



## Universidades Lusíada

Oliveira, Carlos  
Pinto, Alberto Cruz Reaes, 1932-

### **Características de sustentabilidade de materiais de construção renováveis**

<http://hdl.handle.net/11067/451>

#### **Metadados**

<b>Data de Publicação</b>	2011
<b>Resumo</b>	Existe a percepção generalizada da necessidade urgente de implementar medidas concretas que visem a redução do consumo de energia e, conseqüentemente, das emissões de carbono, entre outras, em todos os sectores da economia e actividade humana. No caso do sector da Construção têm vindo a ser tomadas várias medidas tendentes à melhoria da Eficiência Energética nos edifícios, associadas com a utilização acrescida de Energias Renováveis, com destaque para a micro-geração. Neste contexto, surge a ...
<b>Palavras Chave</b>	Construção sustentável, Materiais de construção - Aspectos ambientais
<b>Tipo</b>	article
<b>Revisão de Pares</b>	Não
<b>Coleções</b>	[ULL-FAA] RAL, n. 3 (2.º semestre 2011)

Esta página foi gerada automaticamente em 2024-09-21T12:17:42Z com informação proveniente do Repositório

## CARACTERÍSTICAS DE SUSTENTABILIDADE DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO RENOVÁVEIS

C. Oliveira<sup>1</sup>  
A. Reaes Pinto<sup>2</sup>

### RESUMO

Existe a percepção generalizada da necessidade urgente de implementar medidas concretas que visem a redução do consumo de energia e, conseqüentemente, das emissões de carbono, entre outras, em todos os sectores da economia e actividade humana.

No caso do sector da Construção têm vindo a ser tomadas várias medidas tendentes à melhoria da Eficiência Energética nos edifícios, associadas com a utilização acrescida de Energias Renováveis, com destaque para a micro-geração. Neste contexto, surge a directiva 2010/31/UE, relativa ao desempenho energético dos edifícios.

Nesta perspectiva, a obtenção de um patamar elevado da eficiência energética é alcançado através de estratégias de concepção e de isolamento, que visam conceitos como *Passive Haus* e *zero-carbon buildings*, mas, até ao momento, pouca atenção tem sido dada aos materiais envolvidos, pois considera-se exclusivamente a óptica da Energia Operacional, i.e., a energia envolvida exclusivamente no funcionamento e manutenção do edifício durante a sua vida útil. A adopção de uma abordagem de Ciclo de Vida torna-a mais abrangente, levando também a considerar a Energia Incorporada nos processos construtivos e nos materiais envolvidos.

Muitos dos materiais utilizados como “isolamento” para incrementar a eficiência energética dos edifícios são obtidos a partir de matéria-prima fóssil, o que não só é um contra-senso, como os converte em objectos potencialmente contaminantes do Ar Interior dos edifícios, bem como do Ambiente, nas suas fases de fabrico e de fim de vida. Como resposta a este problema, começam a surgir no mercado soluções obtidas a partir de “materiais renováveis”, ou seja, materiais naturais, caracterizados por incorporarem o mínimo de energia, serem comparativamente não contaminantes, biodegradáveis e sem riscos evidentes para a saúde humana, como evidenciado pela metodologia ACV (Avaliação do Ciclo de Vida).

Destes materiais têm-se destacado a madeira e seus derivados, a cortiça, o algodão, a lã e o cânhamo, entre outros. Algumas críticas são feitas no sentido que se torna uma tarefa difícil, quase impossível, substituir os materiais sintéticos na cadeia de valor da construção, devido à incapacidade de a oferta satisfazer a procura por parte da madeira ou da cortiça (provenientes de florestas ou montados), ou da afectação de áreas de cultivo para fins não alimentares. Porém, existe a possibilidade de obter celulose a partir de colheitas anuais e em rotatividade com os cereais, como é o caso do cânhamo, sendo uma forma concreta de sequestrar carbono, de contribuir para uma construção energeticamente eficiente, saudável e de baixo impacte ambiental.

### PALAVRAS-CHAVE

Energia Incorporada, Sequestro de Carbono, Avaliação de Ciclo de Vida, Culturas Não Alimentares, Materiais de Baixo Impacte Ambiental.

<sup>1</sup> Universidade Lusíada de Lisboa, CITAD, 1349-001 Lisboa, Portugal. E-mail: carlosoliveira.7@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Lusíada de Lisboa, CITAD, 1349-001 Lisboa, Portugal. E-mail: reaespinto@sapo.pt

## ABSTRACT

There is a large understanding about the need of urgent measures in order to reduce energy consumption, and therefore carbon emissions among others, in all the fields of human living, including the economy.

In the building sector, several measures have been taken in order to improve energy efficiency in buildings, together with the increased use of renewable energy, mainly on micro-generation. In this context, arises the proposal for the Directive on the energy performance of buildings, recast (2010/31/UE).

From this point of view, it's possible to achieve a high level of energy efficiency by mean of design and isolation strategies, which aim to concepts such as *Passive Haus* and *zero-carbon buildings*. However, no much attention has been given to the materials involved, but rather to an operational energy point of view, i.e., the energy concerned with the operation and maintenance of the building during its lifetime. Adopting a life-cycle perspective makes it more understandable, considering the embodied energy involved in construction processes and materials.

Many of the materials used as "isolation" to increase the energy efficiency of buildings are fossil raw based, which is obviously a nonsense, and make them potentially contaminating tools concerning the indoor air quality of buildings, and even for the Environment, both in production and end-of-life phases. In response to this problem, the construction mainstream started to deliver solutions based on "renewable materials", i.e, natural materials, with low-energy embodied, comparatively non-polluting, biodegradable and without known human health risks, as the LCA's (Life Cycle Assessment) methodology shows.

Wood, cork, cotton, wool and hemp are some of the most important renewable materials although some skeptics warn that it's very difficult, almost impossible, to replace synthetic materials due to the inability to meet the demand for wood or cork, and the inappropriate allocation of land for non-food purposes. However, it is possible to obtain cellulose from annual crops and in rotation with cereals, such as hemp crop, which is a way to sequester carbon and a contribution for a high-level energy performance, healthy and low environmental impact building sector.

## KEY-WORDS

Embodied Energy, Carbon Sequestration, Life-Cycle Assessment, Non-Food Crops, Low Environmental Impact Materials.

A crescente preocupação com o tema da Sustentabilidade nas suas várias vertentes colocou de forma reducionista a discussão em torno das fontes de energia primária e a forma de utilizá-la da forma mais eficiente. A Construção Sustentável, apesar de originalmente ser caracterizada pelos princípios enunciados pelo CIB (Conseil Internacional du Batiment), em 1994, também não escapa a essa tendência, recentemente materializada na *Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD), reformulada, com o objectivo de incentivar no espaço europeu a concepção e a construção de edifícios com "...necessidades quase nulas de energia" (*nearly-zero energy buildings*) [1].

Embora não exista uma definição globalmente aceite que caracterize os edifícios de baixa-energia (*low-energy buildings*), assume-se que são edifícios que, entre outras, contam com as seguintes características: altos níveis de isolamento térmico, janelas energeticamente eficientes, baixo número de renovações de ar, recuperação de energia para fins de aquecimento ou arrefecimento e que aproveitam, isoladamente ou em simultâneo, as técnicas solares passivas e activas (bioclimatismo, micro-geração, etc.). Na Europa, esta tipologia é conhecida sob várias designações, tais como *PassivHaus*, *Zero Carbon House*, *Zero Energy House*, entre outras. Porém, se entrarmos em conta com outros parâmetros para além da eficiência energética, utilizam-se termos como *eco-building* ou *green building*, de certo modo familiares à temática da Construção Sustentável [2].

Segundo a abordagem de Ciclo de Vida, esta perspectiva é redutora, pois não contempla a energia envolvida a montante e a jusante do edifício pronto a operar. Esta energia é designada de energia incorporada (*embodied energy*), podendo ser definida como aquela que é utilizada desde a extracção de matérias-primas até à unidade de transformação (*cradle-to-gate*), até à obra (*cradle-to-site*), ou até à fase de desconstrução e deposição (*cradle-to-grave*), incluindo o transporte e excluindo a energia operacional.

Existem vários inventários de energia incorporada (e de carbono incorporado), onde o factor comum é a menor energia (com todas as consequências associadas ao nível de emissões) dos materiais naturais e locais (madeira, cortiça, terra, cal, etc.)

Ilustrando esta evidência, Goverse *et al.* (2001) aludem ao facto de um incremento da utilização da madeira na construção residencial poderia reduzir quase para metade as emissões de CO<sub>2</sub> na Holanda, enquanto More *et al* (2001) realçam o caso de estudo francês, onde foi possível reduzir em 215% a energia envolvida na construção de edifícios, graças à preferência pela utilização de materiais locais, minimizando assim o factor “transporte” [3].

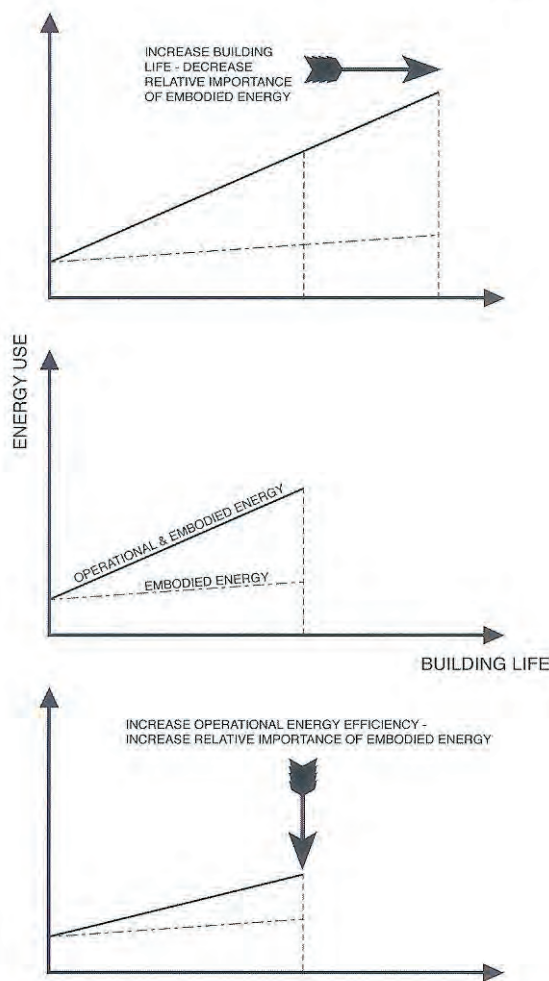
Qual a importância relativa que esta estratégia pode ter para o balanço energético do edifício? Segundo Thomark (2006), tal pode significar uma redução de até 17% da energia total envolvida na construção de um edifício, enquanto Dimoudi e Tompa (2008) mencionam que a energia incorporada, *apriori*, nos materiais utilizados para a construção de um edifício de escritórios varia entre 13 a 19% da energia operacional (a necessária ao seu funcionamento e manutenção), para uma vida útil estimada de 50 anos [3].

Em termos gerais, aquando da conclusão do edifício já foi utilizada energia equivalente a cerca de 10 anos do seu funcionamento, sendo que esta proporção é ainda mais relevante tratando-se de edifícios residenciais, com menor energia operacional envolvida, logo com maior contribuição dos materiais.

Se a este consumo energético adicionarmos a energia a utilizar na desconstrução, então, desde logo, faz sentido estender o conceito de eficiência energética à energia incorporada, para lá da mera energia operacional. Por isso, “... a escolha adequada dos materiais de construção pode contribuir de forma decisiva para a redução da quantidade de energia necessária à construção de edifícios” [3].

Concluimos, pois, que à medida que se tomam medidas no sentido da melhoria da eficiência energética aumenta a importância relativa da energia incorporada, sendo que no limite, esta se poderá tornar predominante (figura 1) [3] [4].

Figura 1. Energia Incorporada versus Energia Operacional



Fonte: Dye e McEvoy, 2008

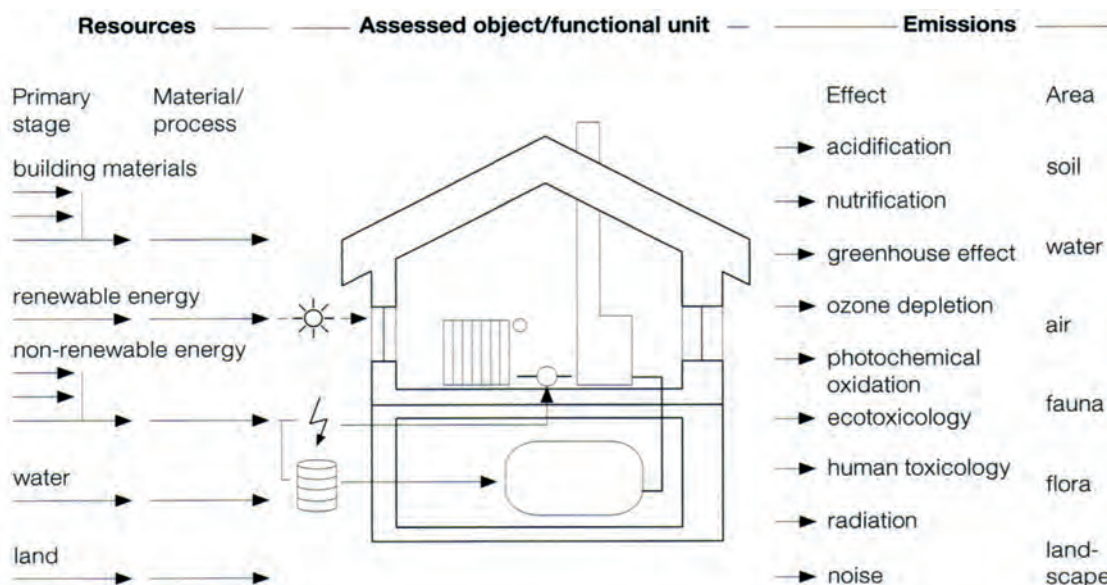
Szalay (2007) admite mesmo que no curto-médio prazo a parcela de energia incorporada possa vir a exceder a da energia operacional, o que justificaria levá-la em linha de conta numa futura revisão da EPBD. A ilustrar esta tendência, Thormark (2002) refere um edifício *low-energy* da Suécia, em que a energia incorporada, para uma vida útil de 50 anos, representa até 45% da energia total envolvida, para uma vida útil de 50 anos [3].

Por outro lado, a vida útil expectável do edifício é o outro factor da equação a ter em conta, pois, à medida que esta aumenta, diminui a importância relativa da energia incorporada, o que leva à conclusão que poderá ser mais sustentável, do ponto de vista ambiental, utilizar materiais com alta energia incorporada, se tal implicar uma construção de maior durabilidade.

Para analisar e seleccionar os materiais com menores consequências ambientais, existem bases de dados que disponibilizam os valores da energia incorporada para os vários materiais, em termos de unidade de massa ou de elementos construtivos, sendo estes mais elucidativos. No entanto, esta informação, embora útil nunca poderá ser completa, pois ignora outras categorias que não as estritamente associadas à energia, como p.e., a contaminação por metais pesados ou a depleção da camada de ozono, entre outros.

Neste contexto, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) pode ser aplicada para identificar e quantificar outras categorias de impacto ambiental (figura 2), numa análise de largo espectro, desde a extracção das matérias-primas até à sua deposição (*cradle-to-grave*) ou preferencialmente, até à sua reciclagem ou reutilização (*cradle-to-cradle*) [4].

Figura 2. Fluxo de materiais e de energia durante o ciclo de vida de um edifício



Fonte: König et al, 2010

A metodologia ACV faz uma análise sistemática baseada na ISO 14040, em relação aos efeitos ambientais de um produto ou serviço ao longo de todo o ciclo de vida. Esta ideia de uma avaliação de produtos e processos emergiu no século XIX, no contexto do desenvolvimento da termodinâmica, da ecologia e da engenharia de processos, a qual tem as suas raízes na engenharia química.

Actualmente, também são integrados conceitos e métodos da contabilidade ambiental e da análise de fluxos de energia. Odum (1983) propõe um método de modelação do ecossistema no qual o ambiente é composto de diferentes elementos, tais como, microrganismos, solo, florestas, lagos, rios, oceanos, seres vivos, máquinas e cidades, que estão ligados entre si por meio de fluxos de energia, de materiais e de informação. Todos os processos dentro deste sistema implicam conversão de energia, sendo o Sol considerado como a única fonte externa. As cidades transformam solos, matérias-primas, energia e água em ambiente edificado originando resíduos, emissões e calor. Deste modo, o metabolismo urbano pode ser definido como a totalidade dos processos técnicos e socioeconómicos que têm lugar [5].

A partir da contribuição da energia solar (do qual dependem todas as outras formas) no processo de obtenção de produtos e serviços, Odum (1996) explana o conceito de *Emergy* definido como “Available energy of one kind previously used up, directly and indirectly, to make a product or service.” A introdução da letra “m” vem de memória, relativa à “memória” da energia solar utilizada [3] [6].

A metodologia emergética permite, assim, determinar a parcela do contributo energético da natureza, relativamente à contribuição humana (materiais, máquinas, combustível fóssil, dinheiro, etc.), em termos de energia solar agregada (emergia) [7].

Tabela 1: Valores de energia incorporada e de energia por massa para alguns materiais

Materiais	Energia incorporada (Mj/kg)	Emergia por massa (sej/g)
Aço	32,0	4,13 x 10 <sup>9</sup>
Alumínio	201,0	12,53 x 10 <sup>9</sup>
Alumínio reciclado	8,1	14,90 x 10 <sup>9</sup>

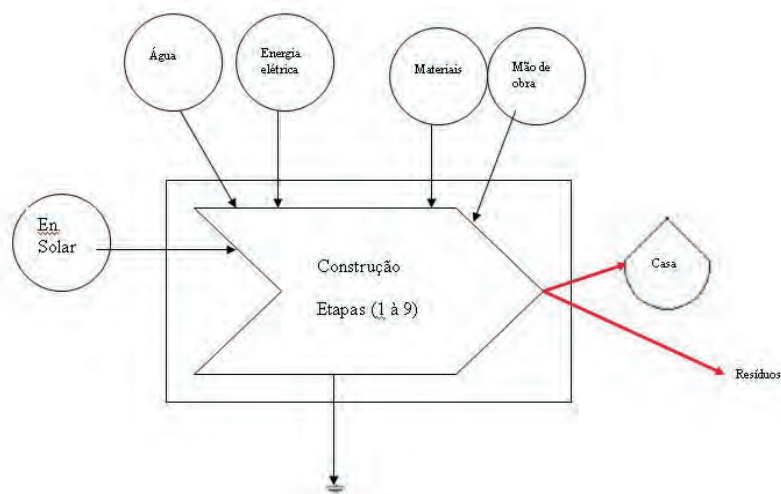
Fonte: adaptado de Torgal e Jalali (2010)

Relativamente aos materiais e produtos, de acordo com este conceito, a energia varia na razão directa da Sustentabilidade (ao contrário da energia incorporada), do mesmo modo que a relação energia/massa (sej/g), é também um indicador do seu potencial de reciclagem e de reutilização (tabela 1), pelo que elevados valores emergéticos, significam, *a priori*, menor impacte ambiental e maiores possibilidades de reaproveitamento [3].

Sendo uma metodologia técnica exigente, não cabe no âmbito desta comunicação entrar em detalhe; não queríamos, no entanto, deixar de referir a utilidade potencial desta ferramenta em estudos futuros de avaliação de sustentabilidade.

Carvalho *et al* (2009) salientam em contexto de contabilidade ambiental de uma construção residencial convencional (figura 3), que as fundações, estrutura, alvenaria e revestimento contabilizam cerca de 70% do valor de energia total de uma obra-tipo, pelo que um dos temas fulcrais da construção sustentável é o estudo de alternativas à utilização do cimento, pelo menos, para execução de alvenarias e revestimentos [8].

Figura 3. Diagrama de energia de sistemas de uma construção



Fonte: Carvalho *et al*, 2009

Estes dados são consistentes com as conclusões respeitantes aos elevados níveis de energia incorporada e de emissão de carbono inerentes ao processo de fabrico de cimento e que levaram Mateus e Bragança (2006) a defender que "...a “verdadeira inovação” na Construção passará pela descoberta e desenvolvimento de um material que substitua o betão e que seja uma mais valia sob o ponto de vista económico e ambiental” [9].

Todas as abordagens e metodologias evidenciam que a utilização de materiais locais, de origem natural, passíveis de reutilização ou de fácil reciclagem são preferenciais a outros na óptica ambiental, assim como nas restantes vertentes da “tripla linha de base” - a económica e a social – aludindo a uma inevitável mudança de paradigma.

Segundo Fernandes e Schmidberger (2006), até meados do sec.XX, entre 60% a 70% dos materiais de construção utilizados na Europa eram de origem mineral e os restantes de proveniência vegetal, sendo que actualmente, 80 a 90% são materiais industrializados ou sintéticos para fins variados (Betão, Vidro, Aço, PVC, etc), 10 a 20% são de origem mineral e, apenas, uma ínfima parcela, de origem vegetal [10].

Este quadro é contraditório com os conceitos de Pegada Ecológica, de Ecoeficiência, de Eficiência Energética (*latus sensus*), e é evidenciado pelas metodologias de Energia Incorporada, de Avaliação de Ciclo de Vida e de Energia, por implicar, além da emissão de

Gases com Efeito de Estufa (GEE), sobreexploração dos recursos naturais e poluição nas suas várias formas - principalmente nas fases de fabrico e de transporte - com problemas acrescidos no fim do Ciclo de Vida devido a não serem, de modo geral, biodegradáveis.

De facto, a grande maioria dos materiais ou produtos de construção disponibilizados pelo *mainstream* da construção não foram concebidos numa óptica integrada de Ciclo de Vida (*cradle-to-cradle*), tendo em vista uma eventual reutilização ou reciclagem a baixa energia, mas sim na abordagem dominante (*cradle-to-grave*) o que, além do citado anteriormente, leva a que lhe seja inerente um alto potencial poluente do solo, da água ou do ar, aquando da deposição em aterro ou incineração, como p.e., no caso das dioxinas libertadas pelo PVC.

Uma chamada de atenção ao novo Regulamento dos Produtos de Construção (Regulamento UE N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho de 9 de Março) que adiciona um novo requisito básico, designado por “Utilização Sustentável dos Recursos Naturais”, onde consta que se deve assegurar, entre outras, “a utilização, nas obras de construção, de matérias-primas e materiais secundários compatíveis com o ambiente” [11].

No sentido de contrariar esta tendência, tem vindo a ganhar destaque no contexto da Construção Sustentável os designados *Renewable Materials* (Materiais Renováveis), que se caracterizam por serem materiais de construção provenientes da Agricultura, de origem vegetal (p.e., madeira, cortiça, palha, cânhamo) ou animal (lã de ovelha) [12].

Muitos destes produtos são acessíveis e abundantes em muitas regiões do globo, pese embora algumas críticas justificadas nesse sentido, como, por exemplo, o desequilíbrio entre o potencial de oferta da cortiça face à crescente procura, ou o peso relativo do transporte de madeira estrutural. Tais críticas podem, contudo, ser mitigadas quando tomamos consciência que existem alternativas baseadas em colheitas anuais (figura 4), em rotatividade com os cereais, e preservando o equilíbrio ecológico e humano [12].

Figura 4. Campo de cultura de cânhamo



Fonte: Bevan e Woolley, 2008

Sendo a madeira o “material renovável” por definição, a questão principal é saber se este material e seus derivados podem substituir a procura por materiais sintéticos, sabendo que as árvores demoram décadas a crescer, e são, sem dúvida, um activo a gerir com grande parcimónia, nomeadamente no contexto de uma Gestão Sustentável, sob o selo de um organismo reconhecido, como é o caso do FSC (Forest Stewardship Council). No entanto, a celulose pode ser obtida a partir de culturas anuais, tais como miscanto, linho e cânhamo, podendo as suas fibras ser utilizadas para fins construtivos, com alto potencial económico e capacidade técnica de substituir produtos similares sintéticos.



Estes materiais apresentam, comparativamente, um leque de vantagens técnicas, no que respeita ao aligeiramento de fundações e à melhoria de características termo-higrométricas ligadas à capacidade de isolamento e à inércia térmica, e que se reflectem directamente na capacidade de regulação da temperatura, humidade e qualidade do ar interior [13].

No entanto, à partida, qualquer produto de origem vegetal actua como “sequestrador de carbono”, não só durante o ciclo de vida da cultura, mas também durante todo o tempo de vida útil da construção, o que lhes confere uma característica de aliado à mitigação dos efeitos das alterações climáticas antropogénicas, tal como demonstrado por várias ACV’s, de que é exemplo a efectuada sob a égide do organismo “Canada Wood”, referente à madeira exportada para o Reino Unido.

Deve-se sublinhar que este país foi o primeiro signatário do protocolo de Kyoto a implementar um quadro legal conducente à redução de emissões de carbono, e um dos primeiros a publicar uma normativa - PAS 2050 - respeitante à quantificação da Pegada de Carbono em produtos e serviços, objecto de uma Avaliação de Ciclo de Vida.

Apresentamos um quadro onde estão representados os valores residuais do balanço de carbono de quatro produtos de madeira canadiana, tendo em conta as emissões respeitantes ao corte, processamento e transporte (16.000 km), numa base de 100 anos de potencial de aquecimento global.

Em todo o caso, as emissões de CO<sub>2</sub> resultantes destas actividades representam menos de 1/3 do total sequestrado, pelo que existe um balanço de carbono negativo para qualquer um dos três cenários de vida útil considerados: 50, 75 e 100 anos (tabela 2) [14].

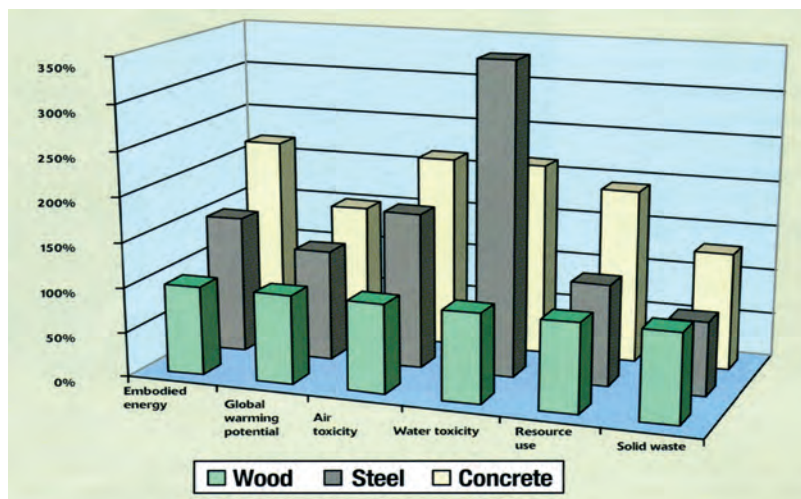
Tabela 2: Valores de CO<sub>2</sub> sequestrado por anos de vida útil

	Softwood Lumber	Softwood Plywood	Western Red Cedar Lumber	Western Red Cedar Siding
Carbon stored in one cubic metre (m <sup>3</sup> ) of product*	765 kg	824 kg	632 kg	632 kg
Emissions from harvesting, manufacturing and transportation	185 kg	224 kg	139 kg	187 kg
<b>NET CARBON BALANCE</b>				
100-year service life	-580 kg	-600 kg	-493 kg	-445 kg
75-year service life	-389 kg	-394 kg	-335 kg	-287 kg
50-year service life	-198 kg	-188 kg	-177 kg	-129 kg

Fonte: Canada Wood UK, 2011

Esta evidência é um argumento a favor da utilização da madeira com fins estruturais, apesar da distância considerada, pois, qualquer outro dos materiais usualmente considerado para esta finalidade - aço ou betão - em qualquer situação resulta numa pegada de carbono positiva. Isto significa que só existem emissões e nenhum sequestro de carbono, além de outros impactes menos positivos, como demonstrado por uma ACV referente a seis Categorias de Impacte: Energia incorporada, Potencial de Aquecimento Global, Toxicidade do Ar, Toxicidade da Água, Recursos Naturais e Resíduos Sólidos (figura 5) [15].

Figura 5. Comparação de materiais estruturais segundo categorias de impacte



Fonte: Canada Wood Council, [2005?]

Existem, como já acima referido, alternativas para a obtenção de celulose baseadas em colheitas plurianuais, em rotatividade com os cereais ou outras culturas, beneficiando o solo e combatendo as infestantes, ou seja, sem o inconveniente de afectação de áreas de cultivo para outros fins que não os alimentares. Uma dessas culturas é o Cânhamo (*Cannabis Sativa*) com vista à obtenção de fibras para a construção, sob a forma de painéis, blocos, módulos pré-fabricados, betão ou rebocos com altas *performances* isolantes, térmicas e acústicas.

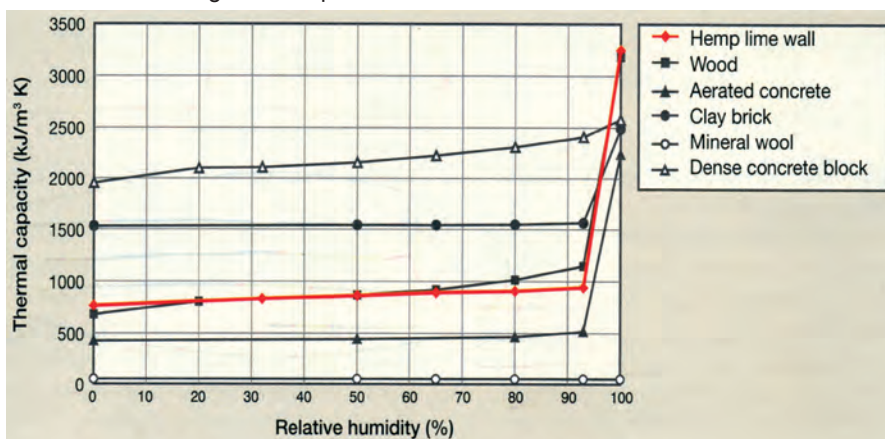
Interessa-nos, sobretudo, divulgar uma das suas formas compósitas, o “betão leve de cânhamo” (*hemp lime*), por se tratar de um material recente e de grande sucesso em países europeus de referência em Sustentabilidade e Construção Sustentável, como a França, a Alemanha e o Reino Unido.

Este material combina agregados renováveis e sequestradores de carbono, derivados de uma planta de crescimento rápido (fibras de cânhamo), com um ligante de cal hidráulica, de modo a formar um material “leve”, susceptível de várias aplicações, tais como paredes exteriores, isolamento de coberturas e de lajes de soleira. Por definição, distingue-se por ter um excelente comportamento térmico e acústico, efectiva massa térmica e a capacidade única de regular o teor de humidade interna, contribuindo para um ambiente mais saudável e biocompatível [13].

Os gráficos abaixo demonstram estas características: a Capacidade Térmica ou Capacidade Calorífica de um material é a capacidade que este tem de armazenar energia (calor); de facto, apenas uma parte da energia incidente na face de uma parede é conduzida até ao outro lado, sendo a restante armazenada, e posteriormente libertada.

Este comportamento dinâmico é muito importante para a obtenção de uma temperatura interior estável, apesar das variações térmicas exteriores, conduzindo a necessidades mínimas de aquecimento e arrefecimento. Podemos observar que os materiais com melhor comportamento (valores mais baixos) são o betão leve poroso, a madeira e o betão leve de cânhamo, ou seja, os materiais menos densos, o que é coerente (figura 6) [13].

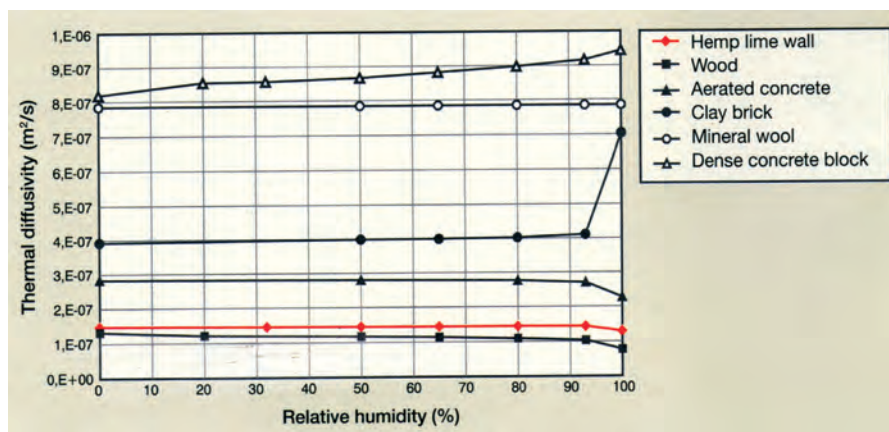
Figura 6. Capacidade térmica de vários materiais



Fonte: Bevan e Woolley, 2008

Por outro lado, pretende-se que a Difusividade Térmica definida pelo modo como o calor se propaga através de um material, seja a menor possível, ou seja, que a parede ou elemento construtivo retardem o mais possível a transferência das temperaturas exteriores para o interior do edifício (figura 7).

Figura 7. Difusividade térmica de vários materiais

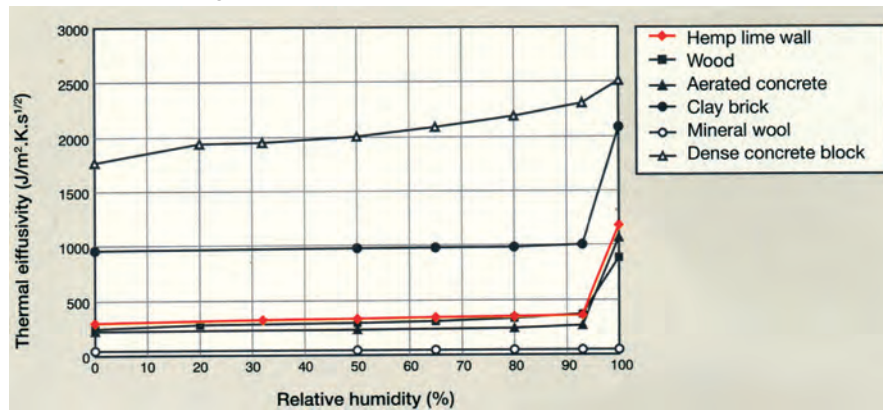


Fonte: Bevan e Woolley, 2008

Se o amortecimento for superior a 12 horas é o ideal, porque permite ter “arrefecimento” interior no período mais quente do dia, e vice-versa. Novamente os materiais com melhor *performance* são a madeira, o betão leve de cânhamo e o betão leve, por esta ordem [13].

Finalmente, outro conceito muito importante para efeitos do conforto térmico das construções é a Efusividade Térmica, que é um indicador da quantidade de energia que um material absorve do meio. Materiais com baixa efusividade absorvem menos energia do ambiente e, em relação à temperatura de referência da pele, dão uma sensação de calor ao toque, em oposição aos de alta efusividade com um toque frio. Esta sensação de calor é um indicador subjectivo do conforto térmico de um edifício, na óptica do utilizador. Experiências levadas a cabo no interior de edifícios com paredes de betão leve de cânhamo em França e no Reino Unido demonstram que a sensação de conforto térmico, definida como a diferença entre a temperatura média do ar e da parede, é alcançada alguns graus abaixo do limiar de uma parede de alvenaria tradicional, o que significa menos energia de aquecimento, ou seja, mais eficiência energética (figura 8) [13].

Figura 8. Efusividade térmica de vários materiais



Fonte: Bevan e Woolley, 2008

Os gráficos acima evidenciam que as propriedades do betão leve de cânhamo (BLC) são similares às da madeira, e que o desempenho destes produtos renováveis é sempre superior ao dos produtos convencionais considerados: betão leve, tijolo, lã mineral e bloco de cimento.

Devido à grande compatibilidade entre a madeira e o BLC, estes produtos são muitas vezes utilizados em associação, em construções novas ou de reabilitação, aproveitando a similaridade das características entre ambos, de modo a que não existam pontes térmicas entre o material estrutural (madeira) e o de preenchimento (BLC) (figura 9), o que não acontece com as lãs minerais ou outros produtos sintéticos [13].

Figura 9. Compatibilidade entre madeira e BLC



Fonte: Centre for Alternative Technology (CAT), 2008

É de admitir que num futuro próximo a metodologia ACV venha a desempenhar um papel cada vez mais relevante no âmbito da Construção Sustentável, e que os mercados venham a exigir Declarações Ambientais de Produtos (*Environmental Product Declarations – EPD`s*), emitidas por uma “terceira parte” independente, a partir da informação constante na ACV respectiva.

Qualquer um dos materiais renováveis tem, *a priori*, potencial para aumentar a sua quota, pois as suas vantagens ambientais relativamente a outros tipos de produtos serão reconhecidas e validadas pelos projectistas, construtores e utentes [12] [13].

No caso concreto do cânhamo, o governo francês levou a efeito, em Setembro de 2006, uma ACV orientada para a sua avaliação - *Etude des Caracteristiques Environnementales du Chanvre par l'Analyse de son Cycle de Vie* – relativamente a bio plásticos e construção,

precisamente sob a forma de uma parede de betão leve de cânhamo com estrutura de madeira (*mur en béton chanvre banché sur ossature en bois*) [16]. Deste estudo foram retiradas as conclusões seguintes:

O cânhamo não carece de pesticidas nem de fertilizantes, e o seu cultivo é benéfico para o solo e para as outras culturas;

A energia incorporada no processo é, comparativamente, muito baixa;

Como agregado do betão, reduz o impacte ambiental da extracção de inertes de pedreiras;

Como isolamento, substitui os materiais de origem fóssil com as vantagens inerentes em termos energéticos e de emissões tóxicas;

Sequestra carbono: sendo uma planta de crescimento rápido, durante a sua vida captura CO<sub>2</sub> e liberta O<sub>2</sub>, mantendo o carbono “sequestrado” durante a vida útil do produto, num valor estimado de 108 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> de betão leve de cânhamo, ou 31 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> de parede-tipo [13] [16].

## CONCLUSÕES

A Diretiva do Desempenho Energético dos Edifícios (EPDB), reformulada, impõe aos Estados Membros um limite temporal (2020) para altos níveis de desempenho energético - necessidades quase nulas de energia - tanto para edifícios novos, quer para reabilitados, na óptica da energia operacional. No entanto, a abordagem de Ciclo de Vida põe em evidência a energia incorporada nos materiais e produtos, cuja importância relativa vai aumentando à medida que o incremento das medidas de eficiência energética otimiza (diminui) o valor da energia operacional.

O facto de a melhoria do desempenho energético ser obtido à custa de isolamentos térmicos de origem fóssil é, nesta perspetiva, uma contradição, na medida em que se mantém um alto nível de energia incorporada (embodied energy), devido ao fabrico e transporte, além de que externaliza as emissões de CO<sub>2</sub>, deslocando-as do edifício para a fábrica.

A metodologia Avaliação de Ciclo de Vida é um processo de análise e avaliação ambiental que é cada vez mais utilizado para identificar os impactes de um determinado produto ou serviço, bem como outros métodos de Contabilidade Ambiental que utilizam o conceito de Energia.

Todas as metodologias e indicadores ambientais apontam no sentido de se utilizar materiais naturais, com baixa energia incorporada, não poluentes em termos de emissões ou resíduos, susceptíveis de serem reutilizados ou reciclados, designados de *Renewable Materials*. Estes materiais - madeira, cortiça, linho, cânhamo, entre outros - são na sua grande maioria de origem vegetal, provenientes de florestas ou de culturas rotativas para fins não-alimentares, tendencialmente abundantes e geradores de riqueza local.

Um dos materiais mais utilizados é a madeira, para fins estruturais ou de isolamento, mas existem críticas fundamentadas relativamente à necessária gestão sustentável das florestas e à distância de transporte. No entanto, a celulose para fins de isolamento térmico e acústico pode ser obtida a partir de culturas, como p.e., do cânhamo. Esta planta foi largamente utilizada em toda a Europa, inclusivé Portugal, estando ligada aos Descobrimentos, quer pela cordoaria, quer pelos tecidos das velas que equipavam as naus, e está na origem de novas aplicações ligadas à construção, sob a forma de painéis, blocos, módulos pré-fabricados, betão leve ou reboco, para aplicação em paredes exteriores, coberturas e soleiras. Em qualquer caso, distingue-se pelas suas excelentes características térmicas, acústicas e de regulação do teor de humidade.

Uma característica comum a todos estes materiais é o de actuarem como “sequestradores de carbono”, tornando-se aliados na mitigação dos efeitos das alterações climáticas antropogénicas, ao contrário dos produtos convencionais.

Existe uma grande compatibilidade entre a madeira e os produtos de base de cânhamo. O preenchimento do madeiramento estrutural com parede *in situ* de Betão Leve de Cânhamo (*Hemp Lime*), tendo a fibra de cânhamo como agregado e a cal hidráulica como ligante, é uma excelente solução construtiva a adoptar, quer na construção de edifícios novos quer na reabilitação de edifícios antigos, inclusive históricos.

A avaliação ambiental do cânhamo aplicado à construção foi efectuada por uma ACV sob a égide do Ministério de Agricultura e Pescas francês, que identificou as vantagens em comparação com produtos de origem não renovável. O facto de actualmente existir uma tendência crescente para os mercados mais desenvolvidos exigirem rotulagem ambiental, posiciona na linha da frente os Materiais Renováveis para a obtenção de Declarações Ambientais de Produto, permitindo tornarem-se mais divulgados a médio prazo e preferidos pelos projectistas, construtores e utentes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- THE EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of European Union*. 2010. L 153/13-35.
- Low energy buildings in Europe : current state of play, definitions and best practice [on line]. Apresenta desenvolvimentos sobre edifícios de baixa Energia. [2011-09-15]. Disponível na Internet em: <[http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/buildings/info\\_note.pdf](http://ec.europa.eu/energy/efficiency/doc/buildings/info_note.pdf)>
- TORGAL, F. Pacheco, JALALI, Said. *A sustentabilidade dos materiais de construção*. Vila Verde, TecMinho, 2010.
- DYE, Anne, McEVOY, Mike. *Environmental construction handbook*. London, RIBA Publishing, 2008.
- KÖNIG, Holger, *et al.* *A life cycle approach to buildings*. Munich, DETAIL Green Books, 2010.
- BURANAKARN, Vorasun. *Evaluation of recycling and reuse of building materials using the emergy analysis method*. A Dissertation presented to the Graduate School of the University of Florida in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy. University of Florida, 1998.
- ORTEGA, Enrique. *Ecologia de sistemas* [em linha]. Unicamp, [referência de 16-08-2011]. Disponível na Internet em: <<http://www.unicamp.br/fea/ortega/ecologia/desafio-9.htm>>
- CARVALHO, J.G.A., BONILLA, S.H., ALMEIDA, C.M.V.B. Key elements for a sustainable world: energy, water and climate change. In 2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION. *Contabilidade ambiental em emergia da construção de uma casa residencial*. São Paulo, 2009.
- MATEUS, Ricardo, BRAGANÇA, Luís. *Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção*. Porto, Edições Ecopy, 2006.
- FERNANDES, Aníbal, SCHMIDBERGER, Vera. Novas regras obrigam a mudar projecto e construção de edifícios em Portugal. *Público*. 17 Julho 2006, p.37.
- PINADOS SANTOS, Carlos. Edifícios sustentáveis e de energia quase zero. *Construção Magazine*. 2011, n. 44, p.48-49.
- HAWTHORN ENVIRONMENTAL SERVICES LTD. *An investigation of the potential to scale up the use of renewable construction materials in the UK, with a view to setting targets to raise the profile of materials and stimulate sector growth*. Berkshire, National Non-Food Crops Centre, 2009.
- BEVAN, Rachel, WOOLLEY, Tom. *Hemp Lime Construction : a guide to building with hemp lime composites*. Bracknell, IHS BRE Press, 2008.
- CANADA WOOD UK. A carbon footprint of four Canadian wood products delivered to the UK. Hampshire, CANADA WOOD UK, 2011.
- CANADA WOOD COUNCIL. Sustainability and Life Cycle Analysis for Residential Buildings. *International Building series*. [2005?], n. 4, p.4.
- REPÚBLIQUE FRANÇAISE. MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE. *Etude des caracteristiques environnementales du chanvre par l'analyse de son cycle de vie*. Paris, Ministere de l'Agriculture et de la Peche, 2006.