

1.2.1. ESTUDO DOS MATERIAIS UTILIZADOS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO EM PORTUGAL

OERCO2
ONLINE EDUCATIONAL RESOURCE FOR INNOVATIVE STUDY OF CONSTRUCTION
MATERIALS LIFE CYCLE

This project has been funded with support from the European Commission.

This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein

1



ROMANIA
GREEN
BUILDING
COUNCIL



CTM
Centro Tecnológico
del mármol, piedra y materiales



Consortium members: Universidad de Sevilla (US), Asociación Empresarial de Investigación Centro Tecnológico del Mármol, Piedra y Materiales (CTM), CertiMaC Soc. Cons. a r. L. (CertiMaC), Centro Tecnológico da Cerâmica e do Vidro (CTCV), Universitatea Transilvania din Braşov (UTBV), Asociația România Green Building Council (RoGBC).

1. Introdução

O setor de construção é considerado um dos setores que mais consome energia na UE, representando quase 40% do consumo total de energia e contribuindo com quase 36% para as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) da UE. Além das emissões, consome também uma quantidade muito significativa de materiais e recursos naturais (energia, água, matérias-primas), gerando emissões para o ar, água e solo, a deposição e a eliminação de resíduos.

Devido aos impactes relevantes do setor de construção no meio ambiente, há maiores preocupações e orientações para processos de construção mais sustentáveis, com foco especial na eficiência do uso de recursos. Assim, a utilização adequada de materiais, produtos e tecnologias de construção promove um desempenho mais sustentável do edifício e obras de construção.

Neste contexto, a sustentabilidade dos materiais é considerada como uma das bases estratégicas para uma construção sustentável, devendo ser perspectivada ao longo do seu ciclo de vida. A sustentabilidade na construção é um conceito que procura aumentar a responsabilidade ambiental, social e económica no setor.

A grande dimensão do setor de construção e os impactes ambientais ligados à sua atividade são motivo de grande preocupação, uma vez que o consumo excessivo de energia e matérias-primas para a construção de materiais e edifícios gera muitos impactes ambientais. Estes excessos, aliados à má gestão dos resíduos de construção e demolição (RCD), por vezes depositados em locais ilegais sem controlo ou tratamento prévio, criam uma situação ambiental muito preocupante.

De modo a controlar esse conjunto de situações, foi criada legislação e planos para mitigar os impactes ambientais relacionados com os materiais de construção. Em Portugal, a legislação relativa à normalização das regras de comercialização, produção e eliminação de materiais de construção é adaptada e/ou utilizada diretamente da legislação europeia.

Com o objetivo de colmatar as falhas existentes no tratamento dos RCD e promover a aplicação da hierarquia de gestão de resíduos, foi publicado o Decreto-Lei n.º. 46/2008, de 12 de março, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º. 73/2011, de 17 de junho, que estabelece o sistema de operações de gestão dos RCD, incluindo a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação. Este decreto baseia-se numa iniciativa nacional, apesar de alinhar com alguns dos requisitos previstos na Diretiva-Quadro 2008/98/CE, de 19 de novembro, que estabelece um objetivo de 70% para a reutilização, reciclagem e valorização dos RCD gerados na Europa até 2020.



No que diz respeito à comercialização dos produtos, o Decreto-Lei n.º 130/2013 garante o cumprimento das obrigações decorrentes do Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização de produtos de construção. O regulamento define igualmente as condições necessárias para a aposição da marcação CE nos produtos de construção, em conformidade com os princípios gerais descritos na legislação da União Europeia. A marcação CE significa a conformidade do produto de construção com o desempenho declarado pelo fabricante, correspondente às suas características essenciais.

Existe também normalização e legislação não obrigatória, relativa a Declarações Ambientais de Produto (DAPs). O objetivo geral destas declarações é incentivar a procura e a oferta de produtos de construção ambientalmente sustentáveis, comunicando informações verificáveis e precisas sobre os aspetos ambientais destes produtos, estimulando o mercado para a aquisição de produtos e serviços com melhoria contínua do desempenho ambiental. Assim, a norma ISO 21930 fornece os princípios e requisitos para declarações ambientais tipo III (DAP) de produtos de construção, complementando a ISO 14025 que se refere a rótulos e declarações ambientais tipo III aplicáveis a todo o tipo de produtos em geral. Ainda, a NP EN 15084:2012+A1:2013 fornece as regras básicas para as categorias de produtos (RCPs) aplicáveis a todos os produtos e serviços de construção. Fornece uma estrutura para assegurar que todas as DAP relativas a produtos, serviços e processos de construção sejam preparadas, verificadas e apresentadas de forma harmonizada.

Neste contexto, o requisito básico 7 do Regulamento n.º 305/2011 refere que “para a avaliação da utilização sustentável dos recursos e do impacto das obras de construção no ambiente, deverão ser utilizadas declarações ambientais de produtos, quando disponíveis”, ou seja, apesar de ser recomendável, este regulamento não obriga ao uso de DAPs.

A Estratégia Nacional para as Compras Públicas Ecológicas (ENCPE 2020), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 38/2016, tem como objetivo atuar como um instrumento complementar das políticas de ambiente, concorrendo para a promoção da redução da poluição, a redução do consumo de recursos naturais e, por inerência, o aumento da eficiência dos sistemas. Esta estratégia pretende também que as entidades sujeitas ao regime da contratação pública estimulem a alteração de comportamentos na sociedade, promovendo um novo conceito de desenvolvimento.

Assim, à ENCPE 2020 aplicam-se os procedimentos pré-contratuais definidos no Código dos Contratos Públicos, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de janeiro. Desta forma, a ENCPE 2020 encontra-se também abrangida pelo ponto 7 do artigo 8.º do Decreto-Lei n.º 73/2011, que obriga a que “sempre que tecnicamente exequível, haja a utilização de pelo menos 5% de materiais reciclados, ou que incorporem materiais reciclados, relativamente à quantidade

total de matéria primas usadas em obra, no âmbito da contratação de empreitadas de construção e de manutenção de infraestruturas, ao abrigo do Código dos Contratos Públicos”.

A promoção da eficiência na utilização dos recursos faz parte integrante de uma estratégia para melhorar a competitividade e a rentabilidade, a nível europeu (COM 571/2011) e a nível da própria empresa, com uma perspetiva de “criar mais com menos”, obtendo maior valor com menos recursos, utilizando os recursos de uma forma sustentável e reduzindo ao mínimo os seus impactes no ambiente.

Esta política exigirá também que os materiais e produtos transportem ou acarretem um impacto o mais baixo possível, ao longo de todas as etapas do seu ciclo de vida, desde a conceção, produção, transporte, utilização e fim de vida. Assim, a inovação no seio das empresas é fulcral para a adoção de medidas e políticas que promovam práticas sustentáveis em todas as vertentes e com adequado custo benefício. Na fase de conceção de produto é fundamental, sempre que possível, evitar a introdução de substâncias e preparações perigosas e o desenvolvimento de forma a prever a reciclagem e a reutilização mais fácil, segura e menos dispendiosa.

Apesar de ser uma temática muito recente e abrangente, e pelo facto de existirem poucos estudos sobre a matéria, a nível nacional destaca-se que se deve privilegiar os materiais (Torgal & Jalali, 2010):

- Não tóxicos;
- Com baixa energia incorporada;
- Recicláveis;
- Que possam permitir o reaproveitamento de resíduos de outras indústrias;
- Que provenham de fontes renováveis;
- Que estejam associadas a baixas emissões de GEE;
- Duráveis;
- Cujas escolhas sejam levadas a cabo mediante uma avaliação do seu ciclo de vida.

A abordagem do “life cycle thinking” (pensamento de ciclo de vida) no desenvolvimento de um produto considerando os aspetos e impactes ambientais ao longo do ciclo de vida é fundamental para identificar áreas de melhoria e minimizar impactes ambientais ao longo do ciclo de vida dos produtos, evitando a transferência de impactes duma fase para a outra.

Por outro lado, a adequabilidade de cada material à sua função é crucial na escolha e seleção de produtos de construção. O desenvolvimento de critérios de sustentabilidade de produtos de construção deverá garantir que estes são duráveis, seguros, saudáveis, ambientalmente e economicamente concebidos, em todas as fases do seu ciclo de vida. Assim, a sustentabilidade pondera sempre critérios ambientais, sociais e económicos (CTCV, 2012).

A Tabela 1 apresenta uma proposta de critérios a considerar nas diferentes etapas do ciclo de vida de materiais.

Etapa do Ciclo de Vida	Proposta de Critérios
Extração de matérias-primas e processamento	Uso de recursos nacionais – PARP (locais)
	Controlo de emissões (ar, solo, água)
	Resíduos gerados
	Teor em reciclados
Produção	Utilização de combustíveis limpos (energias renováveis)
	Ecodesign
	Controlo de emissões
	Resíduos gerados
	Política de redução de consumos
Transporte	Sistemas de Gestão Ambiental
	Embalagem (reutilizável, % de material reciclado; reciclável)
	Tipo de transporte
	Utilização de embalagens produzidas localmente
Utilização e manutenção	Distâncias percorridas
	Durabilidade (anos)
	Toxicidade humana
	Toxicidade água
	Libertação de COV's
	Baixo consumo de energia
Desmantelamento e fim de vida	Baixo consumo de agentes de limpeza
	Reciclabilidade (%)
	Número de anos de decomposição em aterro

Tabela 1 – Propostas de critérios para as diferentes etapas do ciclo de vida.

No âmbito da estratégia europeia para a melhoria do desempenho de edifícios, a Diretiva 2010/31/EU traça os requisitos mínimos para a melhoria do desempenho energético dos edifícios. É transposta pelo Decreto-Lei n.º. 118/2013, de 20 de agosto, que visa assegurar e promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), que integra o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços (RECS).

Dentro desta estratégia, a Diretiva 2009/28/CE, relativa à utilização de energia proveniente de fontes renováveis, traça o enquadramento para a melhoria do desempenho ambiental do mix energético. É transposta parcialmente para a realidade portuguesa pelo Decreto-Lei n.º. 141/2010, de 31 de dezembro, que estabelece as metas nacionais de utilização de energia renovável no consumo final bruto de energia, entretanto alterado pelo Decreto-Lei n.º. 39/2013, de 18 de março.

Estas Diretivas permitem indiretamente reduzir os impactes ambientais gerados no ciclo de vida dos materiais e tecnologias de construção, contribuindo para a sustentabilidade dos mesmos.

2. Avaliação dos materiais e soluções mais utilizadas na construção

Em Portugal, as soluções construtivas mais correntemente utilizadas, sobretudo em edifícios residenciais, mantêm-se praticamente inalteradas desde há vários anos. O sistema construtivo encontra-se bastante enraizado e é utilizado em todo o país, sendo normalmente constituído por uma estrutura porticada com pilares e vigas em betão armado e lajes aligeiradas. Para a execução das paredes exteriores é, correntemente, usada uma solução de parede simples, também em tijolo cerâmico.

Em 2011, o parque edificado habitacional português era constituído mais de 85% por edifícios com apenas um alojamento e 84,9% dos edifícios do parque habitacional português tinham entre um ou dois pisos. A proporção de edifícios com um ou dois pisos diminuiu progressivamente nos edifícios com época de construção mais recente, mas manteve-se acima dos 75%. Apesar da proporção dos edifícios isolados e em banda variar substancialmente nas diferentes regiões do País, 60,5% tinham implantação isolada e possuíam apenas 1 ou 2 alojamentos. Relativamente aos métodos de construção, os edifícios construídos após a década de 70 constituíam 63,1% dos edifícios clássicos do parque habitacional português existente em 2011 (Mendes, 2013).

A Tabela 2 mostra a tipologia de casas em Portugal, relativa ao número de quartos, de acordo com o Decreto-Lei n.º. 650/15, de 18 de novembro. Este decreto estabelece que as habitações são distinguidas pelo número de quartos que têm, partindo do T0. O “T” significa “Tipologia” e o número seguinte é relativo ao número de quartos da habitação.

	Número de quartos	%
T0	61 720	1,0
T1	363 591	6,1
T2	1 219 572	20,6
T3	1333438	22,5
T4	551 355	9,3
T5+	528 182	8,9
n.e.	1 868 428	31,5
Total	5 926 286	100,0

Tabela 2 – Tipologia das casas em Portugal, pelo número de quartos. (fonte: INE, 2015)

Em 2011, praticamente metade dos edifícios tinham estrutura de betão armado (48,6%) e sensivelmente um terço dos edifícios tinha estrutura constituída por paredes de alvenaria com laje em betão armado (31,7%). Os edifícios remanescentes possuíam tipos de estrutura menos representativos como paredes de alvenaria sem laje em betão armado, paredes de alvenaria de pedra solta ou de adobe e outros tipos de estrutura, respetivamente 13,6%, 5,3%, 0,8%. (Mendes, 2013).

A Tabela 3 mostra os principais tipos de construção presentes na estrutura, paredes exteriores e telhados dos edifícios habitacionais em Portugal.

Estrutura	
Material	%
Betão armado	48,6
Paredes de alvenaria com laje em betão armado	31,7
Paredes de alvenaria sem laje em betão armado	13,6
Paredes de alvenaria de pedra solta	5,3
Adobe	0,8
Revestimento exterior de paredes	
Material	%
Rebocos tradicionais e marmorites	84,0
Pedra	11,6
Ladrilho cerâmico ou mosaico	3,8
Outros revestimentos	0,6
Cobertura	
Tipo	%
Cobertura inclinada revestida a telhas cerâmicas ou de betão	93,1
Cobertura inclinada revestida a outros materiais	1,8

Cobertura mista (inclinada e terraço)	2,1
Cobertura em terraço	3,0

Tabela 3 – Principais tipos de construção dos edifícios de habitação em Portugal (fonte: Mendes, 2013)

Relativamente à estrutura dos edifícios, é evidente a existência de um padrão no tipo de materiais utilizados nas construções, como mostrado anteriormente. Pelo outro lado, existe um maior número de materiais utilizados para o isolamento dos edifícios. Os materiais isolantes mais utilizados são o poliestireno expandido (EPS), o poliestireno extrudido (XPS), a espuma de poliuretano (PUR), a espuma de poliisocianurato (PIR), lã mineral (MW) e aglomerados de cortiça expandida (ICB), tal como é apresentado na Tabela 4, que mostra os principais materiais utilizados para a construção de edifícios habitacionais em Portugal.

Materiais	Parede			Cobertura			Pavimento	Vão envidraçado
	Isolamento no interior da caixa de ar	Isolamento térmico pelo exterior	Isolamento térmico pelo interior	Horizontal	Inclinada com desvão	Inclinada sem desvão		
Tijolo furado	X							
Tijolo maciço	X	X						
Betão leve	X			X				
Betão armado		X	X					
Betão normal	X	X	X		X			
Laje maciça de betão armado				X	X	X	X	
Laje aligeirada				X	X	X	X	
Agregados de argila expandida				X				
EPS	X	X	X	X	X	X	X	
XPS	X	X	X	X	X	X	X	
PUR	X	X	X	X	X	X	X	
PIR	X	X	X	X	X	X	X	
MW	X	X	X	X	X	X	X	
ICB	X	X	X	X	X	X	X	
Metal		X						
Madeira					X			X
PVC								X
ETICS		X					X	
Teto falso							X	
Alumínio								X

Legend: PVC - Polyvinyl chloride; ETICS - External Thermal Insulation Composite Systems.

Tabela 4 - Materiais mais utilizados para a construção de edifícios habitacionais em Portugal (adaptado: ITeCons, 2012)

A constante utilização deste sistema construtivo deve-se a vários fatores, entre eles:

- Fatores económicos: os materiais usados têm origem em matérias-primas abundantes no país, conduzindo a um custo mais reduzido da construção, quando comparado com a utilização de materiais não locais. Para além disso existe um grande número de fabricantes de materiais para a construção corrente e construtores/empreiteiros que dominam a técnica deste tipo de construção, que propiciam uma elevada concorrência, tornando estas soluções mais competitivas e atrativas;
 - Baixa qualificação dos operários da construção: a opção por soluções construtivas mais avançadas tecnologicamente implica o recurso a mão-de-obra especializada, o que nem sempre é fácil encontrar, visto o mercado da construção ser pouco atrativo para os jovens;
 - Falta de formação dos técnicos da construção: existe ainda uma lacuna na formação de arquitetos e engenheiros, no que respeita às novas tecnologias construtivas, sendo a sua formação sobretudo dirigida às soluções construtivas correntes;

No entanto, devido à entrada em vigor de alguns regulamentos, tais como o RCCTE, Regulamento das Características do Comportamento Térmico dos Edifícios (Decreto-Lei n.º. 80/2006, de 4 de abril), ou o RRAE, Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (Decreto-Lei n.º. 96/2008, de 9 de junho), tem havido uma maior necessidade de implementar soluções construtivas que cumpram os requisitos impostos pela legislação. No que respeita ao RCCTE, este veio dar uma maior importância não só às características das soluções construtivas que compõem a envolvente do edifício, como também ao recurso a fontes de energia renováveis, assim como ao nível dos sistemas de climatização e de preparação de águas quentes sanitárias (AQS).

3. Avaliação dos materiais e soluções de construção sustentáveis

Neste capítulo são apresentadas algumas das principais soluções sustentáveis para os materiais de construção. Algumas são soluções não convencionais que contribuem para a sustentabilidade da indústria da construção e que dão resposta às novas exigências que têm vindo a surgir no mercado da construção. Outras são soluções mais tradicionais, que foram caindo em desuso com o passar dos tempos, mas que por utilizarem, sobretudo materiais naturais, contribuem largamente para o aumento da sustentabilidade da construção.

Esta secção encontra-se subdividida em dois grupos que distinguem a diferenciação das novas soluções construtivas pela via dos materiais e pela inovação do método construtivo.

3.1. Materiais de construção

A otimização das propriedades dos materiais refere-se, sobretudo à alteração da sua composição, seja com materiais sintéticos ou naturais, que conduza à melhoria do seu desempenho.

A Tabela 5 mostra algumas das bases de dados existentes relativamente a materiais para a construção sustentável.

Bases de dados de materiais para a Construção Sustentável	
4Rs	Facultado pelo LiderA (sistema voluntário de avaliação da sustentabilidade para certificar ambientes construídos) em parceria com várias instituições. Destina-se a disponibilizar informação sobre a procura de sustentabilidade dos produtos e serviços.
MetaBase IteC (BETEC)	Pertence ao conjunto da metaBase do Instituto de Tecnologia de Construção da Catalunha (ITeC), em Espanha (www.itec.es), com informação sobre produtos de construção, nomeadamente, preços, especificações técnicas, comerciais, certificações, imagem do produto e dados ambientais.
ECOproduct	É uma ferramenta de apoio à seleção de materiais de construção, construída no âmbito de uma tese de doutoramento realizada no SINTEF Byggforsk, na Noruega. Tem por base a informação contida em Declarações Ambientais de Produto.
Colégio de Arquitetos de Valência	Diretório de materiais de construção desenvolvido no Colégio de Arquitetos de Valência (www.ctav.es), em Espanha. Estes materiais são classificados de 1 a 10 num conjunto alargado de critérios ecológicos e económicos com ponderações atribuídas por aquela entidade.
Productosostenible.net	Portal elaborado pela Universidade do País Basco (centro de documentação das aulas de Ecodesign) e pela Universidade de Mondragón, em parceria com diversas empresas, associações e centros tecnológicos de Espanha. Neste portal encontra-se uma base de dados de materiais industriais que contém informação sobre as melhorias ambientais que esses produtos apresentam, com base na Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e no Ecodesign (productosostenible.net , 2011).

<p>Green Guide</p>	<p>Guia do Bre Environmental Profiles (www.bre.co.uk), desenvolvido no Reino Unido. É específico para o setor da construção sendo baseado na metodologia de Avaliação de ciclo de vida (ACV). Neste Guia a informação sobre os impactes ambientais dos materiais de construção, medidos durante todo o seu ciclo de vida, é apresentada em Environmental Profiles.</p>
<p>Cd2e - Le centre expert pour l'émergence des éco-technologies, ou service du développement des éco-entreprises</p>	<p>Associação em Nord-Pas-de-Calais, em França, que fornece orientação para eco-estruturas existentes ou para o seu desenvolvimento apoiando o seu crescimento e sustentabilidade. Esta associação criou um banco de dados de eco-materiais, permitindo encontrar os produtos que são mais adequados e que estão em conformidade com os requisitos da norma HQE.</p>
<p>CODEM – Construction Durable & Eco Matériaux</p>	<p>Associação Francesa que pretende o desenvolvimento, aquisição e validação de tecnologias para uma construção sustentável e a utilização de materiais verdes, na tentativa de melhorar o desempenho energético, reduzir a emissão de gases com efeito de estufa e utilizar materiais amigos do ambiente (incorporar resíduos, etc.). No website encontra-se uma base de dados com alguns eco-materiais de construção.</p>
<p>COM.PRO: ecoCOMpatibility of PROducts</p>	<p>Base de dados desenvolvida pelo DINSE (Department of Human Settlements Science and Technology) do Instituto Politécnico em Turim, Itália, uma base de dados de materiais de construção sustentáveis denominada “COM.PRO: ecoCOMpatibility of PROducts”. Esta é feita com base em indicadores ambientais e informação técnica.</p>
<p>EcoSpecifier</p>	<p>Nesta base de dados australiana (www.ecospecifier.org) encontra-se um conjunto de materiais e sistemas construtivos com um melhor desempenho ambiental. Nela estão disponíveis mais de 6000 produtos ecológicos, eco-materiais, tecnologias e recursos que podem ser visualizados através de cinco modalidades em que o que varia é a qualidade e quantidade de informação do desempenho ambiental (existência de Avaliação de ciclo de vida, declaração ambiental de produto ou outra certificação), bem como o custo.</p>
<p>Outras bases de dados de materiais (possuem alguma informação sobre a sustentabilidade desses materiais, embora nem</p>	<p>Material ConneXion: oferece informações completas sobre cada um dos materiais, incluindo imagens, descrições detalhadas de materiais, características de uso e informações sobre fabricante e distribuidor. Desenvolvida por uma equipa internacional de especialistas multidisciplinares, pretendendo contribuir para colmatar o fosso entre conhecimento e design de forma a desenvolver soluções práticas. (http://www.materialconnexion.com)</p>

sempre sistemática nem quantificada)	Materia: Centro de conhecimento para desenvolvimentos e inovações em materiais e suas aplicações para a arquitetura e design. Disponibiliza um conjunto avançado de informação sobre materiais inovadores, acessível de forma livre e amigável. (http://www.materia.nl)
--------------------------------------	--

Tabela 5 – Bases de dados de materiais para a construção sustentável existentes. (Fonte: CTCV, 2012)

A Tabela 6 mostra alguns materiais de construção que apresentam características consideradas mais sustentáveis que a maioria dos materiais, estando organizadas por otimização das propriedades, inovação, isolantes naturais e isolantes inorgânicos.

	Material	Características sustentáveis
Otimização das propriedades	Betão estrutural	Substituição de cimento Portland por aglutinantes alternativos para melhorar a durabilidade.
	Argamassa com incorporação de cortiça	Incorporação de resíduos de cortiça na argamassa para comportamento térmico e acústico.
	Reboco térmico com incorporação de EPS	Finalidade de revestimento de fachada com alta durabilidade e bom desempenho térmico.
Otimização das propriedades	Tintas com maior capacidade refletante	Adição de microesferas para maior refletividade da radiação infravermelha e propriedades térmicas e acústicas melhoradas.
	Betão com argila expandida para o fabrico de blocos	Uso de argila expandida com revestimento de clínquer para melhoria do desempenho térmico.
	Poliestireno expandido com incorporação de grafite	Adição de partículas de grafite para reduzir a condutividade térmica.
	Revestimento de resina com cortiça incorporada	Barreira térmica, evitando perdas de energia e rachaduras, com aplicação rápida e fácil.
Incorporação de resíduos	Betão	Incorporação de RCD e resíduos de pneus no betão para reduzir a geração de resíduos, para maior flexibilidade e isolamento acústico.
	Argamassas	Adição de pozolanas naturais ou resultantes de subprodutos industriais, uma vez que dispensa a utilização de quantidades superiores de ligantes, cuja produção contribui amplamente para o aumento de emissões poluentes, no sentido de otimizar as características de argamassas hidráulicas e argamassas com ligantes aéreos.
	Materiais para o fabrico de blocos	Inclusão de agregados reciclados, resíduos de cortiça, poeira de vidro ou casca de arroz para aumentar a resistência mecânica do betão e a redução da sua absorção de água ou incorporar resíduos de poliestireno para a redução da sua densidade, reaproveitando resíduos.
	Cerâmica	Incorporação de resíduos industriais na produção de revestimentos cerâmicos, atingindo até 80% de material reciclado em peso, mantendo a resistência e a versatilidade (Almeida, 2016).
Nanotecnologia	Aerogel	Elevado desempenho térmico e acústico, estável quando submetido a altas temperaturas, resiste às humidades.

	Materiais de mudança de fase (PCMs)	A incorporação destes materiais nos produtos de construção resulta na redução dos consumos de energia.
Isolantes naturais	Cânhamo	A associação da cal ao cânhamo resulta num material de construção, o que permite uma construção rápida e eficiente, associada ao baixo impacto do carbono devido à capacidade do cânhamo de absorver dióxido de carbono.
Isolantes naturais	Papel e pasta celulósica	A pasta celulósica é o resultado da reciclagem de produtos celulósicos, como papel de jornal, não vendidos ou usados, reduzindo assim os resíduos.
	Fibra de côco	Usado como isolamento térmico e acústico, a transformação desses resíduos em novos produtos contribui consideravelmente para a conservação do meio ambiente.
	Algodão reciclado	A fibra natural pode ser usada como um material de construção, oferecendo um elevado desempenho térmico e acústico.
	Fibra de linho	Permite o fabrico de produtos com alto desempenho para isolamento térmico e acústico de edifícios, que podem ser aplicados a paredes, telhados e pavimentos.
	Palha	Tem uma elevada resistência mecânica e resistência ao fogo, devido à sua compacidade, bom desempenho em termos de isolamento térmico e acústico, pode ser usado na forma de um material compósito, como fibras de madeira ou resíduos de pneus.
Isolantes naturais	Lã	Uma das suas características é a higroscopicidade, capaz de absorver mais humidade do que qualquer outra fibra natural, com bom nível de desempenho em termos de isolamento térmico e acústico, pode ser usado para o isolamento de paredes, tetos e pisos.
	Juta	As suas fibras naturais podem ser utilizadas na indústria da construção, especialmente no reforço de compósitos poliméricos em substituição de fibras sintéticas.
	Sisal	Deriva de uma planta, e as suas fibras naturais podem ser usadas na indústria da construção, usado principalmente no fabrico de materiais compósitos, destacando-se pela alta resistência ao impacto, tração e flexão.
Isolantes inorgânicos	Vidro celular	Isolante térmico inorgânico com estrutura de célula fechada, principalmente constituído por vidro, mas com uma elevada percentagem de vidro reciclado ou resíduos de vidro e também pode ser reciclado, não requer manutenção devido à sua durabilidade.
	Vidro expandido	Impermeável ao vapor de água e, portanto, adequado para isolamento de construções subterrâneas em contato com o solo e água, material inerte, tem uma alta durabilidade e é imputrescível.

	Espuma de silicato de cálcio	Espuma microporosa de células abertas e rígidas, recomendada para uma maior protecção contra a humidade, especialmente na reabilitação de edifícios antigos, pH elevado, que inibe a aparência de fungos.
	Perlite expandida	Bom desempenho térmico e acústico, utilizado na forma de placas para o isolamento de paredes e tectos e em materiais compósitos, como é o caso de placas de perlite combinadas com lã mineral.
	Vermiculite	Grupo de minerais laminares hidratados, baixa densidade, baixa condutividade térmica, resistência a altas temperaturas, grande capacidade de absorção, utilizado como isolamento térmico e acústico.

Tabela 6 – Diferentes tipos de materiais sustentáveis utilizados na construção (fonte: adaptado de CTCV, 2012, ITeCons, 2012)

3.2. Métodos de construção

O conceito de construção “eco-eficiente” tem sido muitas vezes associado à mera diminuição dos consumos energéticos nos edifícios, sendo por isso confundido com o conceito de arquitetura bioclimática. No entanto, o conceito de construção eco-eficiente é mais abrangente, incluindo preocupações ao nível da redução da delapidação dos recursos naturais, da produção de resíduos e emissão de gases poluentes nocivos aos ecossistemas e à saúde humana, e ao nível da conservação da biodiversidade.

Para além de materiais de construção sustentável, as técnicas de construção também podem contribuir para a melhoria do desempenho ambiental do edifício. A Tabela 7 mostra alguns métodos de construção sustentável, incluindo métodos menos atuais, mas também métodos inovadores.

Método de construção	Características sustentáveis
Pré-fabricados	Contribui para a redução de uma grande parte dos resíduos em comparação com a construção tradicional <i>in situ</i> ; Possibilidade de projetar o produto considerando a sua desconstrução e reutilização; Redução do consumo de energia no local.
Taipa	Apresenta baixo impacte ambiental, dependendo da quantidade de cimento utilizado nos processos de estabilização e da distância ao local onde é extraída. Em misturas com baixa quantidade de cimento, a energia incorporada e as emissões de gases com efeito de estufa (GEE) associados, são muito reduzidas.
Adobe	Embora uma grande quantidade de água seja utilizada, apenas uma pequena quantidade de energia é necessária para a sua execução, deste modo a energia incorporada neste tipo de construção é geralmente baixa e as emissões de GEE associadas a esta solução são muito pequenas.
Estruturas metálicas leves – LGSF	Este sistema construtivo é mais sustentável do ponto de vista da preservação dos recursos naturais. O consumo de energia que ocorre durante a extração e fabrico pode ser amortizado durante um longo período de tempo; permite o uso de meios de transporte e equipamentos mais leves, o que reduz o consumo de energia nas operações de transporte, elevação e montagem; os processos de produção são extremamente controlados, permitindo a redução de resíduos, recursos energéticos associados com as operações de montagem, desmontagem, limpeza e armazenamento.
Betão celular autoclavado	Por unidade de peso, os impactes ambientais são semelhantes aos do betão, mas como o peso por unidade de volume neste produto é cerca de 1/4 a 1/5 do peso do betão, o desempenho ambiental é melhor; O bom isolamento térmico deste material reduz a necessidade de recorrer a meios mecânicos de condicionamento da temperatura interior; A quantidade de matéria-prima necessária para este sistema construtivo é baixa quando comparada aos sistemas convencionais, contribuindo assim para a preservação dos recursos naturais; O seu baixo peso também permite o uso de meios mais leves de transporte e elevação, pelo que o consumo de energia nestas operações pode ser reduzido; O alto grau de industrialização associado a esta tecnologia, traduz-se na produção de menos resíduos.

Tabela 7 – Soluções sustentáveis utilizadas na construção (fonte: adaptado de ITeCons, 2012)

Referências

- Almeida, M.I.A, A.C. Dias, L. Arroja, Avaliação de ciclo de vida de ladrilho cerâmico e seu potencial de melhoria. Congress of Innovation on Sustainable Construction CINCOS'14, Porto, Portugal, (2014). Pt-en
- Almeida, M.I.A, A.C. Dias, L. Arroja, Declaração Ambiental de Produto - Novos desafios, novas categorias de impacte. Caso de estudo aplicado ao pavimento, Congress of Innovation on Sustainable Construction CINCOS'16, Lisboa, Portugal, (2016). Pt-pt
- Almeida, M.I., Dias, A.C., Demertzi, M., Arroja, L.. Contribution to the development of product category rules for ceramic bricks. J. Clean. Prod. 92, 206-215 (2015).
- Almeida, M.I.A, A.C. Dias, Demertzi, M., Arroja L., Environmental profile of ceramic tiles and their potential for improvement. J. Clean. Prod. 131, 583-593 (2016).
- Almeida, M.I.A., Francisco, V., Santos, I. (2012). Perceção do mercado para materiais para a construção sustentável, Congresso de Inovação na Construção Sustentável, CINCOS' 12, Aveiro, Portugal.
- Bragança, L., Mateus, R. (2006). Tecnologias Construtivas para a Sustentabilidade da Construção. PROMETEU, Edições Ecopy, Cap.2
- COM (2011) 571 - Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions - Roadmap to a Resource Efficient Europe
- CTCV (2012) - Estudo de Mercado e Inovação sobre Materiais para a Construção Sustentável, Plataforma para a Construção Sustentável
- Decreto-Lei n.º. 130/2013, de 10 de setembro - Assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Diretiva 89/106/CEE do Conselho, de 21 de dezembro de 1988. Ministério da Economia, Diário da República nº 174/2013, Série I de 2013-09-10.
- Decreto-Lei n.º. 46/2008, de 12 de março - Aprova o regime da gestão de resíduos de construção e demolição. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República n.º 51/2008, Série I de 2008-03-12.
- Decreto-Lei n.º. 73/2011, de 17 de junho - Procede à terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, relativa aos resíduos, e procede à alteração de diversos regimes jurídicos na área dos resíduos. Ministério do



Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República n.º 116/2011, Série I de 2011-06-17.

Decreto-Lei n.º 80/2006, de 4 de abril - Aprova o Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), publicado em anexo. Transpõe parcialmente para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2002/91/CE (EUR-Lex), do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios. Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações, Diário da República n.º 67/2006, Série I-A de 2006-04-04.

Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de junho - Altera (primeira alteração) o Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de maio, que aprova o Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios, e procede à republicação do Regulamento. Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional. Diário da República nº 110/2008, Série I de 2008-06-09.

Diretiva 2008/98/EC - European Waste Framework, 19 de novembro, 2008

INE - Instituto Nacional de Estatística, “Estatísticas da Habitação e Construção”, 2015

ISO 14025:2009. Rótulos e Declarações Ambientais. Declarações ambientais tipo III. Instituto Português da Qualidade (IPQ)

ISO 21930:2010. Sustentabilidade na construção de edifícios. Declaração ambiental de produtos de construção.

ITeCons - Instituto de Investigação e Desenvolvimento Tecnológico em Ciências da Comunicação, “Estudo de Mercado e Inovação na Área das Tecnologias de Construção Sustentável”, publicado pelo CentroHabitat, 2012

NP EN 15804. Sustentabilidade das obras de construção. Declarações ambientais dos produtos. Regras de base para as categorias de produto de construção.

Paulo Mendes, “A influência do RCCTE na Arquitetura e as Perspetivas para o Futuro”, 2013

Pinheiro, M.D. (2006). Ambiente e Construção Sustentável. Agência Portuguesa do Ambiente/Instituto do Ambiente, Amadora

Regulamento (EU) nº 305/2011 do Parlamento e Conselho Europeu, 9 de março, 2011. Regulamento de Produtos de Construção

Torgal, F.P., Jalali, S. (2010). A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Edição TecMinho, Guimarães.