;
- Conforto térmico e acústico para ambientes internos;
- Contribui para a maior durabilidade dos prédios, pois diminui a amplitude térmica;
- Elimina a reflexão dos raios solares;
- Diminui o aquecimento das construções vizinhas;
- Aumenta a geração de oxigênio por fotossíntese;
- Melhora o aspecto visual das construções;

Existem três sistemas possíveis para a instalação do ecotelhado. Sistema modular, sistema alveolar e sistema laminar. [39]

No primeiro, o ecotelhado é composto por módulos já plantados colocados lado a lado sobre uma membrana anti-raízes e uma membrana para a retenção de nutrientes. Este sistema é de rápida instalação e pode ser colocado em praticamente qualquer tipo de telhado ou laje. O sistema está representado na figura seguinte.

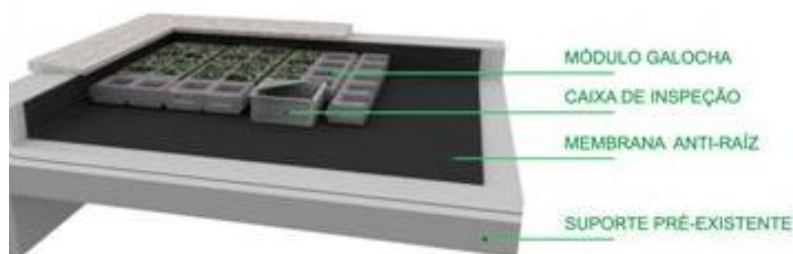


Figura 34 – Sistema modular [39]

No sistema alveolar, há maior retenção de água do que no anterior (o que já possibilita a utilização de relva) e permite o uso de maior variedade de plantas. Pode-se perceber o sistema e os componentes deste na figura e respectiva legenda seguintes:



Figura 35 – Sistema alveolar [39]

Legenda:

- 1 – Membrana anti-raízes;
- 2 – Membrana alveolar (2 cm) – Retém a água e por baixo forma canais drenantes;
- 3 – Membrana de retenção de nutrientes;
- 4 – Módulo (8 cm) – Evita a erosão e a compactação e faz a aeração do substrato;
- 5 – Substrato leve (1 cm ou mais).

O sistema laminar caracteriza-se por utilizar uma lâmina de água sob um piso elevado feito de módulos de sustentação. Este tem um inconveniente, que é apenas poder ser utilizado em telhados completamente planos. Contudo, é o ideal para telhados de relva, pois mantém a humidade ideal na lâmina de água e maximiza os benefícios de retenção pluvial e conforto térmico. Além disso, a principal vantagem deste sistema é aproveitar a água da chuva para posterior reutilização no edifício. O sistema está representado na figura seguinte:

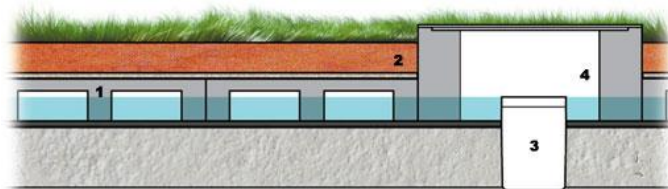


Figura 36 – Sistema laminar [39]

Legenda:

- 1 – Módulos (feitos de um material rígido que retém a humidade e os nutrientes e permite a passagem da água) posicionados sobre a laje impermeabilizante;
- 2 – Camada de substrato fibroso, onde é plantada a relva;
- 3 – Tubo ladrão que regula a lâmina de água (deve-se manter em 4 cm);
- 4 – Caixa de inspeção para facilitar a manutenção (deve ocorrer pelo menos 2 vezes por ano).

Deve-se acrescentar ao descrito anteriormente, a existência de uma manta que separa os módulos das raízes. O sistema tem, no total, 16 cm de espessura e pesa em torno de 120 kg/m². Relativamente, à reutilização de água deve-se referir que a água dos chuveiros e dos lavatórios é filtrada num reservatório e depois bombeada até ao telhado para a rega da relva, responsável por uma nova filtragem. De seguida, escoar para o sistema laminar, que a redirecciona para as descargas.

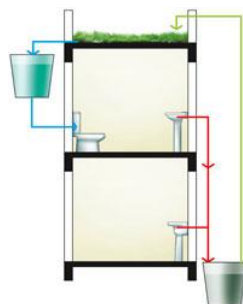


Figura 37 – Reutilização da água no sistema laminar [39]

8.4.4 Tijolo Ecológico ou Ecotijolo

Os tijolos ecológicos representam uma inovação na área dos materiais de construção, sendo um produto com boas hipóteses de crescimento. A principal vantagem ambiental é o facto de não precisarem de ser queimados em forno e por isso não são tão agressivos para o meio ambiente.



Figura 38 – Tijolo ecológico [38]

O tijolo ecológico é elaborado a partir da composição de solo+cimento prensado (sem queima como dito anteriormente) e apresenta óptimo isolamento térmico e acústico e, sendo um produto mais leve, agiliza a construção. Ao aliviar o peso do edifício, diminui gastos em estacas mais profundas e sapatas maiores.

Há ainda outros benefícios importantes que devem ser referidos, tais como: [38]

- Não necessita de mão-de-obra especializada;
- Reduz consideravelmente o consumo e desperdício de materiais;
- É estrutural, eliminando pilares e vigas;
- O acabamento em cerâmica, gesso, texturas e até tinta pode ser aplicado directamente na face dos tijolos, dispensando assim reboco por exemplo, o que garantirá vantagens económicas;
- Desperdícios quase inexistentes, pois o tijolo é maciço e altamente resistente, sendo dificilmente partido durante o transporte ou manuseio;
- Elimina a necessidade de carotes para a instalação das redes eléctricas e hidráulicas, pois os furos dos tijolos de solo-cimento são utilizados para passarem tubos;
- Reduz-se muito a quantidade de cimento e areia para assentar os tijolos;
- Em termos de velocidade de execução, é mais rápido que a alvenaria convencional em cerca de 30%, devido aos encaixes que favorecem o alinhamento e prumo da parede;
- A durabilidade é superior do que um tijolo comum, pois chega a ser até 6 vezes mais resistente;
- Assim é mencionado em várias fontes que a utilização de ecotijolos pode economizar em até 50% do custo final de um edifício comparativamente a tijolos convencionais. Apesar de no mercado da construção, um ecotijolo ser obviamente mais caro, pelas razões apresentadas anteriormente, no custo final de uma obra compensa verdadeiramente.

8.4.5 Ecoparede

A ecoparede, também conhecida como jardim vertical, pode ser utilizada, tanto na fachada exterior como em painéis no interior do edifício. Esta tem inúmeros benefícios, tais como: [39]

- Aumento da biodiversidade;
- Redução da emissão de carbono e da poluição do ar;
- Diminuição da temperatura do micro e macro ambiente externo pelo controle da energia solar;
- Conforto térmico e acústico para ambientes internos;
- Contribui para a maior durabilidade dos edifícios, pois diminui a amplitude térmica;
- Embelezamento dos centros urbanos.

Há dois sistemas de ecoparede, dependendo do local e forma de utilização que se pretende. São eles o sistema parede verde e o sistema brise vegetal.

O primeiro caso consiste num sistema de revestimento de parede com vegetação, suportada por uma estrutura metálica contínua em perfil “U” zincado onde são dispostos os módulos pré-vegetados. Este contempla irrigação automática e cada módulo pode ser retirado da parede, sendo independente do conjunto, caso necessite de substituição. Além disso, o sistema é montado destacado da parede, evitando passar humidade ao edifício. Assim, este sistema pode ser aplicado no interior ou no exterior das estruturas. Quando é aplicado no exterior, é disposto sobre uma fachada e as plantas são escolhidas de acordo com a quantidade de luz. É ainda projectado a uma altura viável e ao alcance para permitir manutenção quando necessário.



Figura 39 – Sistema parede verde externa [39]

Este sistema, quando utilizado no interior, cumpre uma função de purificação e limpeza do ar e a escolha das plantas deve recair sobre espécies de sombra ou então iluminadas por uma lâmpada especial.



Figura 40 – Sistema parede verde externa [39]

O sistema brise vegetal tem como finalidade cobrir a fachada de um edifício protegendo contra a acumulação de energia solar. É um sistema modular em que as plantas (geralmente trepadeiras) são conduzidas por cabos de aço inoxidável presos por fixadores do mesmo material. O método contempla ainda fertilização e irrigação automáticas.



Figura 41 – Sistema brise vegetal [39]

O sistema brise vegetal pode ser utilizado em edifícios sem limite de altura para conforto térmico das fachadas. Pode cobrir também os envidraçados, pois mantém uma distância das janelas e guarda transparência para quem está do lado de dentro. Este dá ainda novas perspectivas ao paisagismo natural e benefícios como a constante renovação, não necessitando de pinturas, o aumento da eficiência energética que é proporcional à economia de energia eléctrica para climatização e ainda além de não acumular energia solar, consome-a no processo de fotossíntese.

8.4.6 Ecopavimento

O ecopavimento é um pavimento permeável constituído por grelhas alveolares de plástico reciclado que se caracteriza por permitir a passagem de água e ar. Tem um impacto ambiental positivo ao ajudar na prevenção de enchentes, manutenção dos vazões de cursos de água nas épocas de seca e controle da poluição pluvial, pois aumenta a absorção das águas da chuva evitando a poluição de rios

pelo arraste de partículas e nutrientes por enxurradas. Além disso, o ecopavimento aumenta a evapotranspiração, diminuindo o calor urbano.

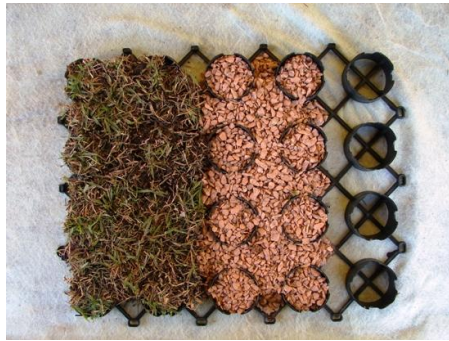


Figura 42 – Grelhas alveolares [39]

Em termos de utilização, esta solução pode ser aplicada em substituição a pavimentação em locais de tráfego lento como estacionamentos, pavimento interno de condomínios, caminhos e pátios de escolas com maior retenção de água, calçadas, acessos pedestres e bacias de infiltração, entre outros.



Figura 43 – Ecopavimento [39]

O ecopavimento é assim uma solução com melhor desempenho ambiental, económico e estético do que outros pavimentos convencionais, além de acumular menos calor, ter menor índice de reflexão e como foi dito anteriormente, reter a água da chuva, evitando poluição e diminuindo o calor urbano.

8.4.7 Ecodreno

O ecodreno é um novo sistema de biorretenção inspirado nos jardins de chuva. Tem dois objectivos primordiais na gestão da água da chuva urbana: controle das inundações e prevenção da contaminação.

Esta solução consiste numa estrutura de suporte, feita de plástico reciclado que aumenta a capacidade de retenção das águas da chuva e assegura um trânsito normal sobre a área. Funciona também como uma trincheira de infiltração.

O ecodreno é então uma depressão pouco profunda na terra, num terreno com solo permeável e com plantas ou árvores e coberto por uma delgada capa de acolchoado orgânico. Assim, a água da chuva acumulada nas superfícies impermeáveis, como calçadas e ruas é absorvida e drenada para as redes de drenagem ou canais. Num estudo recente é comprovado o potencial desta solução para eliminar contaminantes e nutrientes da enxurrada. [40]



Figura 44 – Ecodreno [39]

8.4.8 Madeira Bio sintética

A madeira bio sintética é uma nova solução que é resultado da reciclagem de diversos resíduos industriais, como plástico, fibras vegetais ou animais através de um complexo processo de transformação. Esta substitui a madeira natural em diversos aspectos e é um produto de alta tecnologia, durável, imune a pragas, entre outras qualidades.



Figura 45 – Madeira bio sintética [38]

Esta solução é fabricada na região metropolitana de Belo Horizonte, Brasil e tem inúmeras utilizações possíveis, como por exemplo, paletes e caixas, decks de piscina, revestimentos, pisos, decoração e paisagismo (espreguiçadeiras, mesas, bancos de jardim, brinquedos, entre outros).

Resumindo, a madeira bio sintética tem vários benefícios como: [38]

- Ecologicamente correcto e substitui a madeira natural;
- Resistência a impactos (é feito a altíssima pressão);
- Não deteriora e é impermeável (composto por plástico e fibras, por isso pode ser colocada em locais húmidos e até submersos);
- Imune à acção de térmitas;

- Fácil de trabalhar (maleável e tal como a madeira natural é facilmente serrada, aparafusada, pregada e colada);
- Resistente a produtos químicos (corrosão);
- Resistente à humidade;
- Alta durabilidade;
- 100% Reciclável.

9. Caso de Estudo – Vantagens da Desconstrução e Reutilização

Neste capítulo procurar-se-á mostrar as vantagens da desconstrução e reutilização num caso específico. Assim, serão escolhidos materiais para uma habitação exemplificativa que favoreçam a utilização destas técnicas, com o objectivo de demonstrar inequivocamente as suas vantagens.

9.1 Critérios na Escolha de Materiais

De facto, para além dos critérios arquitectónicos comuns, na escolha de materiais para uma construção deve-se respeitar ainda certos critérios mencionados de seguida:

- Energia incorporada no material – Deve-se ter em conta o gasto energético relacionado com a energia incorporada do material no seu ciclo de vida;
- Potencial de reutilização e reciclagem dos materiais – Devido ao seu desgaste ao longo do ciclo de vida, há materiais com possibilidades de serem reutilizados e reciclados posteriormente e outros que não têm esse potencial;
- Toxicidade do material – Já foi mencionada nesta dissertação que existem certos materiais que por serem tóxicos para o meio ambiente e para os humanos, não devem ser utilizados na construção;
- Custos económicos associados ao ciclo de vida dos materiais – Grande parte dos projectistas escolhem os materiais apenas tendo em conta o preço de aquisição, desprezando por exemplo os custos de manutenção, reabilitação, demolição e eliminação. Estes não devem ser desprezados, pois, por vezes um investimento inicial superior pode até significar, a longo prazo, obras mais lucrativas.

Apesar de todos estes critérios serem essenciais, o último antes mencionado não será tido em conta neste caso de estudo, pois para efeitos desta dissertação seria muito complicado saber custos económicos dos materiais escolhidos em todo o seu ciclo de vida. Contudo, fica aqui referida a importância deste factor.

9.1.1 Energia Incorporada

A energia incorporada nos materiais de construção é, por definição, “a energia consumida durante a sua vida útil”. [6] Contudo existem diferentes abordagens para avaliar esta problemática. São elas: do início da extracção das matérias-primas até à porta da fábrica (*cradle to gate*), do início até à obra (*cradle to site*), ou do início até à fase de demolição e de deposição (*cradle to grave*). Assim, a abordagem que me parece mais correcta e que será tida em conta neste subcapítulo será a terceira, pois é esta que abrange todos os consumos desde a fase de produção até ao fim de vida do material. Assim, a energia incorporada nos materiais corresponde à quantidade de energia necessária para a sua produção, transporte, aplicação na obra, manutenção e demolição. Esta energia pode variar entre

6 a 20% da quantidade total de energia consumida durante a vida útil de um edifício, dependendo, entre outros factores, dos sistemas construtivos utilizados, do número de utilizadores do edifício, do grau de conforto exigido pelos ocupantes e do clima do local. [41]

Os valores de energia incorporada possuem uma elevada margem de erro pois dependem de uma série de factores, entre os quais se destacam: a eficiência do processo de transformação; o tipo de combustível utilizado no processo de transformação das matérias-primas e no seu transporte; a distância de transporte das matérias-primas; a quantidade de matéria reciclada utilizada. [41] Assim, o valor de energia incorporada não é constante, variando de país para país e mesmo dentro de cada país, de região para região, e também de autor para autor, dependendo das variáveis consideradas.

Em termos de consumo associado à produção dos materiais, estes dependem do processo produtivo e do país onde são produzidos. Assim, no caso de Portugal, a Direcção-Geral de Energia (DGE) publicou no âmbito do Regulamento de Gestão do Consumo de Energia (RGCE) valores da energia necessária no fabrico de alguns materiais de construção que se encontram na tabela seguinte.

Material	MJ/ton
Tijolos e abobadilhas de barro	838
Telhas de barro	2514
Pavimentos de barro	2514
Pavimentos porcelânicos	7961
Chapa de vidro simples	8380

Tabela 8 – Energia necessária ao fabrico de alguns materiais de construção [42]

Já em relação aos custos energéticos de transporte, estes dependem do meio de transporte mas também do material em causa. As tabelas seguintes são exemplo disso.

Material	Energia Consumida
Areia	1,75 (MJ/m ³ .km)
Agregados	1,75 (MJ/m ³ .km)
Tijolos	2,0 (MJ/m ³ .km)
Cimento	1,0 (MJ/ton.km)
Aço	1,0 (MJ/ton.km)

Tabela 9 – Energia de transporte de materiais [43]

Transporte	MJ/ton.km
Avião	33-36
Rodovia (gasóleo)	0,8-2,2
Ferrovia (gasóleo)	0,6-0,9
Ferrovia (electricidade)	0,2-0,4
Barco	0,3-0,9

Tabela 10 – Energia gasta em transporte [44]

Através desta última tabela percebe-se a vantagem de utilizar materiais locais, que além de reduzir os custos da obra, também reduzem a energia incorporada em cada material, tirando-se daí grandes benefícios ambientais.

Além da preferência em produtos locais, devem-se utilizar materiais com elevado potencial de reutilização e/ou grande durabilidade e ainda materiais/sistemas de construção de baixa massa, para reduzir a energia incorporada numa obra.

O primeiro caso deve-se ao facto de que a ideia que os materiais de baixa energia incorporada são preferíveis aos materiais de alta energia nem sempre é correcta pois devem ser analisados segundo os seus ciclos de vida. Por exemplo, um material com maior quantidade de energia incorporada pode ser mais vantajoso, desde que tenha um ciclo de vida superior, pois o custo ambiental associado à energia incorporada será amortizado num maior número de anos. Para além disso, são obviamente preferíveis materiais que sejam directamente reutilizados que outros que tenham de passar por processos de transformação com custos energéticos envolvidos.

Em relação à preferência dada à utilização de materiais/sistemas de construção de baixa massa, esta deve-se ao facto da quantidade de energia incorporada estar directamente relacionada com a massa do material/sistema de construção. Assim, em geral, quanto menor for a massa do edifício, menor será a quantidade de energia incorporada. Por exemplo, a construção leve, como a madeira, possui menor energia incorporada do que a construção em betão armado.

Finalmente segundo outra fonte, a energia incorporada de alguns materiais de construção encontra-se na tabela seguinte.

Material	MJ/kg	MJ/m³
Betão pronto 17,5 MPa	1,0	2350
Betão pronto 30 MPa	1,3	3180
Betão pronto 40 MPa	1,6	3890
Bloco de betão	0,94	-
Tijolo cerâmico	2,5	5170
Telha cerâmica	0,81	-
Cimento	7,8	15210
Vidro	15,9	40060
Aço	32	251200
Aço reciclado	10,1	37210
Madeira polida seca ao ar	1,16	638
Madeira polida seca em estufa	2,5	1380
PVC	70	93620

Tabela 11 – Energia incorporada em materiais de construção [45]

9.1.2 Potencial de Reutilização e Reciclagem dos Materiais

A escolha de materiais para uma habitação deve-se basear no seu potencial de reutilização e reciclagem. Quando um material completa o seu ciclo de vida, este possui um determinado potencial de reutilização e reciclagem que é função da sua capacidade de voltar a vir a ser utilizado como recurso. O conhecimento desta potencialidade é essencial na gestão racional dos recursos e produtos de um edifício para que sejam atingidos objectivos como a redução do impacte das construções sobre o meio natural. Deve-se ainda preferir os materiais com maiores potencialidades de reutilização do que outros com potencial de reciclagem, pois a reutilização directa consome menor quantidade de energia, como aliás já foi explicado anteriormente.

Assim, é preferível dar maior importância, na selecção de materiais, à sua capacidade de reutilização e reciclagem em detrimento da energia incorporada. Neste caso de estudo, serão ambos tidos em conta.

Finalmente, serão referidos de seguida factos importantes sobre os materiais mais utilizados na construção de edifícios, como metais, plásticos, vidros, madeira, betão e materiais cerâmicos, para que a escolha dos materiais neste caso de estudo seja a mais correcta possível. Assim a lista de materiais de construção é a seguinte:

- Metais – São recicláveis se for possível separá-los por tipo. Por exemplo, o aço e alumínio possuem um elevado potencial de reciclagem e em geral, o aço estrutural pode ser reciclado e/ou reutilizado a 100%, podendo ser de novo utilizado como elemento estrutural.
- Plásticos – A maior parte dos plásticos podem ser granulados e reciclados na produção de novos produtos. Contudo, a elevada variedade de plásticos e a utilização de aditivos e corantes na sua produção complica bastante a reciclagem.
- Vidros – Podem ser reciclados se devidamente separados e não contaminados. A reciclagem do vidro permite reduzir a sua energia incorporada em 20% [41]
- Madeiras – Os produtos em madeira, como janelas ou portas, entre outros, podem ser facilmente reutilizados, quando em bom estado de conservação. Os elementos estruturais também podem ser reutilizados desde que estejam ligados mecanicamente permitindo uma fácil desmontagem.
- Betão e produtos cerâmicos – Estes são materiais cuja reutilização é extremamente complicada. Contudo, os elementos em betão e os produtos cerâmicos podem ser britados e posteriormente reciclados em agregados para o fabrico de betão, tema já abordado nesta dissertação.

9.1.3 Toxicidade dos Materiais

A toxicidade de um material representa os efeitos nocivos que este pode provocar no ser humano e no ecossistema que o rodeia. Cada material utilizado num edifício deve ser devidamente analisado, especialmente as suas especificações técnicas e o seu processo de fabrico com vista à identificação de compostos químicos que sejam tóxicos.

Assim, devem ser evitadas substâncias nos materiais de construção, como aliás já foi referido nesta dissertação no subcapítulo sobre materiais sustentáveis, como amianto (usado em argamassas, tintas e colas para isolamento térmico e acústico), solventes, COV's (compostos orgânicos voláteis), chumbo, clorofluorcarbonetos (CFC), hidroclorofluorcarbonetos (HCFC), formaldeído, radão, tolueno e xileno. [41]

9.2 Exemplo de Moradia

A moradia de tipologia "T2" considerada possui apenas um piso com a altura de 3 metros e é constituída por dois quartos, uma sala, uma casa de banho, uma cozinha e ainda um pequeno hall. A área bruta da construção é de 87,75 m².

A planta e alçados encontram-se em anexo. As áreas das divisórias encontram-se na tabela seguinte.

Divisórias	Área útil (m ²)
Hall e Sala	26,9
Cozinha	13,7
Arrumos	1,7
Instalações Sanitárias	7,7
Quarto 1	11,9
Quarto 2	14,8

Tabela 12 – Áreas das divisórias do exemplo de moradia

9.3 Elementos e Materiais de Construção Escolhidos

No projecto de uma moradia e considerando os gastos energéticos, devem-se ter em conta vários factores para os minimizar. Já foram aliás alguns mencionados anteriormente nesta dissertação. Deve-se, por exemplo, considerar o clima do local onde será construída a casa, a orientação desta, garantir ainda uma correcta ventilação da habitação, tal como uma boa iluminação natural, entre outros aspectos importantes.

Contudo, neste caso de estudo, esses aspectos não serão tidos em conta.

Assim, serão escolhidos para esta habitação fictícia materiais não tóxicos, de baixa energia incorporada e com potencial de reutilização, pois dessa forma será possível concluir-se a quantidade de energia incorporada poupada, se neste caso fosse executada correctamente uma demolição selectiva e posterior reutilização desses materiais.

Os materiais escolhidos apresentam-se de seguida.

9.3.1 Estrutura

Aproveita-se este subcapítulo para definir uma nova técnica construtiva que ainda não foi mencionada nesta dissertação mas que será utilizada nesta casa exemplificativa, pois é provavelmente a melhor opção para a estrutura da habitação garantindo potencial de reutilização e reciclagem, além de permitir uma desconstrução mais fácil.

Fala-se neste caso de uma construção em LSF (light steel frame). Através da tradução de LSF (estrutura em aço leve), percebe-se em que consiste este sistema construtivo, no fundo um esqueleto da casa em aço leve.



Figura 46 – Exemplo de construção em LSF [46]

A utilização de aço no sistema é então significativa, pois a estrutura (paredes e telhado) é composta por perfis leves de aço galvanizado. Os restantes componentes são os elementos de fixação (parafusos e conectores que unem todos os elementos), acabamento exterior (normalmente em OSB – oriented strand board), acabamento interior (normalmente em placas de gesso cartonado) e lâ de vidro (para isolamento térmico e acústico).

Deve-se destacar a escolha de OSB para acabamento exterior. Este produto “é constituído a 100% por madeiras resinosas provenientes de plantação propositada para o efeito e exploradas no âmbito de uma gestão florestal sustentada ou de clareiras abertas por exigências de bom desenvolvimento das florestas”. [47] Tal como outros derivados da madeira, as placas OSB respeitam o conceito de sustentabilidade: [47]

- São alternativas muito económicas e estáveis à utilização de madeira maciça;
- Exigem menos energia no fabrico do que qualquer outro material de construção;
- É um material completamente reciclável.

No LSF são ainda consideradas instalações hidráulicas e eléctricas e o revestimento pode ser através de chapas de metal ou apenas através de pintura, entre outras possibilidades. Finalmente, deve-se ainda referir que nesta solução a fundação será um ensoleiramento geral, que é um tipo de fundação rasa que funciona como uma laje contínua de betão armado em toda a área da construção e transmite as cargas da estrutura da casa (pilares ou paredes) para o terreno.

A figura seguinte pormenoriza tudo o que foi explicado anteriormente.

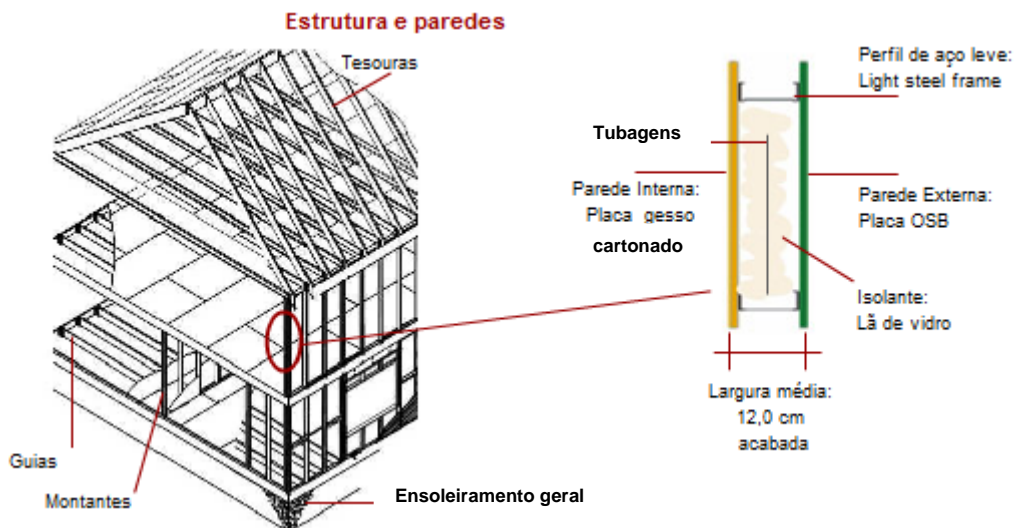


Figura 47 – Pormenorização de uma construção em LSF [48]

Comparando esta técnica com os sistemas construtivos convencionais é possível verificar inúmeras vantagens, tais como:

- A estrutura em LSF é muito mais leve comparativamente a uma construção convencional (em betão ou alvenaria, por exemplo) o que permite alívio nas fundações (e por conseguinte poupança financeira das mesmas) e ainda permite melhor distribuição dos esforços;
- Nesta solução construtiva, as instalações hidráulicas, eléctricas, ar condicionado, gás, entre outras, têm maiores facilidades de acesso, permitindo uma manutenção simples e económica;
- Importante para a sustentabilidade e ambiente, pois esta solução não tem desperdício de materiais, ficando o canteiro de obras limpo e livre de entulho;
- O resultado termo acústico é superior ao sistema convencional;
- Os prazos são mais reduzidos e a montagem é relativamente fácil, pois trata-se de uma operação simples que dispensa equipamentos e transportes pesados;
- Componentes industrializados, que seguem rigorosos padrões de qualidade, que permitem reproduzir com precisão o projecto construtivo;
- É possível programar, acompanhar e controlar todas as etapas com segurança;
- Controle de custos em todas as fases;
- Solução bastante versátil, pois é adaptável a diversos projectos arquitectónicos, permitindo qualquer revestimento e acabamento;
- Resistente à humidade, à corrosão e ao incêndio;

Tendo em conta todas estas vantagens, esta solução será a escolhida para este caso exemplificativo. Contudo, é impossível calcular com precisão, sem fazer um projecto pormenorizado, toda a quantidade de aço utilizada numa obra deste tipo. Tentar-se-á portanto fazer uma previsão dessas quantidades através da contabilização dos perfis e chapas de aço galvanizado, desprezando-se os parafusos e conectores que tendo em conta o aço utilizado são desprezáveis para o peso final da

construção. Assim, apresentar-se-á num subcapítulo seguinte todos esses valores de peso e energia incorporada considerada para o aço e em anexo o projecto desta moradia.

9.3.2 Portas e Janelas

Como já foi referido anteriormente, a madeira é um excelente material que permite reciclagem e até reutilização em muitos casos. Assim, nesta habitação as portas e janelas serão em madeira e as áreas e valores de energia incorporada estarão contabilizados na tabela de medições.

Para além disso, também será contabilizado o vidro existente nas portas e janelas na tabela 13, já que o vidro é um material que pode ser reciclado se devidamente separado e não contaminado.

9.4 Lista de Medições

Antes de se verificar as medições na tabela 13, devem-se mencionar certas considerações importantes para chegar a estes valores.

O LSF trata-se de um sistema construtivo composto por perfis leves de aço galvanizado com espessura de 0,95 a 1,25mm. São painéis formados por guias e montantes estruturais com largura variável entre 90, 140 e 200mm e espaçamentos dos montantes entre 40 a 60cm dependendo da espessura da chapa. [49]

Neste caso específico, serão considerados perfis C90 para montantes e perfis U93 para guias.

O perfil C90 trata-se de uma peça com secção em C, ou seja com abas compostas, de quatro arestas, com uma largura exterior de 90mm e as restantes medidas consideradas para as abas, contra-abas e espessura de 43mm, 15mm e 1,25mm, respectivamente. Este perfil encontra-se representado na figura seguinte.

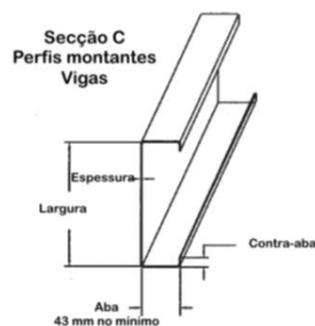


Figura 48 – Perfil C90 [47]

Já em relação ao perfil U93, trata-se de um perfil com secção em U, ou seja com abas simples, de duas arestas, com uma largura interior de 90mm e abas e espessura de 32mm e 1,25mm, respectivamente. Encontra-se representado na figura seguinte este mesmo perfil.

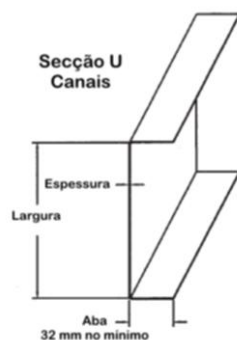


Figura 49 – Perfil U93 [47]

O peso destes perfis foi então calculado da seguinte forma:

- A densidade média do aço é de 7.860 kg/m^3 [47];
- Somam-se todos os lados da secção. Assim no caso do perfil C90, por exemplo, seria $15+43+90+15+43 = 206 \text{ mm}$;
- De seguida, multiplica-se o valor dado pela espessura da peça. Continuando o exemplo seria $206 \text{ mm} \times 1,25 \text{ mm} = 257,5 \text{ mm}^2$;
- Depois, multiplica-se o valor anterior pela densidade do aço, o que assim dará $257,5 \text{ mm}^2 \times 7,86 \text{ kg/mm}^3 = 2,024 \text{ kg/m}$;
- Finalmente, basta multiplicar este último valor pela quantidade desses perfis utilizada nesta habitação.

Ora neste caso específico, o espaçamento considerado foi de aproximadamente 0,5m e assim sendo, tem-se cerca de 566,08 m de perfil U93 e 315 m de perfil C90.

Assim, os resultados encontram-se na tabela seguinte.

Elemento	Materiais	Unidade	Quantidade	Energia Incorporada (MJ)
Estrutura	Perfis C90 (Montantes)	kg	637,6	6439,76
	Perfis U93 (Guias)	kg	856,5	8650,65
	OSB	m ²	118,5	-
	Gesso cartonado	m ²	272,8	-
Portas e janelas	Madeira	m ³	0,832	530,82
	Vidro	m ³	0,056	2243,36
			Total	17864,59

Tabela 13 – Lista de medições

De referir que para os resultados de energia incorporada na tabela 13, a madeira considerada para as portas e janelas foi a madeira polida seca ao ar que representa 638 MJ/m^3 e para o aço foi considerado o melhor dos casos possível, ou seja o aço reciclado que representa $10,1 \text{ MJ/kg}$, já que não há dados concretos para o aço leve.

Já em relação ao OSB e gesso cartonado, não existem dados acerca das suas energias incorporadas. Contudo, é expectável que estes não tenham valores elevados, pois são materiais sustentáveis, que para mais possibilitam reciclagem e nalguns casos até reutilização.

Assim, neste caso estamos a falar num mínimo de 17864,39 MJ de energia gasta nesta pequena habitação, valor este que pode ser recuperado na sua quase totalidade através da reutilização destes materiais.

Destaca-se o facto de 1 MJ ser aproximadamente igual à energia cinética de um veículo em movimento a 160 km/h. [50] Assim, se percebe a quantidade de energia desperdiçada numa pequena habitação e que, sendo tomadas as devidas providências, pode ser recuperada, tirando-se daí grandes benefícios ambientais, económicos e sociais.

10. Considerações Finais

O Mundo vive uma fase de constante mutação e desenvolvimento. A área da construção é também exemplo disso, havendo cada vez mais novos materiais e novas técnicas construtivas, que procuram assegurar conforto e segurança à população. Contudo, não se pode dissociar o desenvolvimento tecnológico da poluição que este provoca. A resposta a este facto tem que passar pela construção sustentável.

Como ficou mencionado nesta dissertação, este é um sector claramente insustentável neste momento. É assim necessário convencer responsáveis a investir em novas técnicas e materiais e também apelar à população em geral a ter uma maior participação cívica neste tipo de assuntos.

Deve-se então potenciar a utilização de materiais sustentáveis, apostar na reciclagem, reutilização e desconstrução, como formas de evitar um esgotamento de recursos naturais do planeta e ainda investigar novas formas de aproveitar material que já tenha sido utilizado. Como exemplo deste último facto, têm-se o TPR, ISOPET, tijolos ecológicos, ecotelhados, ecoplacas, LSF e o projecto Recyhouse, entre outros.

Contudo, para que a aposta nestas técnicas tenha sucesso, há certas medidas essenciais, já referidas nesta dissertação, que devem ser uma vez mais destacadas, pois serão utilizadas na construção civil, sendo importantes para os futuros responsáveis da área.

Assim, para que se tenha uma reciclagem eficiente, há certas estratégias que devem ser seguidas, como por exemplo, a minimização do número de diferentes tipos de materiais, evitando materiais tóxicos e nocivos e revestimentos sempre que possível e utilizando o máximo de ligações mecânicas em detrimento de químicas, facilitando a desmontagem do edifício. Contudo, quando há ligações químicas, estas devem ser mais fracas que os componentes que ligam para que quebrem mais facilmente, permitindo o reaproveitamento desses.

Em termos de reciclagem, o caso português é ainda mais grave que o do resto da Europa. A taxa de reaproveitamento de materiais é demasiado baixa e deviam ser tomadas mais medidas de forma a inverter esta tendência. Por exemplo, o caso da Dinamarca seria interessante de ser aproveitado, pois são cobradas taxas pelos resíduos entregues nas estações de tratamento, sendo que, quando os resíduos são separados ou tiverem como destino a reciclagem, esses impostos são reembolsados. Já em relação à reutilização, processo ambientalmente ainda melhor que a reciclagem pois não requer processos industriais, as estratégias a serem tomadas podem ser, por exemplo, separar a estrutura das paredes internas dos revestimentos, facilitar o acesso a todas as partes do edifício e a todos os componentes e ainda utilizar componentes que facilitem as operações de manuseamento. Há que destacar ainda uma medida fundamental que se trata de usar uma hierarquia de desmontagem relacionada com a esperança de vida dos componentes, maximizando assim o processo, pois os materiais com menor esperança de vida estarão assim colocados em zonas de maior facilidade de acesso.

Deve-se agora destacar o facto de a desconstrução, reciclagem e reutilização estarem interligadas. Tem que se garantir uma correcta e eficiente desconstrução para se maximizarem os processos de reciclagem e reutilização. Assim, a medida mais importante para se ter essa garantia, é projectar os

edifícios prevendo a sua futura desmontagem e não apenas a sua demolição. Há ainda outras estratégias importantes, como por exemplo, usar a construção modular, usar tecnologias de desconstrução compatíveis com as práticas construtivas, permitir a desconstrução paralela e ainda usar materiais leves, entre outras.

Como ficou perceptível no caso de estudo e tendo em conta apenas a escolha de materiais, há gastos energéticos enormes que podem ser minimizados e até totalmente recuperados através da desconstrução e posterior reciclagem e reutilização destes. Tendo em conta que uma pequena habitação e sendo considerados apenas alguns materiais, tem valores na ordem dos 18.000 MJ de gastos de energia incorporada, percebe-se a necessidade de uma escolha cuidada destes, permitindo futuras reutilizações e reciclagens dos materiais, sabendo-se contudo que esta energia pode variar entre 6 a 20% da quantidade total de energia consumida durante a vida útil de um edifício, dependendo então de vários factores.

Concluindo, a pergunta mais importante a necessitar de resposta é a seguinte: Será a sustentabilidade possível? A resposta é simples. Sim é possível, desde que sejam criadas condições para tal, apostando na educação e na formação, essencialmente de competências, não só de responsáveis da área, mas também do resto da população.

11. Referências Bibliográficas

- [1] WIKIPEDIA (2010) “*Desenvolvimento Sustentável*”
http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenvolvimento_sustent%C3%A1vel (Acedido em Outubro de 2010).
- [2] Defensoria Pública do Estado de São Paulo “*Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano (Declaração de Estocolmo)*”
<http://www.defensoria.sp.gov.br/dpesp/Repositorio/31/Documentos/Declara%C3%A7%C3%A3o%20de%20estocolmo%20sobre%20o%20meio%20ambiente%20humano%20-%20201972.pdf> (Acedido em Outubro de 2010).
- [3] Universidade Federal do Pará (2010) “*Conferência Intergovernamental sobre Educação Ambiental*”
<http://www.ufpa.br/npadc/gpeea/DocsEA/ConfTibilist.pdf> (Acedido em Outubro de 2010).
- [4] WIKIPEDIA (2010) “*Agenda 21*” http://pt.wikipedia.org/wiki/Agenda_21 (Acedido em Outubro de 2010).
- [5] WIKIPEDIA (2010) “*Sustentabilidade*” <http://pt.wikipedia.org/wiki/Sustentabilidade> (Acedido em Novembro de 2010).
- [6] PACHECO TORGAL, F. & JALALI S. (2010) “*A Sustentabilidade dos Materiais de Construção*” Universidade do Minho, Escola de Engenharia, 2010.
- [7] KIBERT, C. (2005) “*Sustainable Construction: Green building design and delivery*” ISBN-10: 0471661139 Wiley.
- [8] ALMEIDA, M. & BRAGANÇA, L. & MATEUS, R. (2008) “*Tecnologias para a Sustentabilidade da Construção*” Universidade do Minho, Escola de Engenharia 19 de Junho de 2008.
- [9] BRITO, J. (2006) “*A Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição*”
<http://www.aveirodomus.pt/workshop/6%20Reciclagem/4%20Jorge%20Brito.pdf> (Acedido em Fevereiro de 2006).
- [10] SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry, Guidelines for Life-Cycle Assessment: A 'Code of Practice', SETAC, Brussels, 1993.
- [11] DECRETO-LEI n.º 46/2008. D.R. n.º 51, Série I. (2008-03-12).
- [12] PORTARIA n.º 209/2004. D.R. n.º 53, Série I-B (2004-03-03).
- [13] Construlink (2010) “*Construção Sustentável*”
http://www.construlink.com/Homepage/2010_construirportugal.com/?acao=submenu&id=26 (Acedido em Novembro de 2010).
- [14] CEMFOR (2007) “*Gestão de Resíduos de Construção e Demolição*” (RC&D).
- [15] RUIVO, J. & VEIGA, J. “*Resíduos de Construção e Demolição: Estratégia para um Modelo de Gestão*” Trabalho final de curso – Engenharia do Ambiente, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004.
- [16] PEREIRA, L. H. & JALALI S. & AGUIAR J. B. “*Viabilidade Económica de uma Central de Tratamento de Resíduos de Construção e Demolição*” Departamento de Engenharia Civil da Universidade do Minho, Guimarães, Dezembro de 2004.
- [17] MALHEIRO, P. “*70 por Cento dos Resíduos de Construção e Demolição sem Paradeiro*”
Água & Ambiente – O jornal de negócios do ambiente, 113 (2008).

- [18] C&D Wastes, WARMER BULLETIN – Journal for Sustainable Waste Management, 100 (2005).
- [19] LIMA, C. (2002) “*Caracterização dos Resíduos de Construção e Demolição – Triagem e Tratamento*” Lobbe Translicon, Lda.
- [20] FERREIRA, A. C., “*Novo Decreto-Lei Valoriza Resíduos de Construção e Demolição*” Água & Ambiente – O jornal de negócios do ambiente, 110 (2008).
- [21] FONSECA, M. “*Novos Pavimentos Nascem das Ruínas do Antigo Hotel Estoril-Sol*” Água & Ambiente - O jornal de negócios do ambiente, 102 (2007).
- [22] Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional – Inspecção Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território (2004) “*Resíduos de Construção e Demolição*”
- [23] GONÇALVES, P., “*Betão com agregados reciclados – Análise comentada da legislação existente*” Dissertação apresentada para a obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior Técnico, Novembro de 2007.
- [24] JOHN, V. (2000) “*Reciclagem de resíduos na Construção Civil: Contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento*” Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Tese para obtenção do Título de Livre Docente, 2000.
- [25] E 471 – “*Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos*” LNEC, Setembro de 2006.
- [26] COUTO, A. B. & COUTO, J. P. & TEIXEIRA, J. C. “*Desconstrução – Uma ferramenta para Sustentabilidade da Construção*” NUTAU, 2006.
- [27] WIKIPEDIA (2011) *Reutilização* <http://pt.wikipedia.org/wiki/Reutiliza%C3%A7%C3%A3o> (Acedido em Fevereiro de 2011).
- [28] CHARLES J. KIBERT & ABDOL R. CHINI, *CIB Publication 266*, 2001.
- [29] RECYHOUSE (2011) <http://www.recyhouse.be/> (Acedido em Março de 2011).
- [30] AMBIÊNCIA (2011) <http://www.ambiencia.org/site/tag/thermo-poly-rock/> (Acedido em Março de 2011).
- [31] GLOBO.COM (2011) <http://g1.globo.com/Noticias/Ciencia/0,,MUL1503985-5603,00-EMPRESA+GALESA+FAZ+CASA+COM+T+DE+PLASTICO+RECICLADO.html> (Acedido em Março de 2011).
- [32] TRENDHUNTER (2011) <http://www.trendhunter.com/trends/affresol-thermo-poly-rock> (Acedido em Março de 2011).
- [33] ARTIGOS.COM (2011) <http://www.artigos.com/artigos/engenharia/producao/isopet-%96-a-tecnologia-do-concreto-aliada-ao-meio-ambiente-3540/artigo/> (Acedido em Março de 2011).
- [34] PLANETA CASA (2011) <http://casa.abril.com.br/planeta-casa/premio-2006.shtml> (Acedido em Março de 2011).
- [35] RECICLA (2011) <http://recicla.wordpress.com/2007/11/29/o-uso-da-reciclagem-na-construcao-civil/> (Acedido em Março de 2011).
- [36] RECICLAGEM DE GARRAFAS PET (2011) <http://reciclagemgarrafaspet.blogspot.com/> (Acedido em Março de 2011).

- [37] ORGANUM (2011) <http://www.organum.com.br/> (Acedido em Março de 2011).
- [38] AMBIÊNCIA (2011) <http://www.ambiencia.org/site/construcoes-sustentaveis/ecoprodutos/> (Acedido em Março de 2011).
- [39] ECOTELHADO (2011) <http://www.ecotelhado.com.br/default.aspx> (Acedido em Março de 2011).
- [40] DIETZ, M.E. & CLAUSEN, J.C. (2006). "*Saturação para melhorar a retenção de contaminantes em um jardim de água da chuva*" *Ciência ambiental e tecnologia*, 2006.
- [41] MATEUS R. "*Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção*" Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia Civil.
- [42] DGE (1997) "*A gestão de energia e o regulamento de gestão do consumo de energia*" RGCE.
- [43] REDDY B.; JAGADISH, K. (2003) "*Embodied energy of common and alternative building materials and technologies*" *Energy and Building*, Vol.35, pp.129-137.
- [44] BERGE, B. (2009) "*The ecology of building materials*" 2^o Edition, Architectural Press, ISBN 978-1-85617-537-1, Elsevier Science.
- [45] WELLINGTON, U. of (2005) *Table of embodied energy coefficients*. Centre for Building Performance.
- [46] ENGENHARIA CIVIL WORDPRESS (2011) <http://engenhariacivil.wordpress.com/2008/05/04/o-que-e-o-light-steel-framing/> (Acedido em Junho de 2011).
- [47] FUTURENG (2011) http://www.futureng.pt/_start (Acedido em Junho de 2011).
- [48] STEELFRAME (2011) <http://www.steelframe.eng.br/> (Acedido em Junho de 2011).
- [49] MET@LICA (2011) <http://www.metlica.com.br/casas-industrializadas-light-steel-framing/> (Acedido em Junho de 2011)
- [50] WIKIPEDIA (2011) <http://en.wikipedia.org/wiki/Joule> (Acedido em Julho de 2011).

12. Bibliografia

Economia de Energia na Arquitectura (2010) “*História da Sustentabilidade*”
<http://arqbio.awardspace.com/historia.html> (Acedido em Outubro de 2010)

Portal de Fernando Santiago dos Santos, “*Noções gerais de educação ambiental*”
<http://www.fernandosantiago.com.br/educam3.htm> (Acedido em Outubro de 2010)

CUNHA, N. (2007) “*Resíduos da Construção Civil: Análise de Usinas de Reciclagem*” Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitectura e Urbanismo, Pós-Graduação em Edificações, Campinas, 2007

BRITO, J (2006). “*Qualidade dos Agregados Reciclados em Betão e Argamassas*”
Apresentação no Seminário “Gestão Sustentável de RCD”, 10 de Julho de 2006.

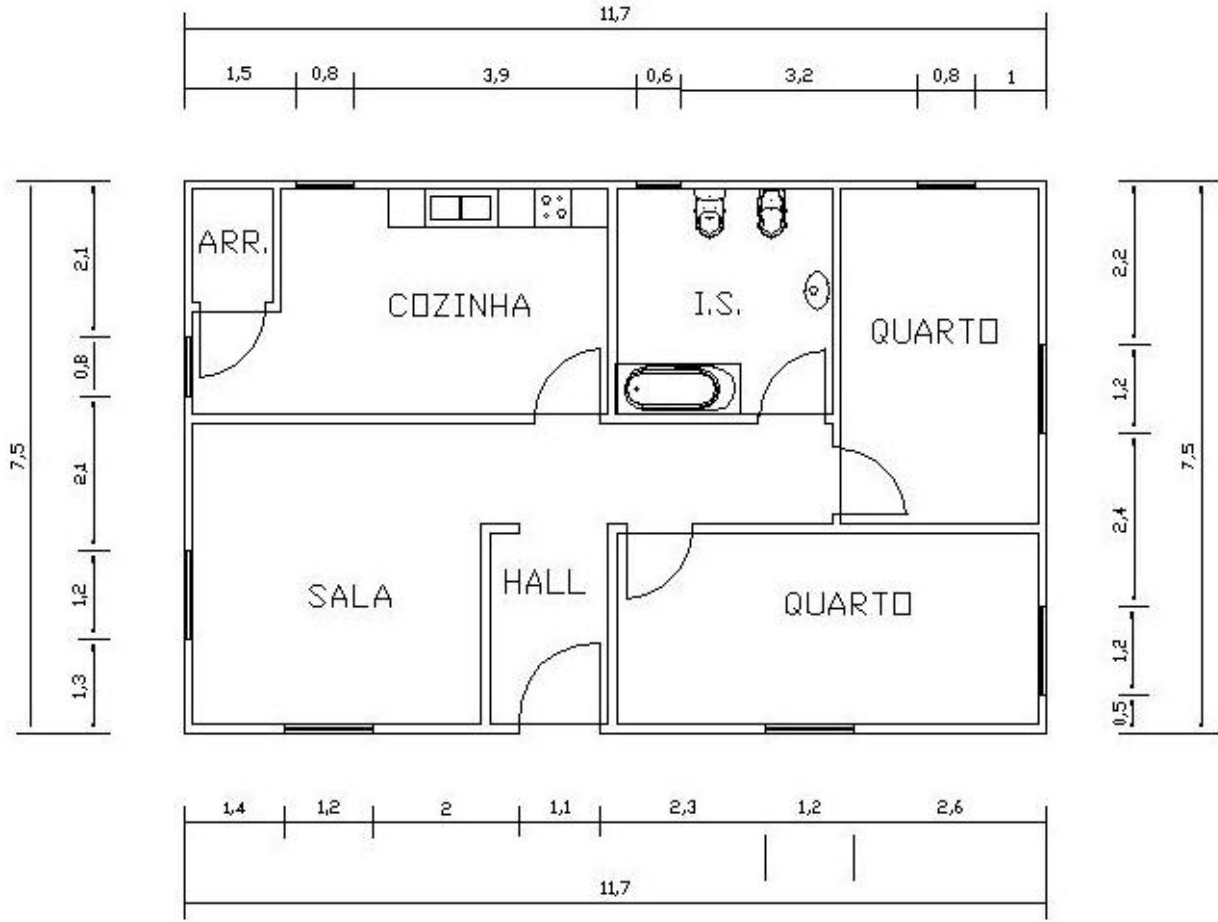
ALGARVIO, D. (2009) “*Reciclagem de resíduos de construção e demolição: Contribuição para controlo do processo*” Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Gestão Integrada e Valorização de Resíduos, Ramo Ecomateriais e Valorização de Resíduos. Universidade Nova de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Lisboa, 2009

LEVY, S. M. “*Reciclagem do Entulho de Construção Civil de construção*” São Paulo, 1997.
Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica de São Paulo, Universidade de São Paulo – USP

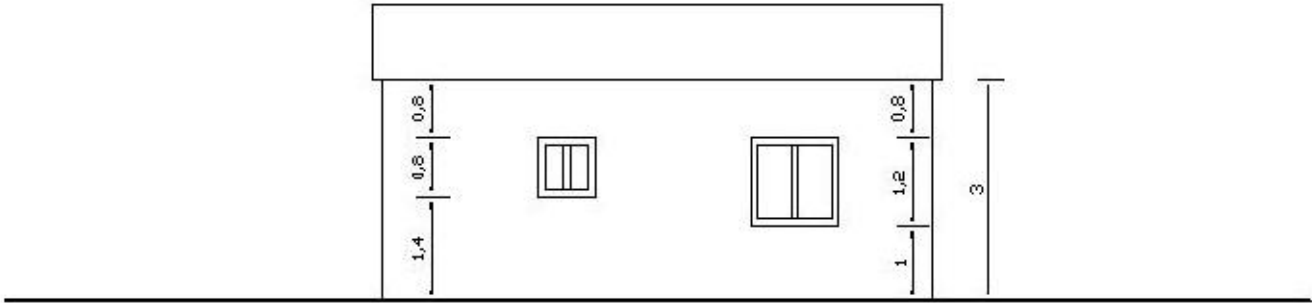
SANTOS, A. (2009) “*Desconstrução de Edifícios – Uma Perspectiva Arquitectónica*” Tese de Doutoramento em Ciências de Engenharia, IST, Universidade Técnica de Lisboa, 2009, Portugal

13. Anexos

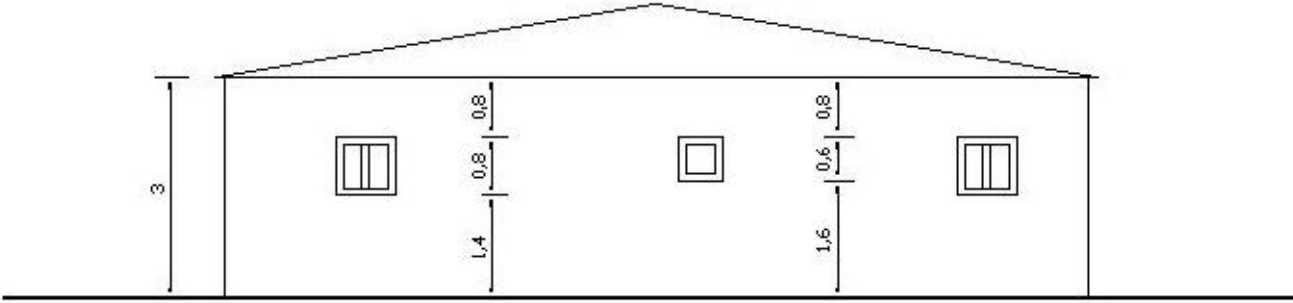
Exemplo de moradia:



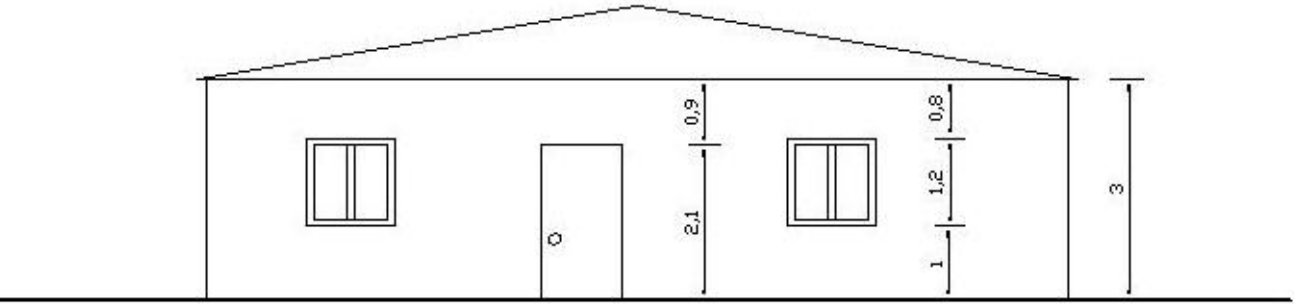
Planta



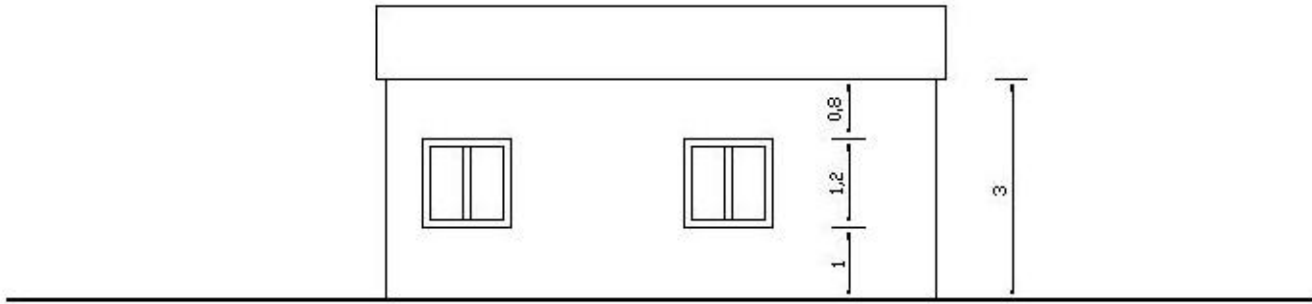
Alçado Lat. Esquerdo



Alçado Posterior



Alçado Principal



Alçado Lat. Direito