

**CONSTRUÇÃO Q+**

# WORKSHOPS TRANSIÇÃO CLIMÁTICA

## DESEMPENHO AMBIENTAL DE MATERIAIS E CICLO DE VIDA DOS EDIFÍCIOS

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**eco**

COMPETE 2030 Portugal 2030 Cofinanciado pela União Europeia

1

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**eco**

### ÍNDICE

1. Contextualização sobre os impactes ambientais do sector da construção
2. Indicadores de desempenho ambiental e normalização
3. Rotulagem ambiental de produtos de construção
4. Os materiais locais e os materiais naturais vs materiais industriais

2





1

# Contextualização sobre os impactes ambientais do sector da construção

3





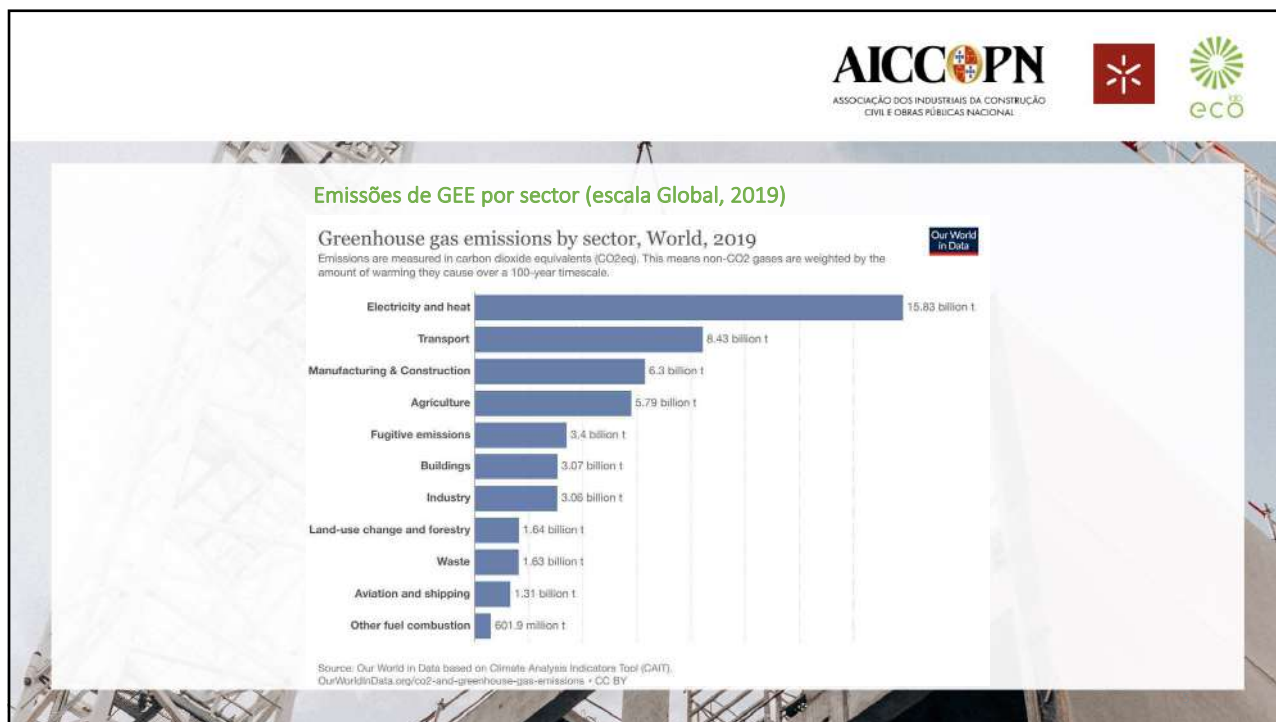
Emissões de Gases de Efeito de Estufa por sector (escala Global, 2019)



Sector	Percentage
Energy	73.2%
Agriculture, Forestry & Land Use	18.4%
Industry	5.2%
Waste	2.2%
Landfill	1.6%
Chemicals	2.2%
Cement	1.1%
Energy in Agriculture & Fishing	0.1%
Fugitive emissions from energy production	0.3%
Unincorporated fossil combustion	0.1%
Energy use in buildings	17.5%
Commercial buildings	10.9%
Residential buildings	6.6%
Transport	16.2%
Road Transport	11.9%
Aviation	1.9%
Shipping	2.4%
Other industry	10.6%
Energy use in Industry	24.28%
Iron and steel	7.2%
Non-ferrous metals	1.6%
Chemicals & other products	1.6%
Textile & leather	0.8%
Food & beverage	0.8%
Other	0.8%

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.  
 Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).  
 Licensed under CC BY by the author Hannah Ritchie (2020).

4



5



6

**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

### Recursos necessários para construir e operar edifícios



**Materiais**      **Energia**      **Água**

7

**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

### Impactes do sector da construção



**uso de energia**      **CO<sub>2</sub>**      **matérias-primas**

■ Parque edificado ■ Outros      ■ Sector construção ■ Outros      ■ Sector construção ■ Outros

Fonte: Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)

8

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

   
eco

Impactes do sector da construção

**33%**  
dos resíduos globais  
são RCDs  
(Resíduos de Construção e Demolição)



9

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

   
eco

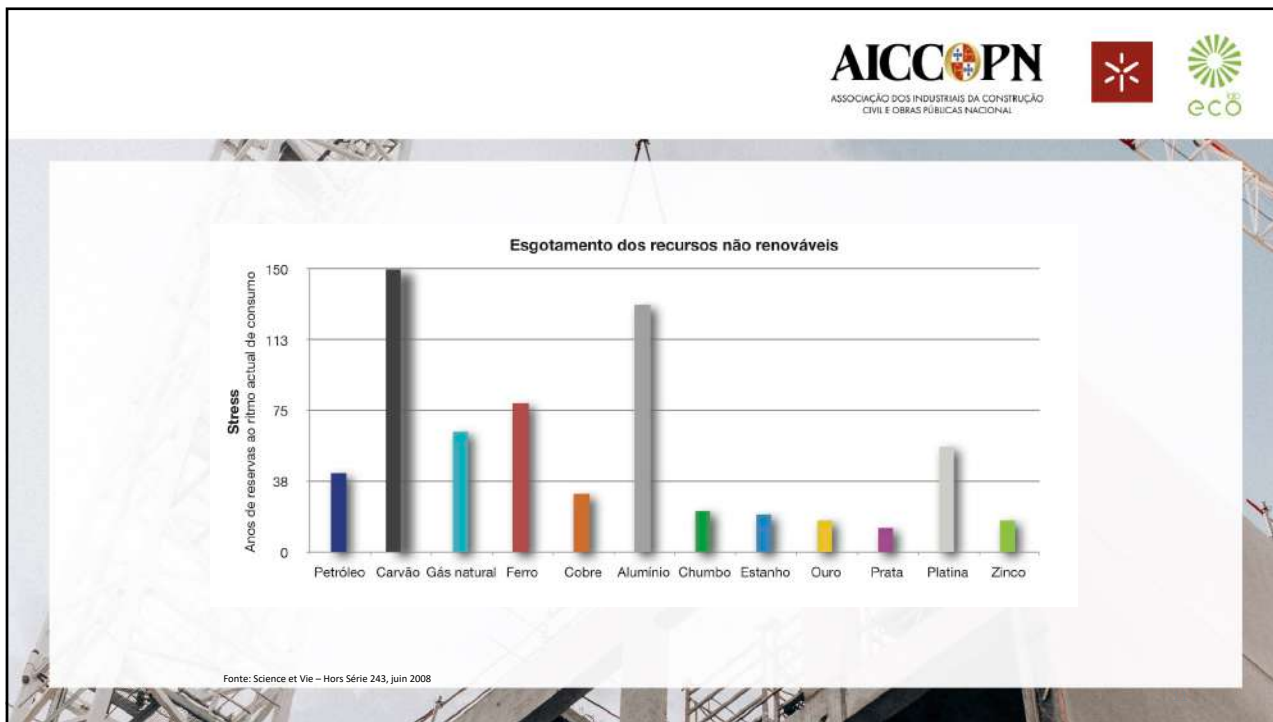
extração   transporte   produção   transporte   construção & uso   fim-de-vida



sistema linear



10



11

**(H)Oily Spirit**  
Oil Industry Chapel, Aberdeen, Scotland

**ApoCoalypse**  
Global coal demand hit all-time high in 2024 (source: IEA)

**A procura global de carvão atingiu alta histórica em 2021, 2022, 2023, 2024 ... mas é expectável que estagne a partir de 2027.**

**A energia produzida a partir da queima do carvão atingiu alta histórica em 2021, 2022, 2023, 2024 ... e depois irá estagnar.**




12



13



14




## Sustentabilidade da Construção

A **Construção Sustentável** resulta da aplicação dos princípios do **Desenvolvimento Sustentável** ao ciclo global da construção, desde a extracção e beneficiação das matérias primas, passando pelo planeamento, projecto e construção de edifícios e infraestruturas, até à sua desconstrução final e gestão dos resíduos dela resultantes.

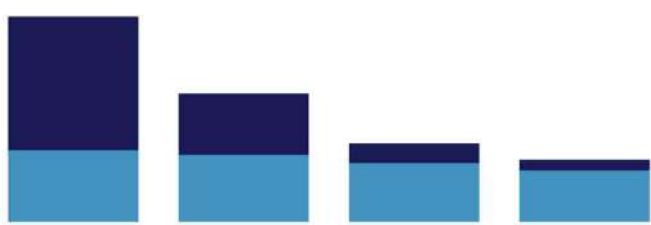
É um **processo holístico** que visa restaurar e manter a harmonia entre o ambiente natural e o ambiente construído, criando, ao mesmo tempo, aglomerados humanos que reforcem a dignidade humana e encoragem a equidade económica.

Chrisna du Plessis – Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries

15

## Energia Operacional e Energia Incorporada no ciclo de vida dos edifícios




**Over time, the operational energy decarbonizes**


● Operational carbon (energy)     ● Embodied carbon (materials)

Source: World Business Council for Sustainable Development (2021), Decarbonizing Construction - Guidance for Investors and Developers to Reduce Embodied Carbon

16







# EPBD

Energy Performance of Buildings Directive

Na **reformulação da diretiva** são mencionadas alterações relevantes, nomeadamente, que o **Certificado de desempenho Energético** passará a incluir, entre outras:

- Indicação da realização de um **cálculo do potencial de aquecimento global do edifício**;
- **Valor do potencial de aquecimento global do ciclo de vida** (se disponível);
- Informações sobre as remoções de carbono associadas ao **armazenamento temporário de carbono** no edifício

Fonte: Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação)

17







# EPBD

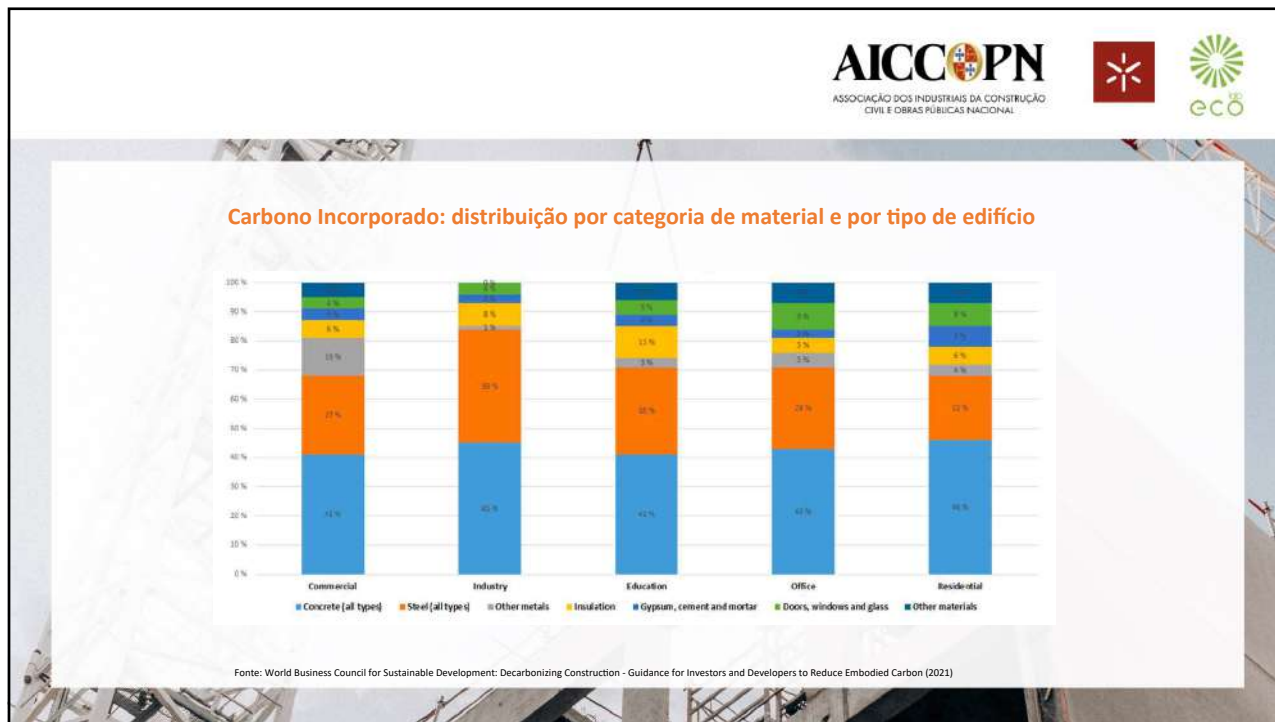
Energy Performance of Buildings Directive

**Cálculo do potencial de aquecimento global (PAG) do ciclo de vida de edifícios novos**

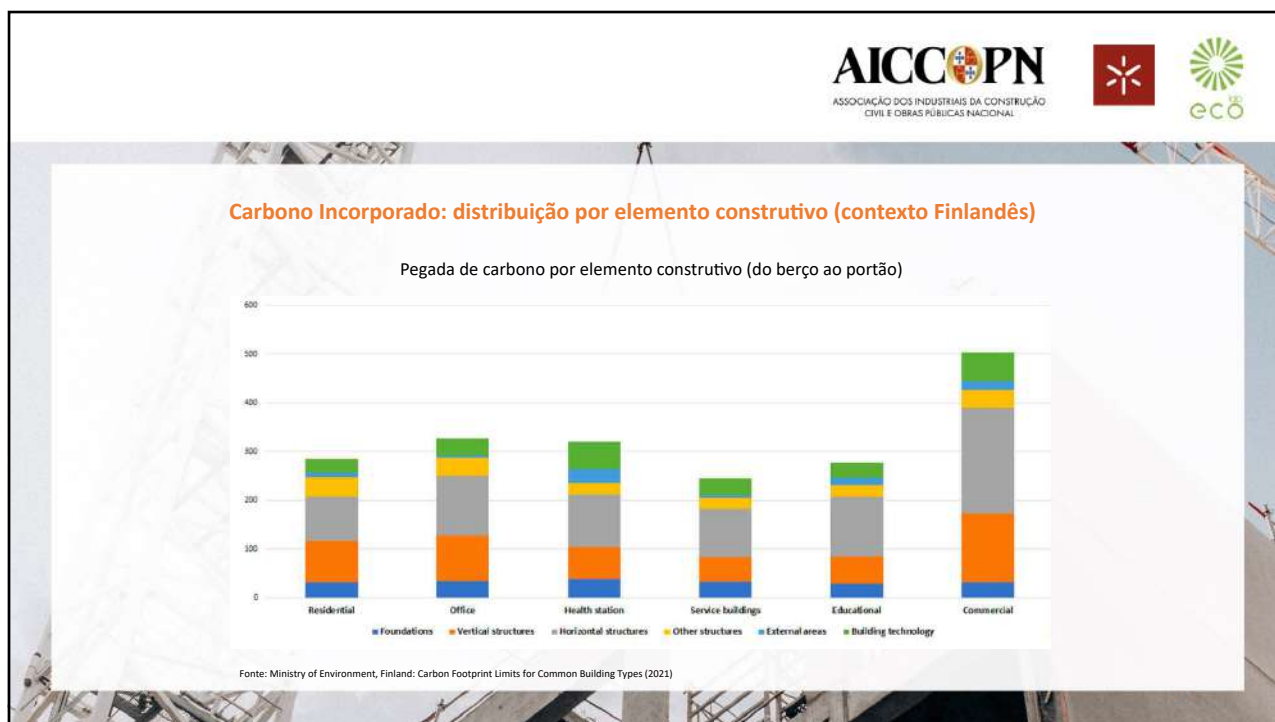
*“No cálculo do potencial de aquecimento global (PAG) do ciclo de vida de edifícios novos, realizado nos termos do artigo 7.o, n.o 2, o PAG é comunicado como um indicador numérico para cada fase do ciclo de vida, expresso em kg CO<sub>2</sub>(e)/m<sup>2</sup> (de área útil), calculado como média anual de um período de estudo de referência de 50 anos. A seleção dos dados, a definição de cenários e os cálculos devem ser efetuados em conformidade com a família de normas EN 15978 (EN 15978:2011: Sustainability of construction works — Assessment of environmental performance of buildings — Calculation method [não traduzida para português]). O âmbito dos elementos construtivos do edifício e do equipamento técnico é o definido no quadro comum da UE para os edifícios sustentáveis — quadro Level(s) — no respeitante ao indicador 1.2. Caso esteja disponível uma ferramenta de cálculo nacional, ou esta seja necessária para a divulgação de informações ou para a obtenção de licenças de construção, essa ferramenta pode ser utilizada para divulgar as informações exigidas. Podem ser utilizadas outras ferramentas de cálculo que cumpram os critérios mínimos estabelecidos pelo quadro Level(s) da UE. Se disponíveis, devem ser utilizados dados relativos a produtos de construção específicos, calculados em conformidade com o [Regulamento Produtos de Construção revisto].”*

Fonte: Anexo III - Proposta de Diretiva do Parlamento Europeu e do Conselho relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação) ([https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c51fe6d1-5da2-211ec-9c6c-01aa75ed71a1.0017.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:c51fe6d1-5da2-211ec-9c6c-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_2&format=PDF))

18



19



20



21

## Emissões Incorporadas vs. Operacionais

*Ciclo de vida dos edifícios da União Europeia*

Embora as emissões operacionais tenham historicamente recebido maior atenção, abordar as emissões incorporadas é crucial para alcançar a neutralidade carbónica ao longo de todo o ciclo de vida.

Analysis of Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of EU Buildings and Construction: Analysis of results and implications — European Commission

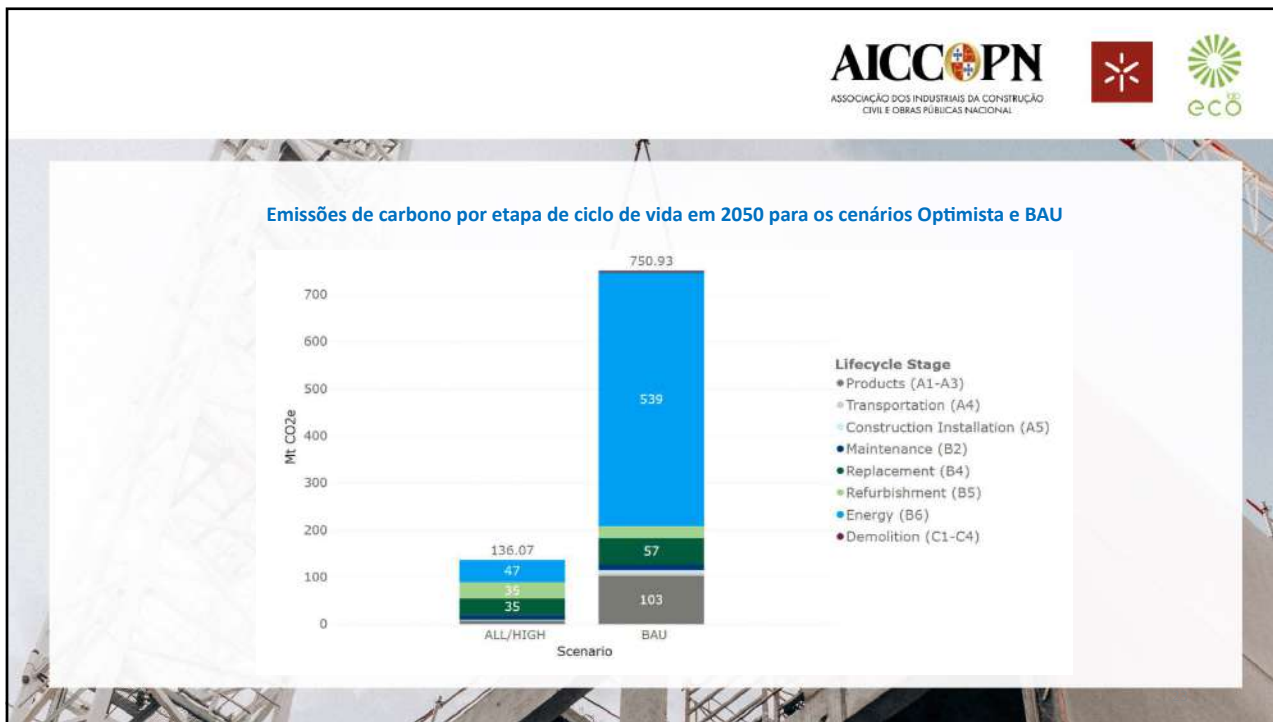
**25%** das emissões do ciclo de vida no parque edificado da UE são emissões incorporadas iniciais, provenientes de materiais utilizados em nova construção

**30–60%** das emissões totais em edifícios com elevada eficiência energética podem ser imputadas às incorporadas em materiais

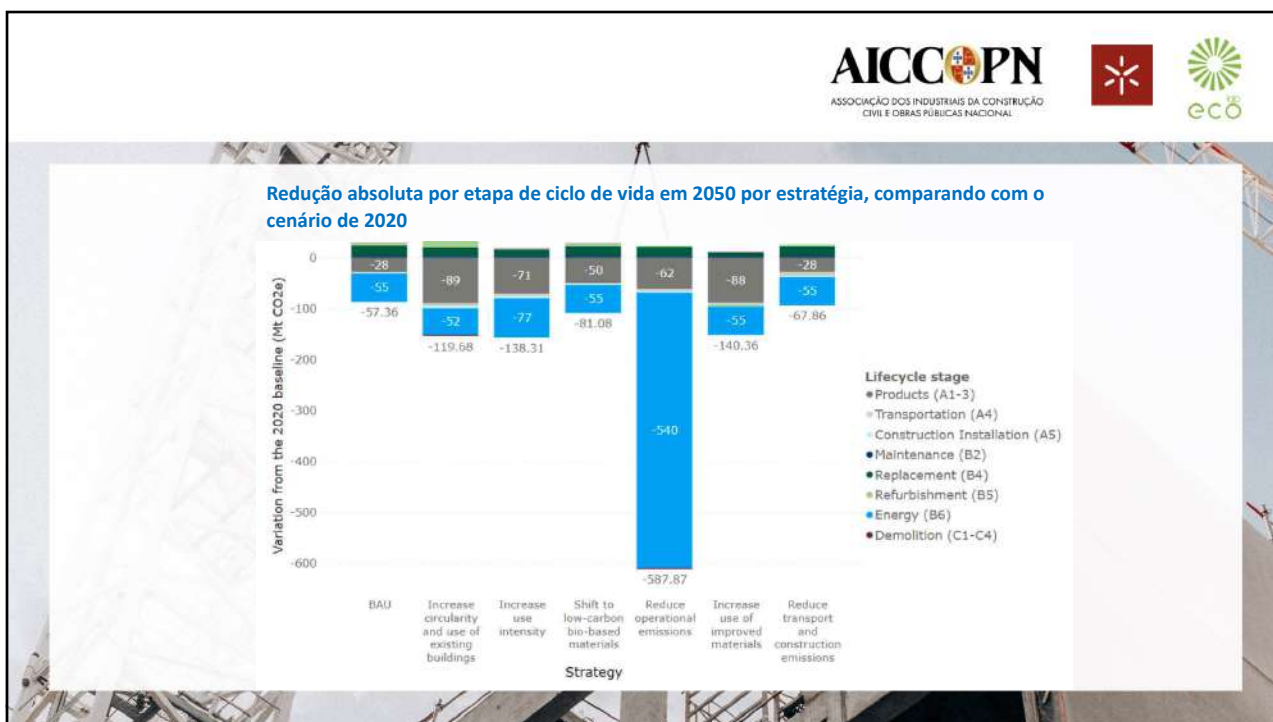
**Para alcançar a neutralidade climática**

é necessário reduzir as emissões associadas aos materiais de construção — não apenas as emissões operacionais dos edifícios.

22



23



24





## Estratégias Prioritárias por País

*Quando as emissões operacionais são baixas, outras medidas tornam-se mais relevantes*

<p><b>Portugal e Dinamarca</b></p> <p>emissões operacionais ≈ pouco mais de metade do total</p>	<p><b>Suécia</b></p> <p>emissões operacionais ainda mais baixas</p>	<p><b>Potencial de redução via medidas operacionais é limitado</b></p>
---	---	--

**Maior Intensidade de Utilização**

Aproveitar melhor os edifícios existentes antes de construir novos.

**Maior Circularidade**

Reutilizar materiais e aumentar os ciclos de vida dos componentes.

**Melhor Uso do Parque Edificado**




Reabilitar e otimizar o uso dos edifícios já existentes.

**Materiais de Baixo Carbono**

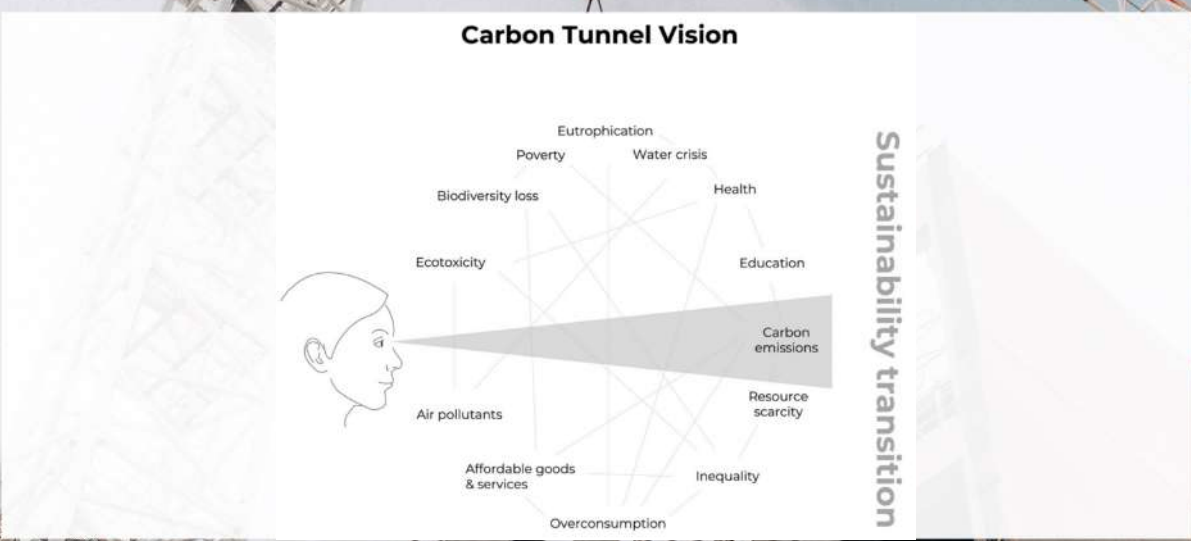
Privilegiar materiais de base biológica com baixo teor de carbono.

*Analysis of Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of EU Buildings and Construction: Analysis of results and implications — European Commission*

25

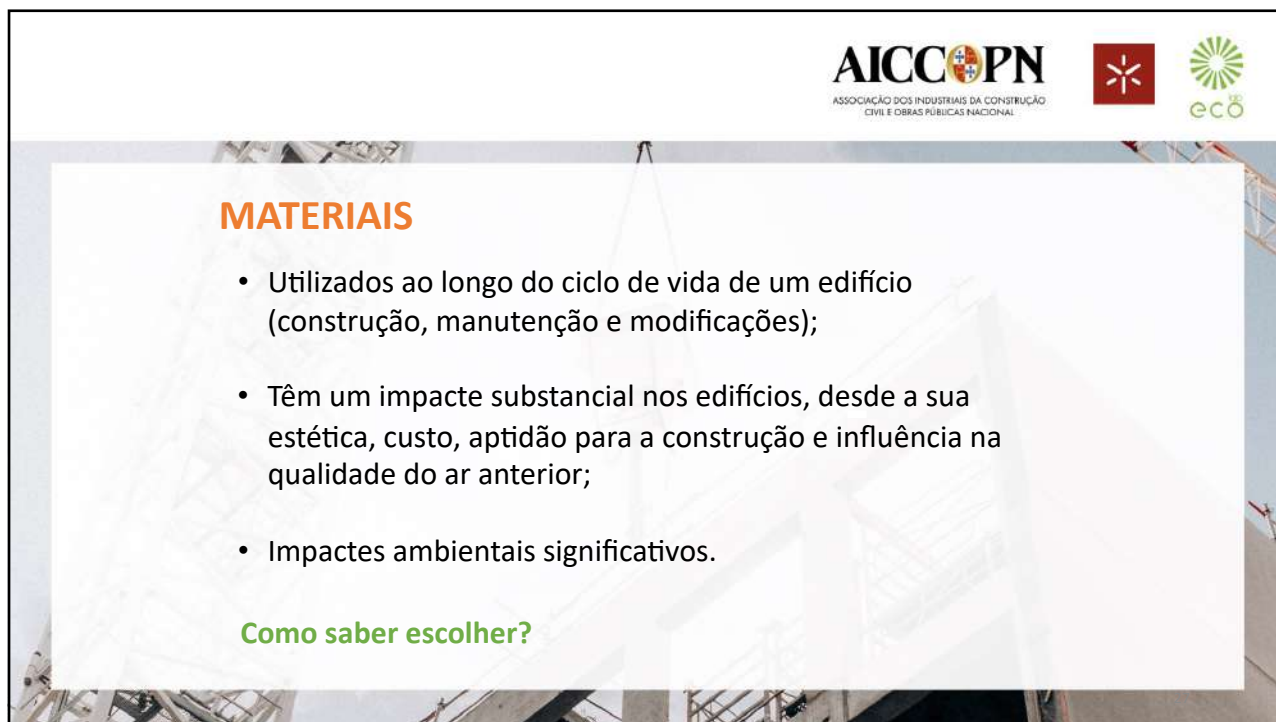




## Carbon Tunnel Vision





Sustainability transition

26



**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAIS




**MATERIAIS**


- Utilizados ao longo do ciclo de vida de um edifício (construção, manutenção e modificações);
- Têm um impacto substancial nos edifícios, desde a sua estética, custo, aptidão para a construção e influência na qualidade do ar interior;
- Impactes ambientais significativos.

**Como saber escolher?**

27



**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAIS



**2**

**Indicadores de desempenho ambiental e normalização**

28



29



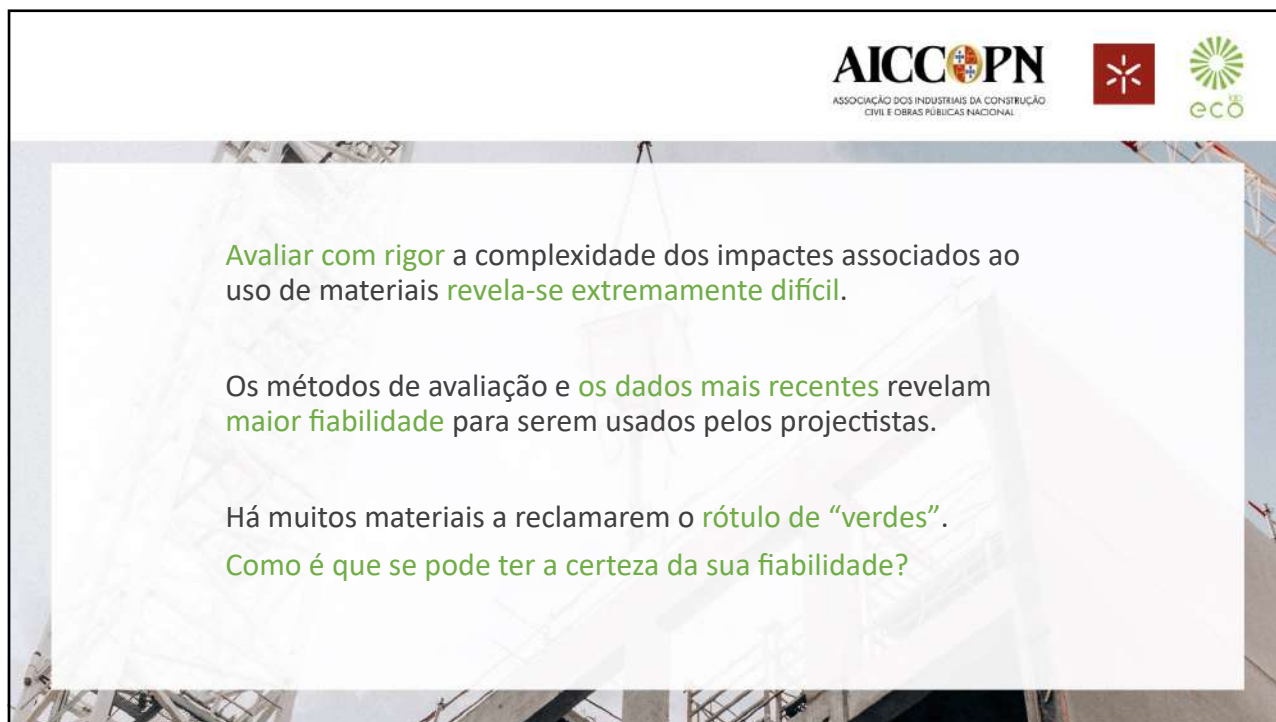
30



31



32



**Avaliar com rigor** a complexidade dos impactes associados ao uso de materiais **revela-se extremamente difícil**.

Os métodos de avaliação e **os dados mais recentes** revelam **maior fiabilidade** para serem usados pelos projectistas.

Há muitos materiais a reclamarem o rótulo de “verdes”.  
**Como é que se pode ter a certeza da sua fiabilidade?**

33



**Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)**

**O que é o ACV?**

É reconhecido internacionalmente como um modelo para a avaliação dos impactes ambientais de um produto, sistema ou serviço durante a totalidade do seu ciclo de vida.




É um modelo de uma **realidade complexa**:

- Permite avaliar os **impactes ambientais**;
- Permite avaliar as **consequências desses impactes** na saúde humana, ecossistemas, disponibilidade de recursos, etc.

Como todos os modelos, corresponde a uma **simplificação da realidade**:

- Simplificar significa distorcer a realidade;
- Requisito fundamental: minimizar a distorção.

34

### Normalização do ACV

A abordagem encontra-se **normalizada a nível internacional**.

A normalização é da responsabilidade da Organização Internacional de Normalização (ISO), e encontra-se publicada nas normas da série **ISO 14000**.

<b>Normas ISO 14040</b> Avaliação de Ciclo de Vida	Avaliar os impactos ambientais de produtos, processos ou serviços	<b>ISO 14063</b> Comunicação ambiental	Comunicação do desempenho ambiental
<b>ISO 14062</b> Projectar para o ambiente	Melhoria do desempenho Ambiental de produtos	<b>Normas ISO 14030</b> Aval. do desempenho ambiental	Descrição do desempenho ambiental de organizações
<b>Normas ISO 14020</b> Rótulos e declarações ambientais	Informação acerca de aspectos ambientais de produtos	<b>ISO 19011</b> Auditorias ao EMS	Informação acerca do desempenho do sistema de gestão ambiental

35





### Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)

Métodos de avaliação preconizados nas normas aplicáveis e que permitem garantir uma maior equidade na comparação de diferentes soluções.

No caso dos materiais de construção, aplica-se a norma **EN15804 - Sustainability of Construction Works e Environmental Product Declarations e Core Rules for the Product Category of Construction Products**

Esta norma define as Regras para a Categoria de Produto e é a base das Declarações Ambientais de Produto.

RCPs disponíveis em Portugal: [https://daphabitat.pt/pt\\_PT/rcp/rcp-disponiveis/](https://daphabitat.pt/pt_PT/rcp/rcp-disponiveis/)

36





### Avaliação de Ciclo de Vida (ACV)




#### Fronteiras do Sistema

- Do berço ao portão
- Do berço ao portão com opções
- Do berço ao túmulo
- Do berço ao berço






Fonteiras do sistema em ACV. Fonte: retyre.eco

37

Módulo	Estágios do Ciclo de Vida
A1 – A3 Etapa de Produto	A1) Extração e processamento de matérias-primas A2) Transporte A3) Produção
A4 – A5 Etapa de Construção	A4) Transporte A5) Processo de Construção e Instalação
B Etapa de Utilização	B1) Utilização B2) Manutenção B3) Reparação B4) Substituição B5) Reabilitação B6) Consumo de energia (operação) B7) Consumo de água (operação)
C Etapa de Fim de Vida	C1) Desconstrução e Demolição C2) Transporte dos produtos C3) Processamento dos resíduos C4) Eliminação dos resíduos
D Benefícios e Cargas ambientais para além da Fronteira do Sistema	D) Potencial de Reutilização, Reciclagem e Valorização




38

Módulo	Estágios do Ciclo de Vida
A1 – A3 Etapa de Produto	A1) Extração e processamento de matérias-primas
	A2) Transporte
	A3) Produção
A4 – A5 Etapa de Construção	A4) Transporte
	A5) Processo de Construção e Instalação
B Etapa de Utilização	B1) Utilização
	B2) Manutenção
	B3) Reparação
	B4) Substituição
	B5) Reabilitação
	B6) Consumo de energia (operação)
	B7) Consumo de água (operação)
C Etapa de Fim de Vida	C1) Desconstrução e Demolição
	C2) Transporte dos produtos
	C3) Processamento dos resíduos
	C4) Eliminação dos resíduos
D Benefícios e Cargas ambientais para além da Fronteira do Sistema	D) Potencial de Reutilização, Reciclagem e Valorização

do berço ao portão




39

Módulo	Estágios do Ciclo de Vida
A1 – A3 Etapa de Produto	A1) Extração e processamento de matérias-primas
	A2) Transporte
	A3) Produção
A4 – A5 Etapa de Construção	A4) Transporte
	A5) Processo de Construção e Instalação
B Etapa de Utilização	B1) Utilização
	B2) Manutenção
	B3) Reparação
	B4) Substituição
	B5) Reabilitação
	B6) Consumo de energia (operação)
	B7) Consumo de água (operação)
C Etapa de Fim de Vida	C1) Desconstrução e Demolição
	C2) Transporte dos produtos
	C3) Processamento dos resíduos
	C4) Eliminação dos resíduos
D Benefícios e Cargas ambientais para além da Fronteira do Sistema	D) Potencial de Reutilização, Reciclagem e Valorização




do berço ao túmulo

40




Módulo	Estágios do Ciclo de Vida	
A1 – A3 Etapa de Produto	A1) Extração e processamento de matérias-primas	do berço ao portão
	A2) Transporte	
	A3) Produção	
A4 – A5 Etapa de Construção	A4) Transporte	
	A5) Processo de Construção e Instalação	
B Etapa de Utilização	B1) Utilização	
	B2) Manutenção	
	B3) Reparação	
	B4) Substituição	
	B5) Reabilitação	
	B6) Consumo de energia (operação)	
	B7) Consumo de água (operação)	
C Etapa de Fim de Vida	C1) Desconstrução e Demolição	do berço ao túmulo
	C2) Transporte dos produtos	
	C3) Processamento dos resíduos	
	C4) Eliminação dos resíduos	
D Benefícios e Cargas ambientais para além da Fronteira do Sistema	D) Potencial de Reutilização, Reciclagem e Valorização	do berço ao berço

41

Módulo	Estágios do Ciclo de Vida	
A1 – A3 Etapa de Produto	A1) Extração e processamento de matérias-primas	Obrigatório
	A2) Transporte	
	A3) Produção	
A4 – A5 Etapa de Construção	A4) Transporte	
	A5) Processo de Construção e Instalação	
B Etapa de Utilização	B1) Utilização	
	B2) Manutenção	
	B3) Reparação	
	B4) Substituição	
	B5) Reabilitação	
	B6) Consumo de energia (operação)	
	B7) Consumo de água (operação)	
C Etapa de Fim de Vida	C1) Desconstrução e Demolição	
	C2) Transporte dos produtos	
	C3) Processamento dos resíduos	
	C4) Eliminação dos resíduos	
D Benefícios e Cargas ambientais para além da Fronteira do Sistema	D) Potencial de Reutilização, Reciclagem e Valorização	

42








Parâmetros (exemplos)

**Utilização de recursos**

Parâmetro	Unidade do parâmetro expressa por unidade funcional/declarada
Utilização de energia primária renovável (excluindo recursos de energia primária renováveis utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização dos recursos de energia primária renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização total dos recursos de energia primária renováveis (energia primária e recursos de energia primária utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização de energia primária não renovável (excluindo recursos de energia primária não renovável utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização dos recursos de energia primária não renováveis utilizados como matérias-primas	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização total dos recursos de energia primária não renováveis (energia primária e recursos de energia primária utilizados como matérias-primas)	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização de material secundário	kg
Utilização de combustíveis secundários renováveis	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização de combustíveis secundários não renováveis	MJ, poder calorífico inferior (PCI)
Utilização do valor líquido de água doce	m <sup>3</sup>

43

Parâmetros (exemplos)




**Resíduos e fluxos de saída**

Parâmetro	Unidade do parâmetro expressa por unidade funcional/declarada
Resíduos perigosos eliminados	kg
Resíduos não perigosos eliminados	kg
Resíduos radioativos eliminados	kg

Parâmetro	Unidade do parâmetro expressa por unidade funcional/declarada
Componentes para reutilização	kg
Materiais para reciclagem	kg
Materiais para recuperação de energia	kg
Energia exportada	MJ, por vetor energético

44

**Parâmetros (exemplos)**

**Transporte**

Parâmetro	Unidade do parâmetro expressa por unidade funcional/declarada
Tipo de veículo utilizado (de acordo com a Diretiva Europeia 2007/37/EC)	Não aplicável
Tipo de combustível	
Consumo de combustível	l/ km (litro de combustível por distância)
distância percorrida	km
capacidade de utilização (ida e volta)	% (carga útil)
carga transportada	kg
Volume transportado	m <sup>3</sup>
Densidade de carga	kg/m <sup>3</sup>

45





**Parâmetros (exemplos)**

**Fim de Vida**

Parâmetro	Unidade do parâmetro expressa por unidade funcional/declarada
Processos de recolha especificados por tipo	kg material recolhido separadamente
	kg material recolhido no mix dos resíduos de construção
Processo de recuperação especificado por tipo	kg para reutilização
	kg para reciclagem
	kg para valorização energética
Destino final especificado por tipo	Kg de produto ou material para deposição final

46




Exemplo de processos a considerar na avaliação de desempenho ambiental ao longo da vida útil de um material



### PAREDE DE TIJOLO

- Extração e transporte da argila para a unidade de produção
- Manufatura e transporte de materiais auxiliares
- Extração e distribuição do gás natural para os fornos dos tijolos
- Extração e transportes do combustíveis para a geração de electricidade utilizada na fábrica
- Produção e transporte das matérias-primas para o embalamento
- Manufatura e transporte dos materiais de embalamento para o tijolo
- Manufatura do tijolo na unidade de produção
- Transporte dos tijolos para o local de construção
- Extração da areia e produção do cimento para as argamassas
- Construção da parede de tijolo
- Manutenção da parede, como pintar e re-pintar
- Demolição da parede
- Destino dos materiais na cadeia de resíduos



Fonte: The Green Guide to Specification


47

### Inventário de Ciclo de Vida (Life-cycle Inventory - LCI)

Tem como objectivo identificar todas as entradas e saídas da árvore de processos.

	INPUTS	START PROCESSES	OUTPUTS
Prestes	A1 Fuel	New materials supply (soil extraction)	Organic soil and rocks, Emissions to air
	A4 Transport	Transport of materials and equipment	Emissions to air
Contribuição	Soil, Lime, Fuel	Forming	Lime packaging waste, Emissions to air
	Soil, Lime, Water, Fuel	Mixing	Lime packaging waste, Emissions to air
	Fuel	Filling the formwork	Steel material waste, Emissions to air
	Fuel	Striking	Emissions to air
Ene	Fuel	Formwork dismantling	Emissions to air
	Lime, Water	Washing and drying equipment	Lime packaging waste
C1	Fuel	Demolition	Emissions to air
	Electricity	Metal recycling	Waste metal
Ene	Electricity	Manufacturing	Emissions to air
	Electricity	Recycling	Waste metal



Resultados do LCI

Matéria-prima  
Uso do solo  
CO2  
NH3  
P  
SOx  
NOx  
CFC  
Cd  
PAH  
Dioxinas  
DDT  
...

Fonte: Fernandes, J. et al (2019). Life cycle analysis of environmental impacts of earthen materials in the Portuguese context: Rammed earth and compressed earth blocks. J. Clean. Prod. 241. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118286> <http://www.reyer.pt/publicacoes/>

48





### Avaliação dos Impactes de Ciclo de Vida (Life-cycle Impact Assessment – LCIA)

As entradas e saídas do sistema estão associadas a impactes ambientais.

Resultados do LCI

Matéria-prima

Uso do solo

CO<sub>2</sub>

NH<sub>3</sub>

P

SO<sub>x</sub>

NO<sub>x</sub>

CFC

Xileno

Tolueno

Buteno

Furano

...

Esgotamento das reservas

Utilização do solo

Alterações climáticas




Acidificação

Eutrofização

Destruição da camada de ozono estratosférico

Oxidação Fotoquímica - Smog

49

### Categorias de impacte consideradas na ACV de produtos de construção

Categoria de impacte	Parâmetro	Parâmetro unitário expresso por unidade funcional/declarada
Aquecimento global	Potencial de aquecimento global (GWP)	kg dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ) equiv.
Depleção da camada de ozono	Potencial de depleção da camada do ozono estratosférica (ODP)	kg triclorofluorometano (CFC-11) equiv.
Acidificação	Potencial de acidificação do solo e da água (AP)	kg dióxido de enxofre (SO <sub>2</sub> ) equiv.
Eutrofização	Potencial de eutrofização (EP)	kg fosfato (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) equiv.
Oxidação fotoquímica	Potencial de formação do ozono troposférico (POCP)	kg eteno (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> ) equiv.
Depleção dos recursos abióticos (elementos)	Potencial de depleção para os recursos abióticos não fósseis (ADP-elementos)	kg antimónio (Sb) equiv.
Depleção dos recursos abióticos (combustíveis fósseis)	Potencial de depleção para os recursos abióticos fósseis (ADP-combustíveis fósseis)	MJ poder calorífico inferior (PCI)

50







**Categorias de impacto**

**Potencial de Aquecimento Global (Global Warming Potential – GWP)**

As alterações climáticas podem resultar em efeitos adversos para a saúde humana, preservação dos ecossistemas e desempenho dos materiais. Esta categoria está relacionada com a emissão de gases de efeito de estufa para a atmosfera e expressa-se em Potencial de Aquecimento Global para um horizonte de tempo de 100 anos (GWP100), em quilogramas equivalentes de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) por kg de emissão libertada para a atmosfera. Este indicador tem repercussões à escala global e está relacionado não apenas com as propriedades radioactivas das emissões, mas também com a escala de tempo que caracteriza a remoção da substância na atmosfera.

**Potencial de Aquecimento Global - Total (GWP-total)**

O potencial de aquecimento global total é a soma de três subcategorias de alterações climáticas sendo estas as seguintes:

51







**Categorias de impacto**

**Potencial de Aquecimento Global de origem Fóssil (GWP-fóssil)**

Este indicador contabiliza o PAG proveniente das emissões e remoções de gases com efeito de estufa (GEE) para qualquer meio, originadas pela oxidação ou redução de combustíveis fósseis ou materiais que contenham carbono fóssil, através da sua transformação ou degradação (por exemplo: combustão, incineração, deposição em aterro, etc.). Este indicador inclui também o PAG proveniente de emissões de GEE, como por exemplo de turfa e calcinação, bem como remoções de GEE, como por exemplo da carbonatação de materiais à base de cimento e cal.

**Potencial de Aquecimento Global de origem Biogénica (GWP-biogénico)**

Este indicador contabiliza o PAG associado à remoção de CO<sub>2</sub> para a biomassa, a partir de todas as fontes, exceto florestas nativas, sendo considerado como a transferência de carbono, sequestrado por biomassa viva, da natureza para o sistema de produto declarado como PAG-biogénico. Este indicador inclui também o PAG resultante da transferência de qualquer carbono biogénico de sistemas de produto anteriores para o sistema de produto em estudo. Este indicador inclui também as emissões biogénicas para a atmosfera provenientes de biomassa de todas as fontes, exceto florestas nativas, resultantes de oxidação ou degradação (por exemplo: combustão, deposição de resíduos sólidos).

52



**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAIS



**Categorias de impacto**

**Potencial de aquecimento global associado ao uso e à mudança de uso do solo (GWP-luluc)**

Este indicador contabiliza as emissões e remoções de GEE (CO<sub>2</sub>, CO e CH<sub>4</sub>) provenientes de alterações nos stocks de carbono definidos, causadas pelo uso do solo e pelas mudanças no uso do solo associadas à unidade funcional/declarada. Inclui trocas de carbono biogénico resultantes, por exemplo, de desflorestação ou outras atividades do solo (incluindo emissões de carbono do solo). A absorção de CO<sub>2</sub> associada ao conteúdo de carbono da biomassa que entra no sistema de produto proveniente de florestas nativas é considerada nula.

53



**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAIS



**Categorias de impacto**


**Potencial de destruição da camada de ozono (ODP)**

Com a destruição da camada de ozono estratosférico aumenta a quantidade de radiação de UV-V que atinge a superfície terrestre. Esta situação pode apresentar efeitos negativos na saúde humana, saúde dos animais, equilíbrio dos ecossistemas terrestres, aquáticos e ciclos bioquímicos, e na durabilidade e desempenho dos materiais. O modelo de caracterização utilizada foi desenvolvido pela Organização Mundial de Meteorologia (WMO), que definiu o potencial de destruição de ozono de diferentes gases em quilogramas equivalentes de triclórofluormetano (CFC-11) por quilograma de emissão. O âmbito geográfico deste indicador é a escala global. A escala de tempo dos efeitos é infinita.

54





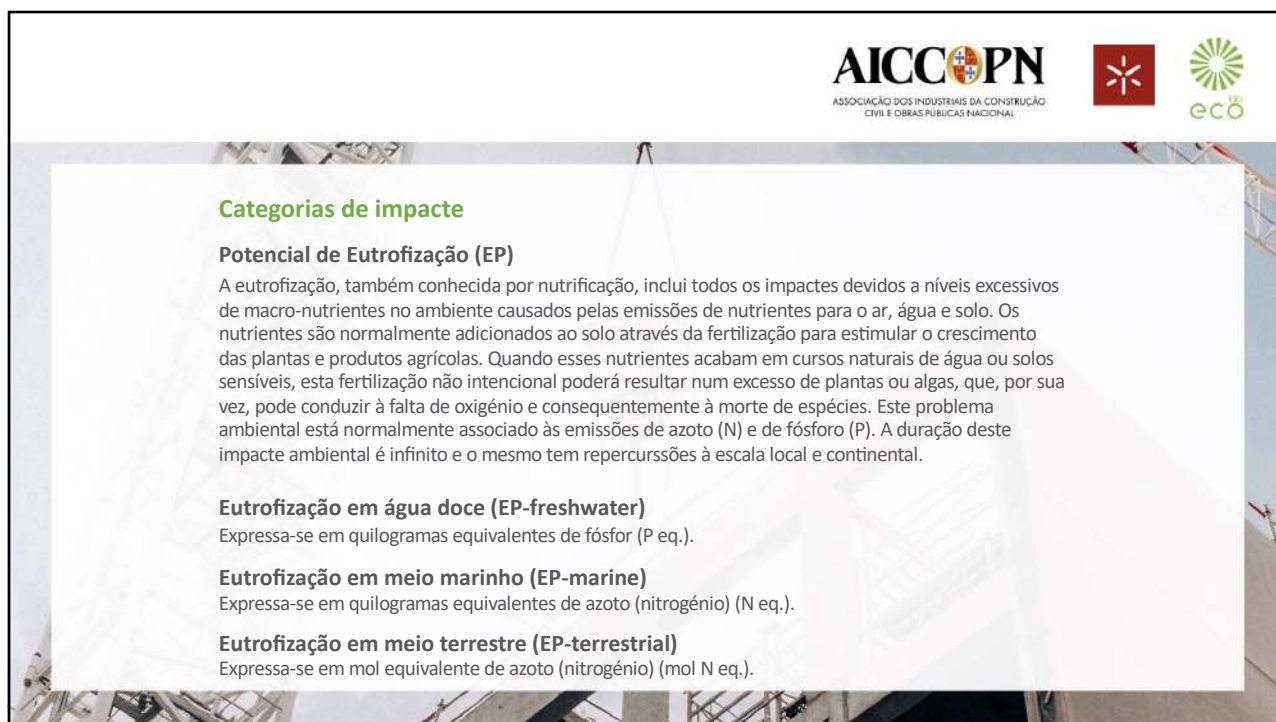





**Categorias de impacto**

**Potencial de Acidificação (AP)**

A acidificação é o processo onde as emissões para o ar (principalmente de amónia (NH<sub>3</sub>)), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxido de azoto (NO<sub>x</sub>) são convertidos em substâncias ácidas. O dióxido de enxofre é formado pela queima de combustíveis fósseis, como por exemplo o carvão, que contém quantidades elevadas de enxofre; o óxido de azoto é produzido por várias actividades industriais e está presente nas emissões dos sector dos transportes. Este indicador expressa-se em mol H<sup>+</sup> eq., i.e., converte o impacto ambiental de certas emissões (como NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) para um valor comum baseado na acidez. Compostos acidificantes lançados na atmosfera são transportados pelo vento e depositados como partículas ácidas ou chuva ácida a centenas ou milhares de km de distância da fonte. A chuva ácida é considerada um exemplo importante de poluição transfronteiriça (internacional). A acidificação ocorre quando a capacidade dos organismos do solo ou da água para resistir ou neutralizar a deposição atmosférica de acidificantes começa a diminuir. As substâncias ácidas podem atacar materiais artificiais e naturais, e causar danos ao capital, à saúde humana e aos valores naturais. Materiais como o cimento, calcário e betão são sensíveis ao ácido, pois este pode reagir com o seu conteúdo e desintegrar a estrutura do material. Os ácidos também podem causar corrosão considerável de superfícies metálicas. O âmbito geográfico deste indicador tanto pode ser local como continental. A escala de tempo é infinita.

55



**Categorias de impacto**

**Potencial de Eutrofização (EP)**


A eutrofização, também conhecida por nutrificação, inclui todos os impactes devidos a níveis excessivos de macro-nutrientes no ambiente causados pelas emissões de nutrientes para o ar, água e solo. Os nutrientes são normalmente adicionados ao solo através da fertilização para estimular o crescimento das plantas e produtos agrícolas. Quando esses nutrientes acabam em cursos naturais de água ou solos sensíveis, esta fertilização não intencional poderá resultar num excesso de plantas ou algas, que, por sua vez, pode conduzir à falta de oxigénio e consequentemente à morte de espécies. Este problema ambiental está normalmente associado às emissões de azoto (N) e de fósforo (P). A duração deste impacto ambiental é infinito e o mesmo tem repercursões à escala local e continental.



**Eutrofização em água doce (EP-freshwater)**  
Expressa-se em quilogramas equivalentes de fósfor (P eq.).

**Eutrofização em meio marinho (EP-marine)**  
Expressa-se em quilogramas equivalentes de azoto (nitrogénio) (N eq.).

**Eutrofização em meio terrestre (EP-terrestrial)**  
Expressa-se em mol equivalente de azoto (nitrogénio) (mol N eq.).

56



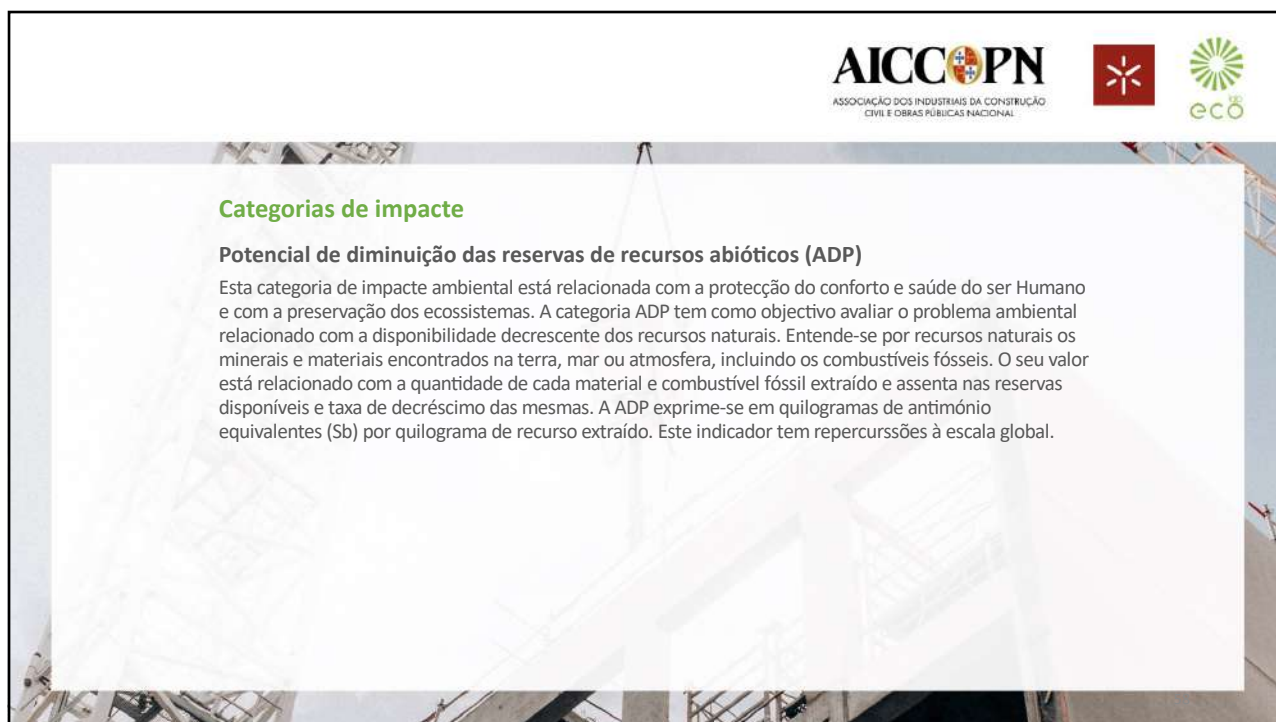







**Categorias de impacto**

**Potencial de formação de ozono troposférico (POCP)**

A oxidação fotoquímica corresponde à formação de compostos químicos reactivos (principalmente ozono) pela acção da radiação ultravioleta (UV). Este problema é também conhecido como “smog de Verão”. Actualmente, o ozono troposférico é um dos poluentes atmosféricos mais graves na Europa. Os níveis elevados do ozono causam graves problemas de saúde, mortes prematuras, redução da produtividade de culturas agrícolas, alterações na biodiversidade e danos materiais. Os compostos químicos associados a este problema, como por exemplo, os óxidos de azoto (NOx), monóxido de carbono (CO) e os compostos orgânicos voláteis (VOCs), são emitidos para a atmosfera a partir de muitos processos naturais e antropogénicos. Na parte mais baixa da atmosfera da Terra, a troposfera, e sob a influência da radiação UV são formados foto-oxidantes através da oxidação fotoquímica de VOCs e CO na presença de NOx. Estas reacções levam à formação de ozono (O3), nitrato de peroxiacelito (PAN), nitrato de peroxybenzoyl (PBN) e uma série de outras substâncias. Nos seres humanos, baixas concentrações de smog fotoquímico podem causar reduzida funcionalidade dos pulmões, constricção no peito, olhos, nariz e irritação da garganta. Em concentrações mais elevadas pode causar tosse e diminuição da capacidade de concentração. Em relação aos materiais, o ozono ataca a borracha natural, celulose, polímeros sintéticos, etc., e reduz o tempo de vida de muitos materiais (têxteis, pneus dos carros, etc.). Este indicador expressa-se em quilogramas de compostos orgânicos voláteis não-metânicos equivalentes (kg NMVOC eq.). Estas emissões têm um efeito que se mantém durante 5 dias e este mecanismo tem repercussões à escala local e continental.

57



**Categorias de impacto**

**Potencial de diminuição das reservas de recursos abióticos (ADP)**

Esta categoria de impacto ambiental está relacionada com a protecção do conforto e saúde do ser Humano e com a preservação dos ecossistemas. A categoria ADP tem como objectivo avaliar o problema ambiental relacionado com a disponibilidade decrescente dos recursos naturais. Entende-se por recursos naturais os minerais e materiais encontrados na terra, mar ou atmosfera, incluindo os combustíveis fósseis. O seu valor está relacionado com a quantidade de cada material e combustível fóssil extraído e assenta nas reservas disponíveis e taxa de decréscimo das mesmas. A ADP exprime-se em quilogramas de antimónio equivalentes (Sb) por quilograma de recurso extraído. Este indicador tem repercussões à escala global.

58







**Categorias de impacto**

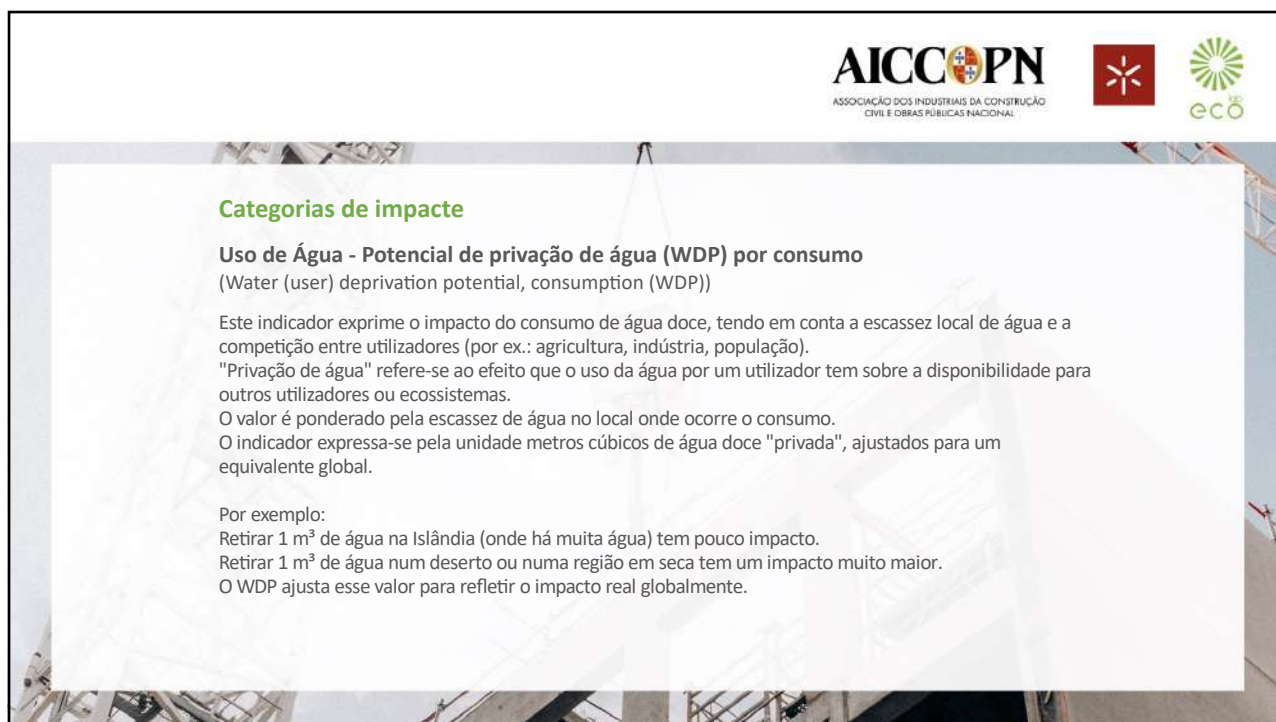
**Energia não renovável incorporada (ENR)**




Este indicador exprime o consumo de energia não renovável associado às fases de ciclo de vida do produto em estudo e desta forma representa a contribuição do produto para o esgotamento dos recursos energéticos não-renováveis. Este indicador expressa-se em equivalentes de megajoules (MJ) e inclui a energia fóssil e nuclear utilizadas.

**Energia renovável incorporada (ER)**

Este indicador não exprime um impacto ambiental negativo. Na maior parte das vezes, o mesmo serve para demonstrar a preocupação de um determinado produtor na utilização de fontes de energia renovável em detrimento de fontes não renováveis. Este indicador expressa-se em equivalentes de megajoules (MJ).

59



**Categorias de impacto**

**Uso de Água - Potencial de privação de água (WDP) por consumo**  
(Water (user) deprivation potential, consumption (WDP))

Este indicador exprime o impacto do consumo de água doce, tendo em conta a escassez local de água e a competição entre utilizadores (por ex.: agricultura, indústria, população).  
"Priação de água" refere-se ao efeito que o uso da água por um utilizador tem sobre a disponibilidade para outros utilizadores ou ecossistemas.  
O valor é ponderado pela escassez de água no local onde ocorre o consumo.  
O indicador expressa-se pela unidade metros cúbicos de água doce "privada", ajustados para um equivalente global.

Por exemplo:  
Retirar 1 m<sup>3</sup> de água na Islândia (onde há muita água) tem pouco impacto.  
Retirar 1 m<sup>3</sup> de água num deserto ou numa região em seca tem um impacto muito maior.  
O WDP ajusta esse valor para refletir o impacto real globalmente.

60



61

**Rótulos Ambientais e Declarações**

**O que são?**

Indicam os aspectos ambientais de um produto ou serviços.

Nota: um rótulo ou declaração ambiental pode assumir a forma de declaração, símbolo ou gráfico no rótulo de um produto ou embalagem, na literatura do produto, em boletins técnicos, em propaganda ou publicidade, entre outros.

Os rótulos e declarações ambientais devem ser **precisos, verificáveis, relevantes e não enganosos**.

Os rótulos e declarações ambientais devem ser baseados em métodos científicos suficientemente completos e abrangentes e que produzam resultados precisos e reproduzíveis.

O desenvolvimento de rótulos e declarações ambientais deve ter em consideração todos os aspectos relevantes do ciclo de vida do produto (mas não implica necessariamente uma ACV).

Fonte: ISO 14020

62







### Rótulos ecológicos

Os rótulos ecológicos constituem uma garantia relativamente a um determinado nível de **desempenho ambiental certificado** por uma **entidade independente**. Este tipo de rótulos para o consumidor tem vantagens quando comparado com a ACV porque são bastante mais simples e o seu significado é claro.

Embora a simplicidade deste tipo de rótulos seja uma vantagem, é necessário ter em consideração que a sua validade pode ser comprometida caso a definição dos requisitos seja alterada.

Os rótulos ecológicos de produtos não contemplam a variável dos impactes ambientais relacionados com transporte dos mesmos. Assim, em função de cada caso, **um produto produzido a milhares de quilómetros de distância poderá ser menos aconselhável** do que a utilização de materiais locais, mesmo que sem rótulo ecológico.

65





### Rótulos ecológicos (exemplos)



Criado em 1978, na Alemanha, o Anjo Azul foi o primeiro rótulo baseado em critérios ambientais. 20 mil produtos disponíveis, onde se incluem materiais e produtos de construção.

<https://www.blauer-engel.de/en>



Criado em 1989, O Cisne é um rótulo criado por um conjunto de países do norte da Europa, nomeadamente a Suécia, Noruega, Finlândia e Islândia, e posteriormente a Dinamarca. 20 mil produtos disponíveis, onde se incluem materiais e produtos de construção.

<https://www.svanen.se/en/>



Criado em 1992, o rótulo ecológico Europeu é gerido pela Comissão Europeia. É um Sistema voluntário e abrange uma vasto leque de produtos. Ao nível dos materiais de construção, a gama de produtos é mais limitada, mas comum em tintas e vernizes.

<https://www.ecolabel.eu>

66






### Rótulos ecológicos (exemplos)



Criado em 1993 pela FSC (Forest Stewardship Council), este rótulo é destinado exclusivamente à madeira certificada.


<https://www.fsc.org>



Criado em 2012 pela International Living Future Institute, é um rótulo verificado por entidades terceiras e que pretende ser simples tanto para produtores como consumidores.

<https://declare.living-future.org/>

67






### Rótulos ecológicos (exemplos)



Diretiva 2004/42/CE relativa à limitação das emissões de compostos orgânicos voláteis resultantes da utilização de solventes orgânicos em determinadas tintas e vernizes e em produtos de retoque de veículos



Rótulo das emissões de poluentes para o ar, nomeadamente de Compostos Orgânicos Voláteis (COV). O exemplo da imagem é um rótulo desenvolvido em França, fácil de ler, e que se encontra em diversos produtos de tintas e vernizes de fabricantes nacionais.



Rótulo com a mesma função que o anterior, mas desenvolvido para o mercado britânico pela British Coatings Federation.

68

**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

# DAP

Rotulagem ambiental (Normas série 14020)  
categorias de etiquetas certificáveis:

Tipo I – critérios estabelecidos por uma terceira parte (ISO 14024:1999)  
Tipo II – auto-declarações (ISO 14021:1999)  
Tipo III – declarações ambientais (ISO 14025:2005)

## O que é? Para que serve?

Uma DAP é um documento que comunica informação ambiental quantificável sobre o desempenho ambiental de um produto ao longo do seu ciclo de vida.

Declaração ambiental de Tipo III de acordo com a ISO 14025.

- Baseada na avaliação de ciclo de vida (ACV / LCA) (série ISO 14040).
- Sujeita a verificação por um operador independente.

Uma DAP contém informação útil para:

- escolha mais criteriosa de produtos;
- selecção de soluções mais adequadas;
- avaliação da sustentabilidade dos edifícios.

69

**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

## Importância das DAP no contexto regulamentar em vigor

Directivas específicas da construção: Regulamentação relativa a materiais

### Produtos da construção (D.L. n.º 130/2013)

São abrangidos todos os produtos de construção destinados a ser incorporados de modo permanente numa obra de construção cujo desempenho influencia o desempenho das obras de construção no que refere aos seus requisitos básicos.

#### Requisitos básicos das obras de construção:

- resistência mecânica e estabilidade;
- segurança contra incêndio;
- higiene, saúde e ambiente;
- segurança e acessibilidade na utilização;
- protecção contra ruído;
- economia de energia e isolamento térmico;
- **utilização sustentável dos recursos naturais. → DAP**

70

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**eco**

### Vantagens

- As DAP podem ser usadas por um vasto leque de partes interessadas, tais como produtores, governos, grupos de consumidores, grossistas, comerciantes, grupos ambientalistas e consumidores individuais.
- As DAP podem também ser vistas como um instrumento que pode aumentar a consciência da sociedade sobre os aspectos ambientais associados aos produtos.
- As DAP acrescentam novas dimensões ao mercado, disponibilizando informação sobre o desempenho ambiental de produtos e serviços, de acordo com princípios guia, resultando num conjunto de vantagens, quer para as organizações que citam as suas DAP, quer para aqueles que usam a informação da DAP.
- O objectivo global da declaração ambiental do produto é fornecer informação relevante e verificável para satisfazer as várias necessidades de comunicação, fornecendo assim uma base credível de comparação entre produtos e serviços, ao nível do seu desempenho ambiental.
- As DAP podem reflectir a contínua melhoria ambiental dos produtos ou serviços, bem como comunicar e salientar informação ambiental ao longo da cadeia de fornecedores, podendo, assim, funcionar como um instrumento de comunicação dinâmico para os mercados nacional e internacional, actualizado com o desenvolvimento do produto.
- As declarações ambientais do produto são baseadas nas normas tipo III de rotulagem ambiental da ISO, dando-lhe uma larga aceitação a nível internacional.

71

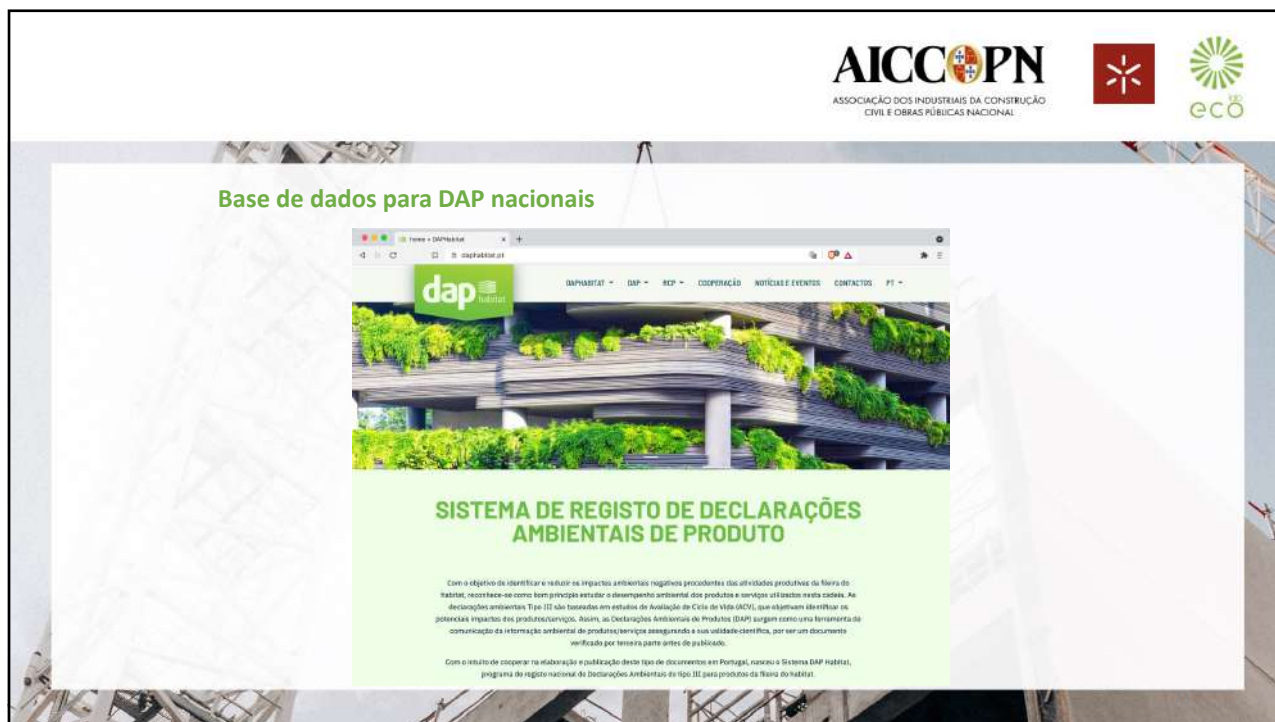
**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**eco**

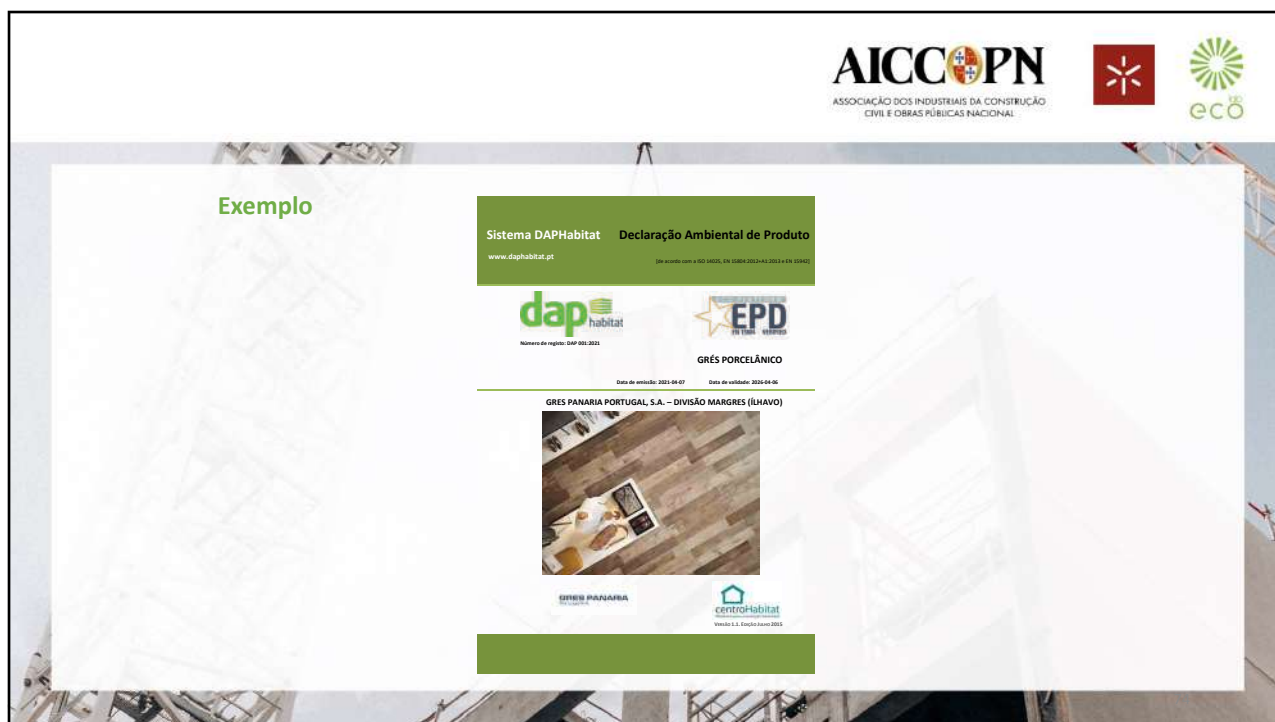
### Situação actual e previsão de futuro

- A lei francesa já exige que todos os produtos de grande consumo tenham uma DAP;
- as DAP irão tornar-se obrigatórias por lei;
- É expectável que esta obrigatoriedade venha a abranger todos os produtos e que seja aplicável em todos os estados-membros da UE.

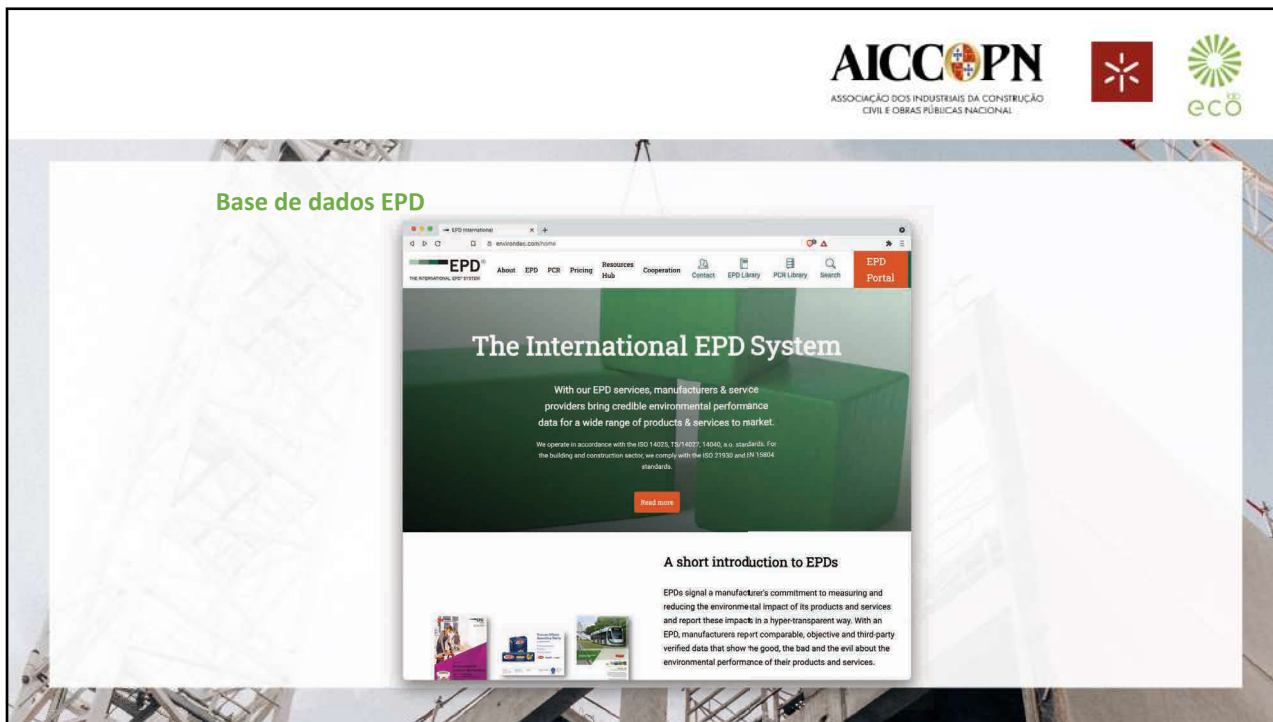
72



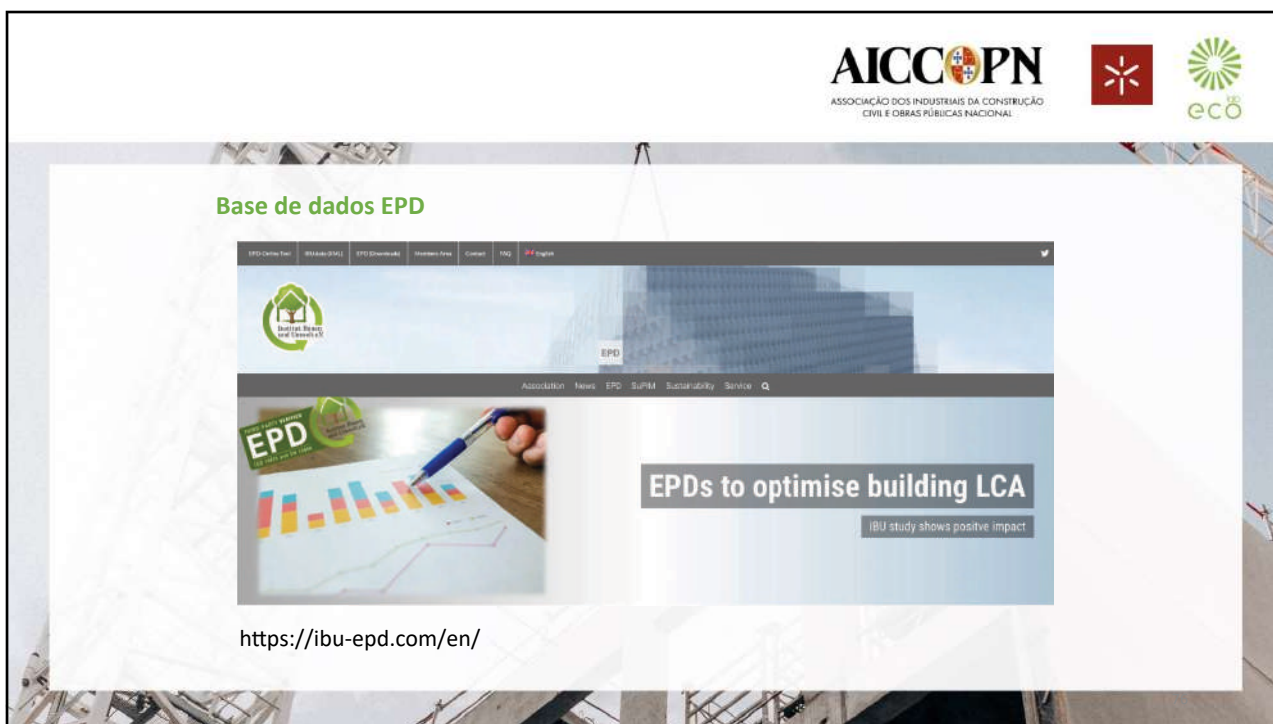
73



74



75



76

Base de dados EPD

**EPD Hub**

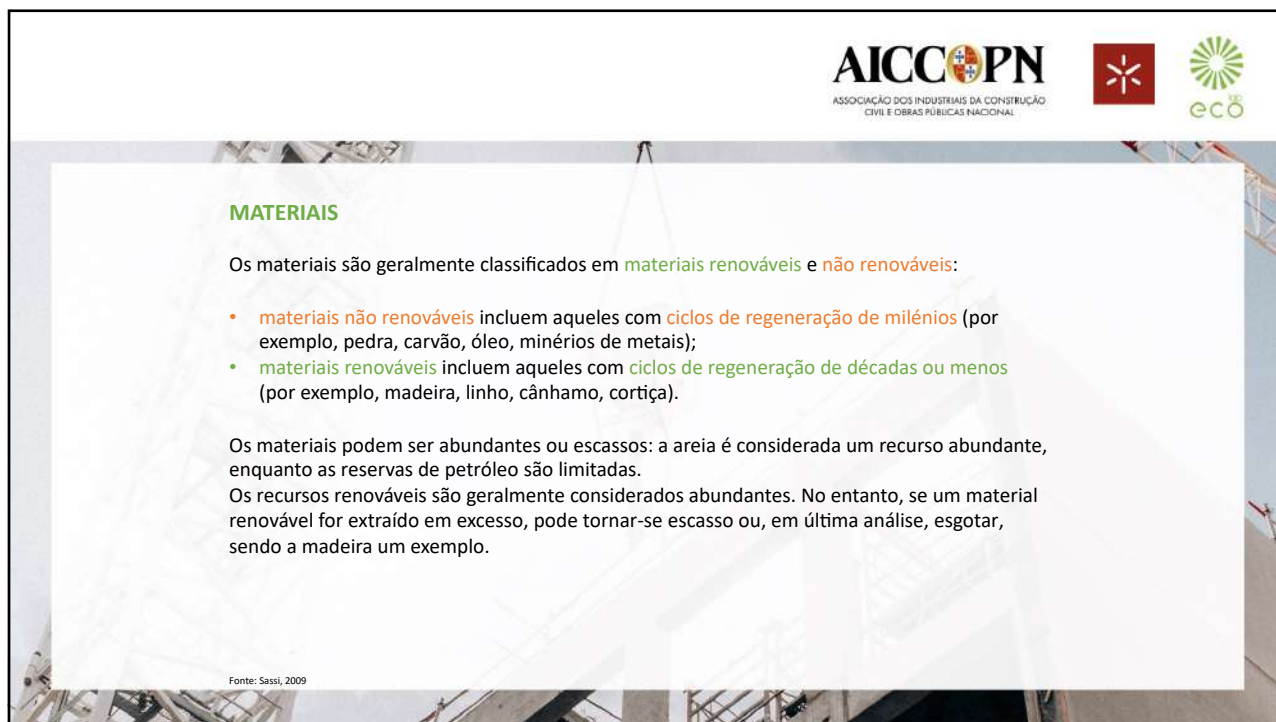
<https://epdhub.com/>




77

**4**

**Materials locais e naturais  
vs  
Materials industriais**

78



**MATERIAIS**

Os materiais são geralmente classificados em **materiais renováveis** e **não renováveis**:

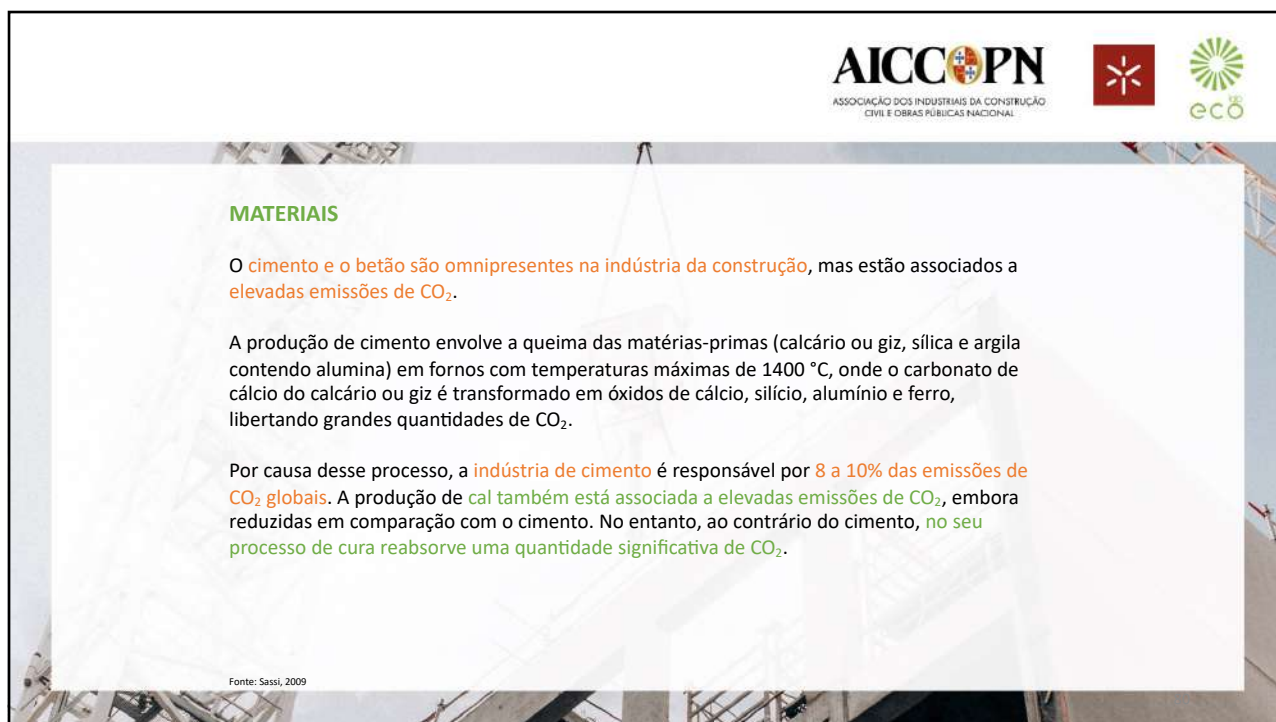
- **materiais não renováveis** incluem aqueles com **ciclos de regeneração de milénios** (por exemplo, pedra, carvão, óleo, minérios de metais);
- **materiais renováveis** incluem aqueles com **ciclos de regeneração de décadas ou menos** (por exemplo, madeira, linho, cânhamo, cortiça).




Os materiais podem ser abundantes ou escassos: a areia é considerada um recurso abundante, enquanto as reservas de petróleo são limitadas.

Os recursos renováveis são geralmente considerados abundantes. No entanto, se um material renovável for extraído em excesso, pode tornar-se escasso ou, em última análise, esgotar, sendo a madeira um exemplo.

Fonte: Sassi, 2009

79



**MATERIAIS**




O **cimento e o betão** são **omnipresentes na indústria da construção**, mas estão associados a **elevadas emissões de CO<sub>2</sub>**.


A produção de cimento envolve a queima das matérias-primas (calcário ou giz, sílica e argila contendo alumina) em fornos com temperaturas máximas de 1400 °C, onde o carbonato de cálcio do calcário ou giz é transformado em óxidos de cálcio, silício, alumínio e ferro, libertando grandes quantidades de CO<sub>2</sub>.

Por causa desse processo, a **indústria de cimento** é responsável por **8 a 10% das emissões de CO<sub>2</sub> globais**. A produção de **cal** também está associada a **elevadas emissões de CO<sub>2</sub>**, embora reduzidas em comparação com o cimento. No entanto, ao contrário do cimento, **no seu processo de cura reabsorve uma quantidade significativa de CO<sub>2</sub>**.

Fonte: Sassi, 2009

80



O uso de materiais com origens remotas torna a ligação entre a causa (ex. o uso na Europa de painéis de madeira tropical) e o efeito (ex: desflorestação da Amazónia e o consequente deslocamento das comunidades e extinção de espécies) mais difícil de compreender e substanciar do que as relações de causa e efeito mais imediatas, como o uso do automóvel e a má qualidade do ar/poluição nas cidades.

© Photo by Luke Partridge

81






**materiais vernáculos**



82

**AICCOPN**  
 ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
 CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

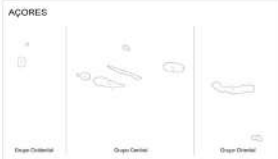


### Materiais locais na arquitectura vernácula

**Materiais de construção**


- Ligeira-Aldeia
- C. Calvar
- T. Tufa
- M. Madeira
- P. Pedra
- E. Estuário
- F. Favela
- D. Dão-Alentejo
- S. Sardoal
- N. Nave
- M. Matos

**AÇORES**




Grupo Oriental    Grupo Central    Grupo Ocidental

**MADERA**



20 km




ESPAÑA

30 km



Fonte: Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

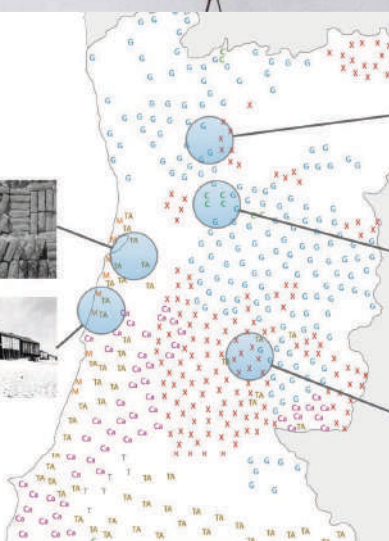
83

**AICCOPN**  
 ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
 CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL






### Materiais locais na arquitectura vernácula




ESPAÑA






Fonte: Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

84

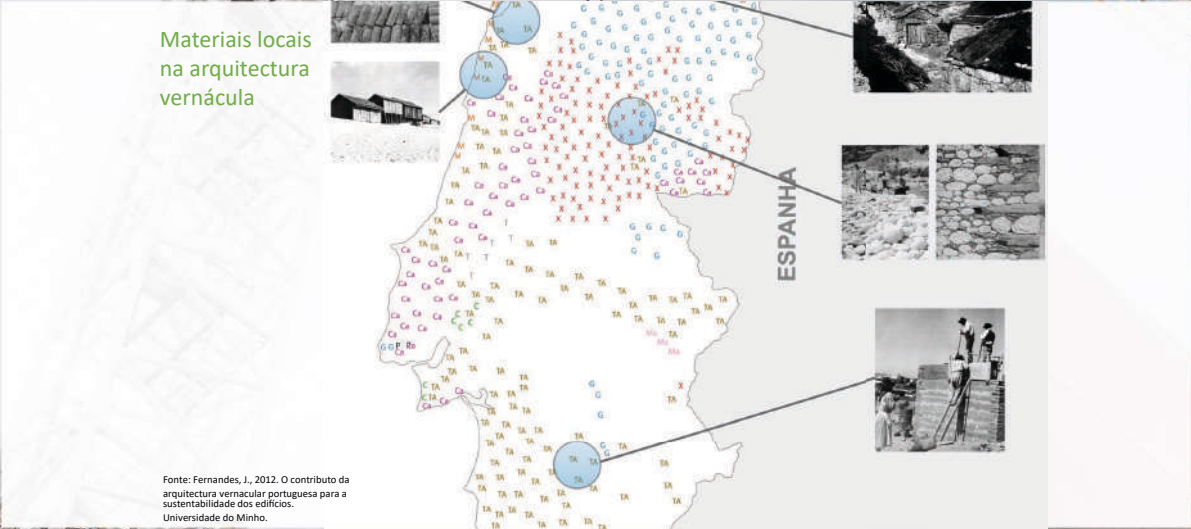
**AICCOPN**  
 ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
 CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL





**ESPAÑA**


Materiais locais na arquitectura vernácula




Fonte: Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

85

**AICCOPN**  
 ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
 CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL





**ESPAÑA**

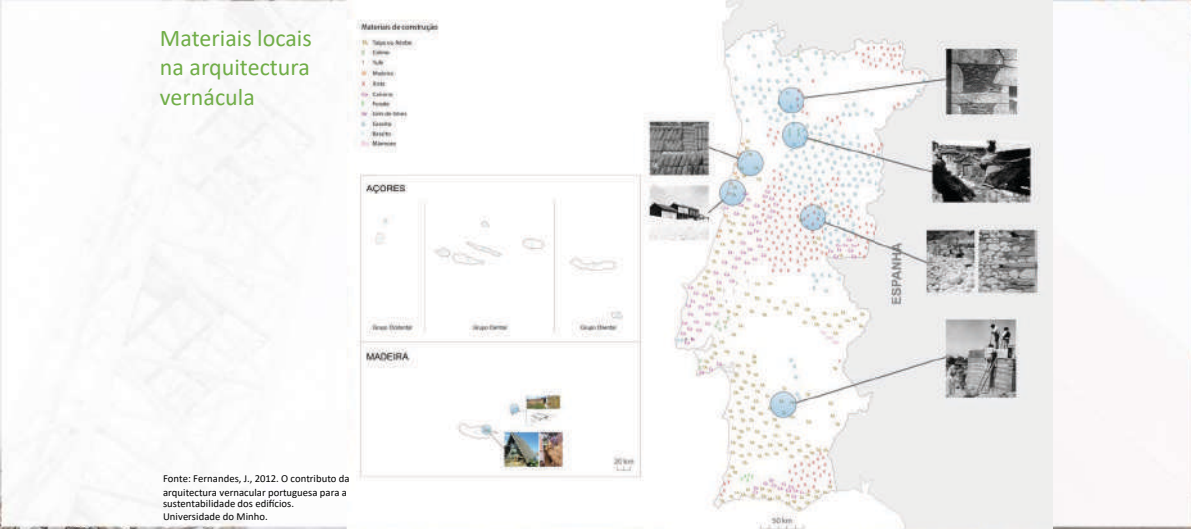
Materiais locais na arquitectura vernácula

**Materiais de construção**

- Tâmaras Nobres
- Calçada
- Azulejo
- Pedra
- Madeira
- Cimento
- Gesso
- Cerâmica
- Vidro
- Plástico
- Metal
- Outros

**AÇORES**

**MADERA**



Fonte: Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

86




ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**Materiais locais na arquitectura vernácula**









Fonte: Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

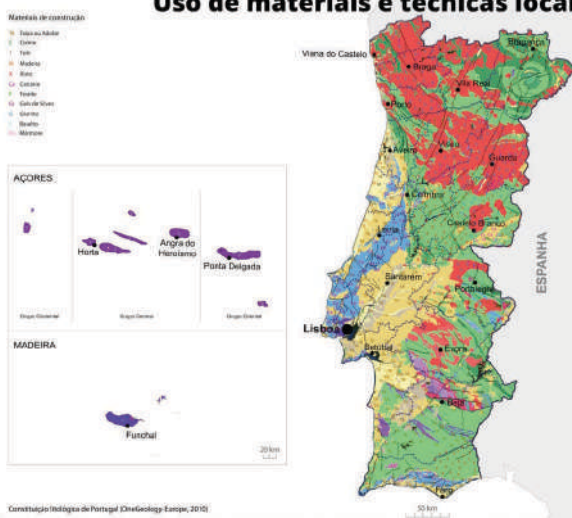
87

ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**Materiais locais na arquitectura vernácula**

**Uso de materiais e técnicas locais**





Construção Vernacular de Portugal (Diatexology Europe, 2010)

Fonte: Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho.

88

**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

   
eco

### Aspectos dos materiais vernáculos

- Têm uma relação estreita com a condições locais;
- As matérias-primas são de aprovisionamento local, tendo reduzidos requisitos de transporte;
- Necessitam de pouco processamento e consequentemente possuem baixa energia incorporada e reduzidas emissões de dióxido de carbono;
- São materiais naturais, muitas das vezes orgânicos, biodegradáveis e renováveis, enquadráveis num ciclo de vida “do berço ao berço”;
- São materiais com baixo custo;
- As tecnologias foram desenvolvidas na adaptação a um clima específico;
- E usam mão-de-obra local.

89

**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

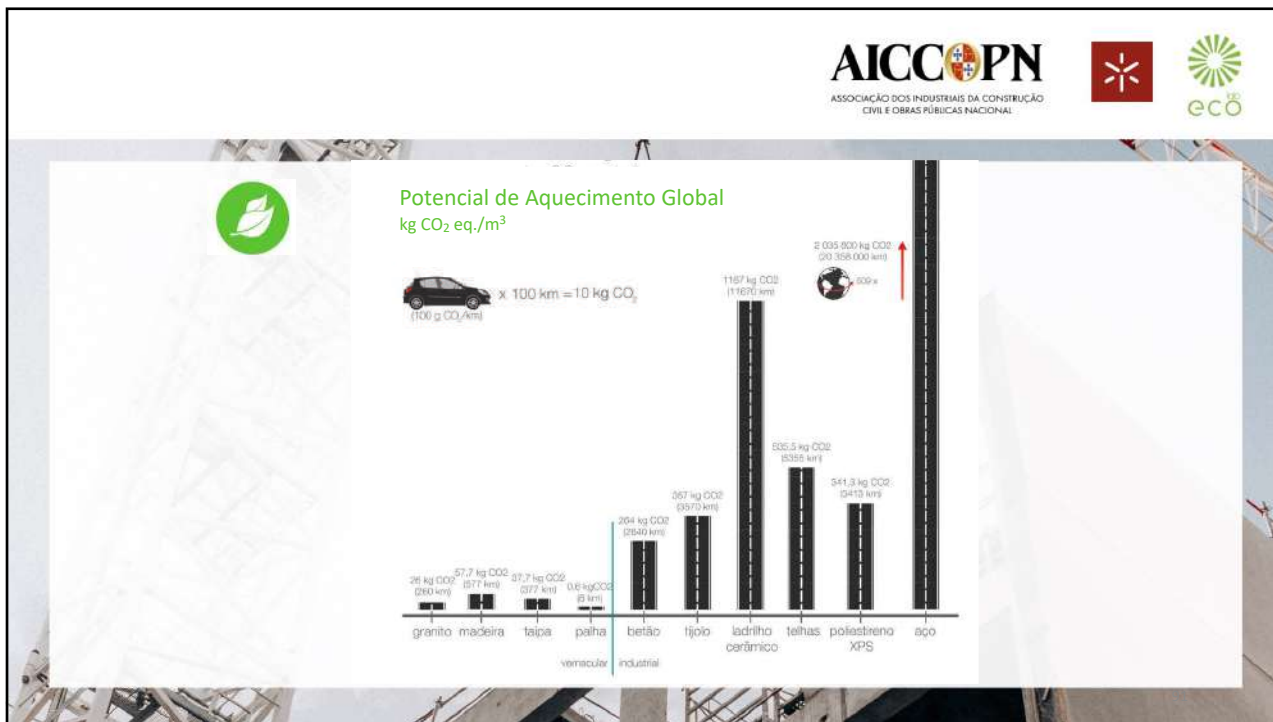
   
eco

# vantagens

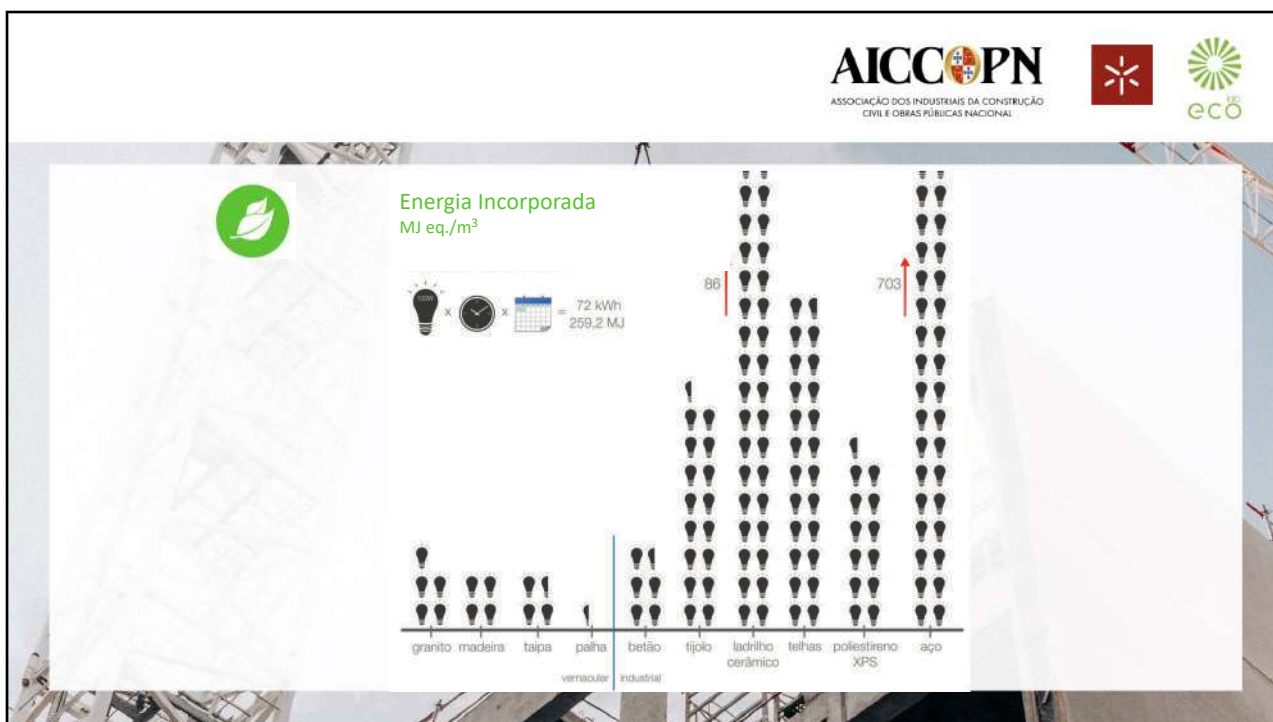


ambiental                      social                      económico

90



91



92









socioeconómicas

- Os materiais vernáculos encaixam em vários parâmetros sociais: emprego, saúde, segurança, bem-estar, educação, formação, cultura e património;
- A produção local de materiais é economicamente mais barata e permite também a criação de emprego;
- A produção local contribui para a descentralização das economias e estreita a relação entre os decisores e os recursos locais;
- As técnicas vernáculas normalmente requerem mais mão-de-obra e mais especializada;
- A necessidade de mais mão-de-obra conduz à formação e treino nas técnicas de construção tradicionais, contribuindo para melhorar o grau de qualificação dos recursos humanos e também para a preservação da cultura e património locais;
- O custo directo destes materiais é normalmente inferior aos materiais convencionais, pelo que a alocação do custo da construção à mão-de-obra é socialmente mais justo que apenas alocá-lo ao preço de um material;
- Nas questões de saúde humana, a maioria dos materiais tradicionais possuem baixa toxicidade, sem COVs, etc.

93







**Vantagens do uso de materiais locais**

Morel et al. (2001) desenvolveram um estudo baseado em exemplos práticos de uma construção em que procuraram demonstrar que o uso de materiais locais pode contribuir para a redução da energia incorporada e dos impactos ambientais. O método adotado pelos autores para a construção de uma casa na França com materiais locais foi o seguinte: i) inventário dos materiais disponíveis no local; ii) seleção de materiais; iii) definição da forma do edifício. Os materiais locais selecionados para a construção foram: terra, para argamassa; pedra para alvenaria; e madeira, para a estrutura dos pisos e cobertura. Para determinar os benefícios ambientais da utilização destes materiais comparativamente a um edifício semelhante com construção convencional e estrutura em betão armado, os autores recorreram a fontes bibliográficas, nomeadamente do Reino Unido, por se tratar de um país com um nível de desenvolvimento semelhante ao de França. Os autores concluíram que o uso de materiais locais reduziria a energia incorporada em aproximadamente 215% e o impacto do transporte em 453%. Apesar das vantagens, os autores relataram dificuldades de licenciamento por parte das autoridades francesas. Os materiais utilizados não seguem os padrões convencionais de construção, e também não são totalmente tradicionais, tendo sido necessário obter um acordo especial baseado em justificações científicas sobre o desempenho destes materiais. Em resumo, os autores deste estudo enfatizaram a possibilidade de reduzir a energia incorporada em edifícios por meio do uso de materiais locais; que cada projeto deve levar em consideração materiais locais específicos e que os profissionais de construção precisam ser informados, incentivados e treinados para usar materiais locais sempre que possível.

94







(...) uma indústria de construção ecológica deve ter as suas unidades de produção próximas do local de consumo, utilizando recursos renováveis locais, com foco em processos que requeiram pouca energia e sejam pouco poluentes. Para promover e concretizar este objetivo, é necessário envolver as autoridades locais.

Fonte: Berge, B. (2009)

95







**ECO-MATERIAIS**

Não existe na nossa legislação uma definição oficial para o termo “eco-material”. Normalmente são materiais que se enquadram em critérios como saúde e conforto, respeito pelo meio ambiente ou mesmo desenvolvimento local e equitativo.

No entanto, é necessário algum cuidado porque muitos produtos integram parcialmente estes conceitos e podem não ser eco-materiais. Por exemplo, um bloco de betão pode ser um produto feito localmente, mas é realmente um eco-material?

**Materiais de origem biológica**  
ex. madeira, bambú, palha, cortiça, lã de madeira, lã de ovelha, cânhamo, celulose, fungos (mycelium), etc.

**Materiais inorgânicos**  
ex. terra, pedra, etc.

**Materiais reciclados**  
ex. derivados de reciclagem têxtil e de papel

96





**ECO-MATERIAIS | materiais de origem biológica (alguns exemplos)**

A primeira vantagem é serem **materiais renováveis**. De facto, o sector de construção sozinho usa 50% dos recursos naturais não renováveis produzidos no mundo. O principal efeito do uso de matérias-primas renováveis é, portanto, retardar o esgotamento dos recursos não renováveis e limitando os efeitos nocivos sobre a biodiversidade.

A segunda vantagem é o **armazenamento de CO<sub>2</sub>** pelas plantas durante seu desenvolvimento. As plantas são constituídas por carbono biogénico formado a partir do CO<sub>2</sub> que é retirado do ar durante o processo de fotossíntese. Como resultado dessa sequestração inicial de CO<sub>2</sub> da atmosfera, as plantas contribuem para a redução do "stock total" de gases de efeito estufa (GEEs) e, portanto, têm um contributo positivo no combate às alterações climáticas. Além disso, um produto de construção terá uma vida útil entre 25 e 50 anos, pelo que as emissões de CO<sub>2</sub> devido à decomposição da planta/material serão, portanto, atrasadas em comparação com o ciclo natural mais curto da biomassa em usos agrícolas.

A terceira vantagem que pode ser citada aqui é o **desenvolvimento económico local** proporcionado por este novo uso da biomassa. O desenvolvimento de materiais de base biológica, por exemplo, permite aos agricultores ter novos mercados e, portanto, diversificar a sua fonte de rendimento com o que antes era considerado um resíduo agrícola. Resíduos como roupas estragadas, papel ou papelão, são reaproveitados como isolamento por sectores que geram empregos, evitando assim a deposição em aterro. Os sectores são formados de acordo com os recursos e depósitos disponíveis num determinado território. Os materiais de base biológica enquadram-se numa verdadeira lógica de economia circular.

97





**materiais de origem biológica | Madeira**

A madeira é valorizada de muitas formas, seja na construção, móveis, papelaria, energia, etc. A madeira é encontrada em diferentes formas na construção:

- madeira serrada (sólida, reforçada ou reconstituída) para uso em estrutura, marcenaria, revestimento, etc.
- madeira industrial para uso na forma de painéis, sejam eles estruturantes, isolantes ou revestidos (painéis de fibra, aglomerados, compósitos, etc.)




A madeira possui diversas vantagens:

- contribui para mitigar o aumento do efeito estufa;
- é um material que usa pouca energia;
- é um material renovável (quando as florestas são geridas de forma sustentável);
- tem um ciclo de vida com baixo impacto ambiental;
- material reciclável em fim de vida para a produção de produtos de madeira reconstituída (painéis de partículas, etc.) ou para produzir energia;



Casa Adpropeixe. Arq. Carlos Castanheira. ©Fernando Guerra FG + SG

98

**materiais de origem biológica | Madeira**

A madeira é dos poucos materiais de construção que apresentam um “balanço de CO<sub>2</sub>” negativo. De facto, durante o seu crescimento, a árvore absorve CO<sub>2</sub> atmosférico (fotossíntese), fixa carbono e liberta oxigénio. No final da sua vida, a árvore decompõe-se e liberta o CO<sub>2</sub> que tinha absorvido. Por outro lado, se a madeira é colhida e usada como material de construção, o carbono é armazenado nos edifícios (várias dezenas ou centenas de anos). Além disso, ao contrário de outros materiais de construção, a madeira é feita com energia gratuita: o sol. O seu custo é, portanto, menos dependente do custo da energia proveniente de combustíveis fósseis.

**Bilan carbone\***  
(kg de CO<sub>2</sub> émis par tonne produite)

Material	Bilan carbone* (kg de CO <sub>2</sub> émis par tonne produite)
Aluminium	1800
Acier	585
Béton	235
Bois	-500
Isolants fibres de bois	10
Laines minérales	580

\* Source ADEME

**1 m<sup>3</sup> de madeira usada na construção => 1t de CO<sub>2</sub> armazenado**  
Fonte: 100constructionsbois.com

99






**materiais de origem biológica | Madeira**

Outras vantagens:

- O custo de uma construção de madeira "bem pensada" ou com princípios ecológicos é equivalente ao de uma construção tradicional;
- A madeira tem uma grande capacidade de isolamento térmico;
- É um recurso local, abundante e de boa qualidade;
- Boa resistência sísmica;
- Boa resistência ao fogo.

100





**Habitação Social em... PALHA**



Nogent-le-Rotrou  
NZI architectes

101





**PALHA**

A primeira construção com fardos de palha data de 1886, no Nebraska (EUA). A construção com fardos de palha mais antiga da Europa data de 1920. Concebida pelo Eng. Émile Feuillette, é um símbolo da durabilidade da construção em palha.

No caso Português, há diversos exemplos de construção com palha, evidentes nas coberturas de colmo, muito utilizadas na arquitectura vernácula do norte do país, mas também comuns nas habitações de povoações das povoações costeiras.



Nebraska (EUA), 1920. (construída em 1886)



Maison Feuillette, França - (construída em 1920). <http://cncp-feuillette.fr/>

102





## PALHA

A palha é um recurso natural renovável e reciclável que requer pouca energia para sua fabricação. O seu desempenho térmico e acústico excelente. A parede tem um bom comportamento higroscópico porque “respira”, e com um reboco de cal exterior, é impermeável à água. A procura por este material ecológico excede o mundo dos autoconstrutores mas, no entanto, o sector da construção com palha continua a ser um nicho.

**Vantagens**

- Resistência térmica  $R = 6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  para espessura = 40 cm;
- Fácil instalação / autoconstrução;
- Custo da matéria-prima;
- Excelente regulador higrométrico;
- Não liberta substâncias tóxicas;
- Energia incorporada praticamente nula, e sequestrador de carbono;
- Boa resistência ao fogo, principalmente se protegida com revestimentos respiráveis;
- Material disponível em grande quantidade e localmente.



Fonte: La Construction en paille. RFCP. [www.rfcp.fr](http://www.rfcp.fr)

103








## PALHA

Se isolarmos uma casa de  $100 \text{ m}^2$  em fardos de palha, serão utilizadas **10 toneladas de fardos de palha** (500 fardos). Esses fardos de palha irão armazenar cerca de  $18 \text{ tCO}_2$  durante uma vida útil estimada do edifício de 100 anos. Isso representa o equivalente às emissões de 20 anos de aquecimento com eletricidade (gerada no contexto Francês) ou 90 anos de aquecimento com lenha.





Fonte: La Construction en paille. RFCP. [www.rfcp.fr](http://www.rfcp.fr); UP STRAW Yearbook 2019;


104


**PALHA**



Escola em Issy-les-Moulineaux (2013)  
Projecto: ADSC Architecture



Escola primária Victor Schoelcher (França). Passivhaus certified  
Projecto: Atelier Desmichelle



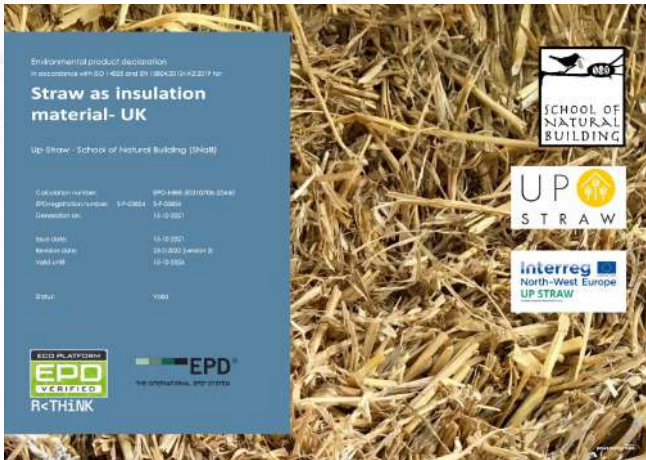
Alojamentos sociais e residência de estudantes, Paris, 2019.  
Projecto: Grand Huit Architecture.

105





**PALHA**



106








**Terra**

A terra tem sido usada como material de construção há milhares de anos e um terço da população mundial ainda vive em casas de terra. Embora estes números revelem a importância das técnicas de construção em terra nos dias de hoje, estas vieram a ser abandonadas devido à conotação com a pobreza e à disseminação de materiais que permitem um processo de construção mais rápido, como o betão. No entanto, nas últimas décadas, as técnicas de terra voltaram a ganhar um interesse crescente devido à consciência em torno das questões ambientais. Alguns estudos mostraram que o uso de materiais em terra pode reduzir significativamente os potenciais impactos ambientais dos edifícios.

A terra é uma mistura de grãos de diferentes tamanhos (seixos, cascalho, areia, silte, argila) em proporções variadas. Misturadas com água, as argilas (as partículas mais finas, um conjunto de minerais menores que 2  $\mu\text{m}$ ) constituem um ligante e as partículas maiores formam uma estrutura granular: a terra bruta é, portanto, um material composto natural. A construção tradicional em terra é feita com terra local.


107


**Terra**

Das diversas técnicas de construção em terra, várias delas disseminadas em Portugal, destacam-se as seguintes:

- Taipa;
- Adobe;
- BTC (Bloco de terra comprimida);
- Tabique;
- Terra empilhada (terra e palha);
- Rebocos de terra;
- etc.



Sede da Betão e Taipa, Serpa (2015). Projecto: Arq. Maria da Luz Seixas (<http://betaetaipa.pt/>)



Casa Rauch, Áustria (2008). Projecto: Arch. Roger Boltshauser, Martin Rauch (<https://www.lehmtonerde.at/>)

108





### Terra

A terra é um material abundante e disponível em todo o mundo, e os impactos associados à sua extração são reduzidos. A terra adequada para construção encontra-se abaixo da superfície do solo arável (camada escura). A construção em terra, se de qualidade adequada à construção, usa frequentemente matéria-prima do local da obra ou de zonas próximas, o que reduz substancialmente os impactos associados ao transporte.

A produção das técnicas em terra também tem menor intensidade energética. Por exemplo, as paredes ou os blocos de terra podem ser secos ao sol pelo que os seus impactos de produção são muito inferiores aos dos tijolos cozidos em fornos.

Além disso, é perceptível que os impactos do fim da vida útil dos materiais em terra sejam menores do que o impactos de materiais de construção convencionais, uma vez que podem ser facilmente reciclados para um novo ciclo com a mesma função da anterior ou devolvidos ao ambiente natural com um custo ambiental muito pequeno. A terra tem um enorme potencial na promoção da circularidade económica do ambiente construído.

109





### Terra

#### Vantagens

- custo da matéria-prima;
- excelente regulador termo-higrométrico devido à sua elevada inércia térmica e higroscópica;
- durabilidade
- não liberta substâncias tóxicas;
- baixa energia incorporada;
- Boa resistência ao fogo;
- Material disponível em grande quantidade e localmente;
- Inteiramente reutilizável e reciclável se utilizada no seu estado puro.



Habitação em Safara, Moura

Gráfico de linha que mostra a temperatura do ar em graus Celsius ao longo do tempo. O eixo Y varia de 0 a 45°C. O eixo X mostra horas de 12000 a 15000. Há cinco linhas coloridas representando diferentes locais: Seta (laranja), Alcoa (azul), Quarto (verde), Cozinha (amarelo) e Exterior (vermelho). A temperatura exterior apresenta as maiores flutuações diárias, enquanto as temperaturas interiores são mais estáveis.



Gráfico de linha que mostra a humidade relativa em percentagem ao longo do tempo. O eixo Y varia de 0 a 100%. O eixo X mostra horas de 12000 a 15000. Há cinco linhas coloridas representando diferentes locais: Seta (laranja), Alcoa (azul), Quarto (verde), Cozinha (amarelo) e Exterior (vermelho). A humidade exterior varia bastante, enquanto a humidade interior permanece mais constante.

Gráfico de barras empilhadas que mostra a qualidade do ambiente térmico interior em percentagem de tempo durante o verão. O eixo X representa o tempo em percentagem (0% a 100%). O eixo Y mostra os locais: Cozinha, Quarto e Sala. Cada barra é dividida em segmentos coloridos que representam diferentes níveis de qualidade ambiental.

Desempenho termo-higrométrico de habitação vernácula. Fonte: Fernandes, J., Mateus, R., Gervásio, H., Silva, S.M., Bragança, L., 2019. Passive strategies used in Southern Portugal vernacular rammed earth buildings and their influence in thermal performance. Renew. Energy 142, 345–363. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.095> | <http://www.rever.pt/publicacoes/>

110








# Avaliação de Ciclo de Vida Taipa & BTC





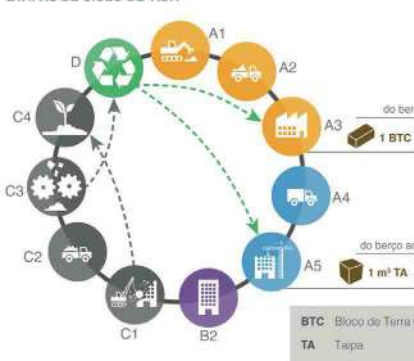

## DAP

111

## ACV de materiais em terra (Taipa e BTC)

**ETAPAS DE CICLO DE VIDA**



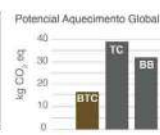
do berço ao portão  
**1 BTC** GWP 0,39 kg CO<sub>2</sub>  
 EE 3,94 MJ

do berço ao portão + opções  
**1 m<sup>3</sup> TA** GWP 47,5 kg CO<sub>2</sub>  
 EE 596 MJ

**IMPACTES AMBIENTAIS DE CICLO DE VIDA  
ANÁLISE DO BERÇO AO PORTÃO**

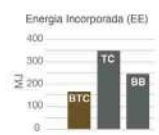
1 m<sup>2</sup>

**Potencial Aquecimento Global (GWP)**



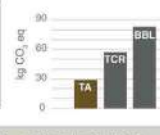
Material	GWP (kg CO <sub>2</sub> eq)
BTC	~10
TC	~35
BB	~30

**Energia Incorporada (EE)**



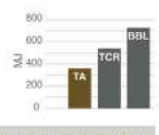
Material	EE (MJ)
BTC	~100
TC	~350
BB	~300

**Potencial Aquecimento Global (GWP)**



Material	GWP (kg CO <sub>2</sub> eq)
TA	~40
TCR	~60
BBL	~80

**Energia Incorporada (EE)**



Material	EE (MJ)
TA	~400
TCR	~600
BBL	~800

<b>BTC</b> Bloco de Terra Comprimida	<b>TC</b> Tijolo cerâmico (15 cm)	<b>BBL</b> Bloco de betão leve (29 cm)
<b>TA</b> Taipa	<b>TCR</b> Tijolo cerâmico (26 cm)	<b>BB</b> Bloco de betão (14 cm)


Fonte: Fernandes, J. et al (2019). Life cycle analysis of environmental impacts of earthen materials in the Portuguese context: Rammed earth and compressed earth blocks. J. Clean. Prod. 241: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118286> <http://www.rever.pt/publicacoes/>

112

AICCOPN  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

eco

### Exemplos contemporâneos




Mercado comunitário de Yusuvara (Kengo Kuma and Associates, 2010)

113

AICCOPN  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL




eco

### Exemplos contemporâneos




Tåkern Visitor Centre by Wingårdh, Suécia. Projecto: Wingårdh Arkitektkontor. Fotografias: © Tord-Rickard Söderström


114

**Exemplos contemporâneos**



Parede de taipa no Hospital de Feldkirch, Áustria. Arq. Martin Rauch



**Abóbada tradicional vs laje convencional**

- 75% menos energia
- 69% menos emissões de CO2
- 71% menos desperdício
- Necessidade de mais mão-de-obra

Tecto tradicional em abóbada integrada em Sistema estrutural de betão (Sanz-Calcedo et al. 2012)

115







**Exemplos contemporâneos**





Habitación Social, Itiza, Espanha (2022)  
Arquitectura: Peris+Toral Arquitectes

116

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**Exemplos contemporâneos**




Habitação Social, Ibiza, Espanha (2022)  
Arquitectura: Peris+Toral Arquitectes

117

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

**Exemplos contemporâneos**



Habitação Social, Ibiza, Espanha (2022)  
Arquitectura: Peris+Toral Arquitectes

118

**AICCOPN**  
 ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
 CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL




Exemplos contemporâneos





Habitação Social, Ibiza, Espanha (2022)  
Arquitetura: Peris+Toral Arquitectes




119


**AICCOPN**  
 ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
 CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

Exemplos contemporâneos



WOODCUBE - Sustainable development of Hamburg-Wilhelmsburg, Alemanha




PHOTOS: DENNIS GILBERT, MORGAN SINDALL, ARCHITYPE & DARREN CARTER  
Enterprise Centre, University of East Anglia, Reino Unido

120

AICCOPN  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

eco

### Exemplos contemporâneos



Adicional valor convencional nos ensaios  
nos emissões de CO2  
nos desperdícios  
adde mais mão-de-obra



Observatório do Sobreiro e da Cortiça, Coruche. Arqts Manuel Couceiro e Susana Couceiro

121

AICCOPN  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

eco

### Exemplos contemporâneos




122

AICCOPN  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

eco

Exemplos contemporâneos

algas



Seaweed House, Laesø Island, Dinamarca

123

AICCOPN  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAIS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

eco



Exemplos contemporâneos





Habitação Social, Ibiza, Espanha (2022)  
Arquitetura: 08014 arquitectura

124

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

   
eco



**Exemplos contemporâneos**



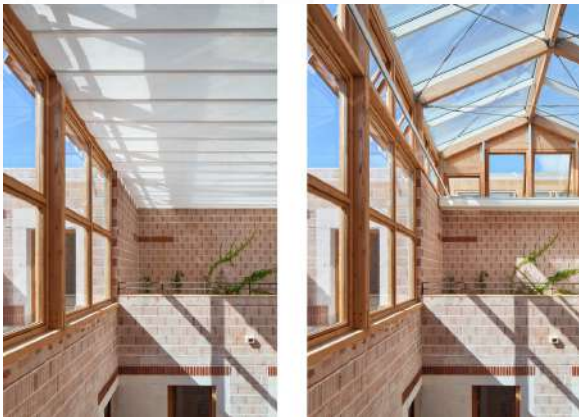
Habitação Social, Ibiza, Espanha (2022)  
Arquitetura: 08014 arquitectura

125

**AICCOPN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL

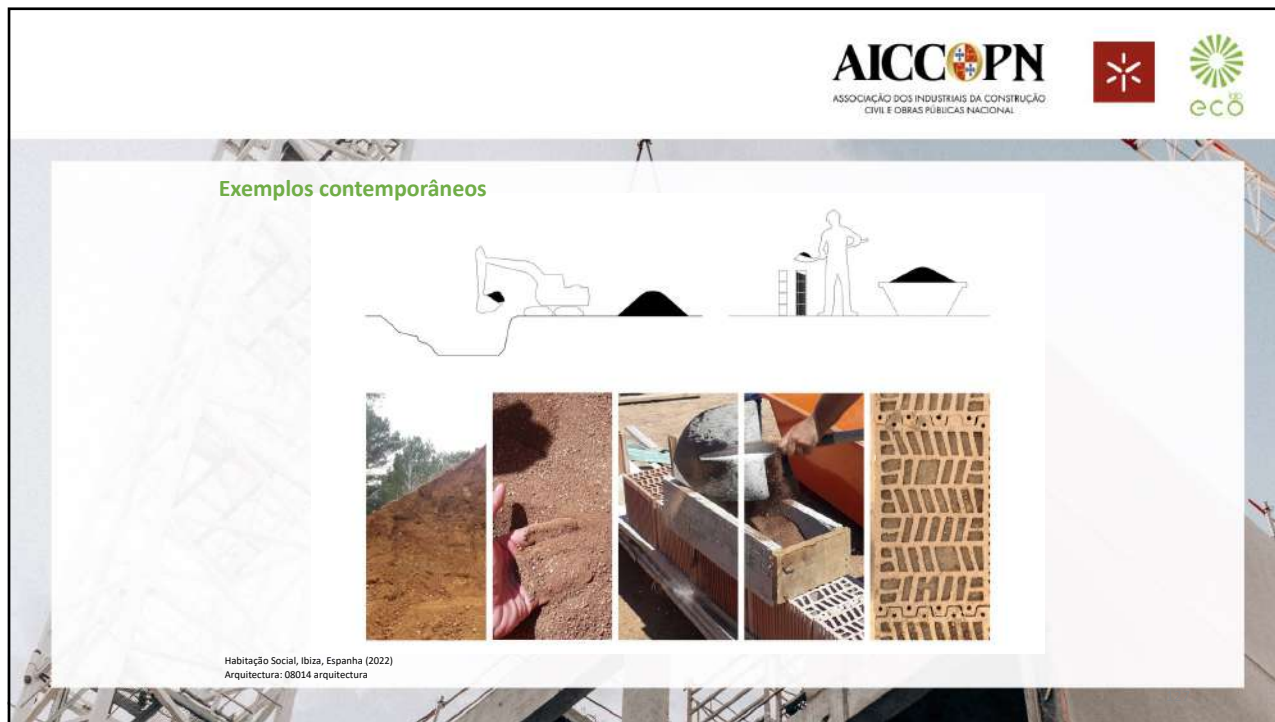
   
eco

**Exemplos contemporâneos**

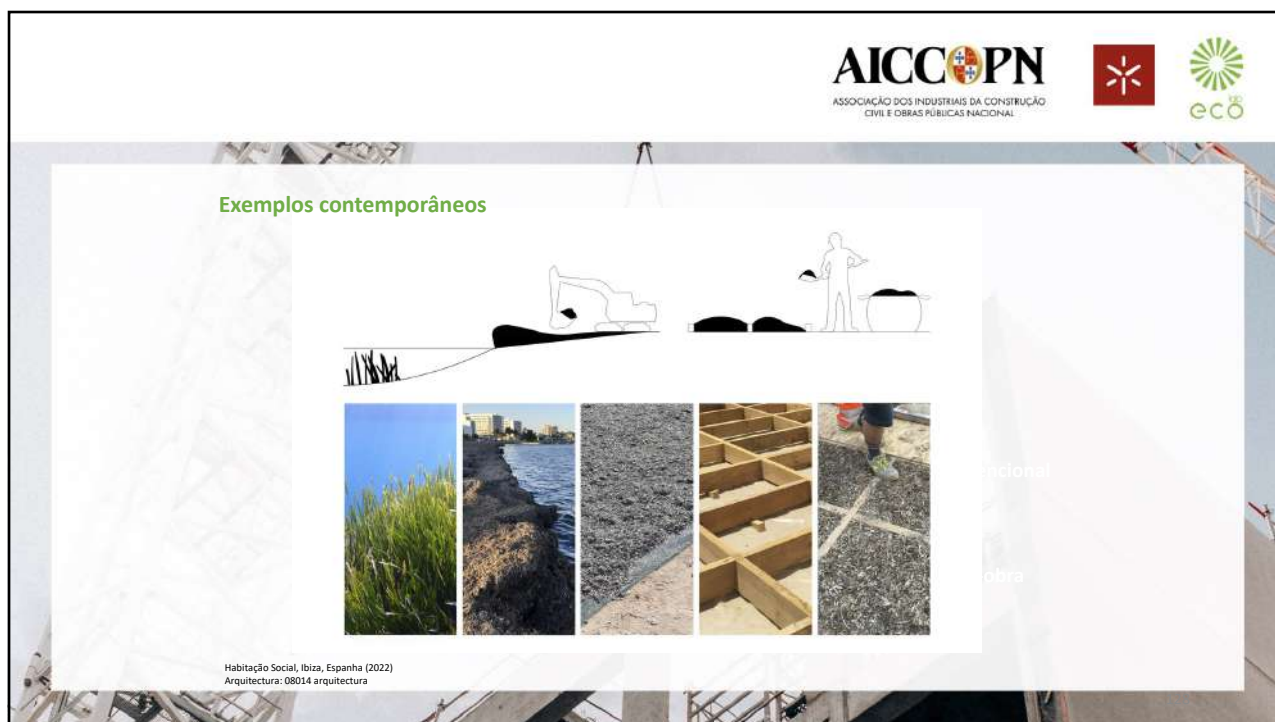


Habitação Social, Ibiza, Espanha (2022)  
Arquitetura: 08014 arquitectura

126



127



128





**Se todos agora migrássemos para um determinado tipo de material de construção (e.g. madeira ou terra), seria isso sustentável?**



A escassez de madeira na França forçou os preços a subirem à medida que os arquitetos “lutavam” para cumprir uma nova lei ambiental que exige que os edifícios públicos sejam 50% de madeira.

Esse aumento súbito da procura fez inflacionar os preços na ordem dos 50%.






<https://www.dezeen.com/2021/06/07/french-architects-wood-shortage-prices-up-lina-ghotmeh>

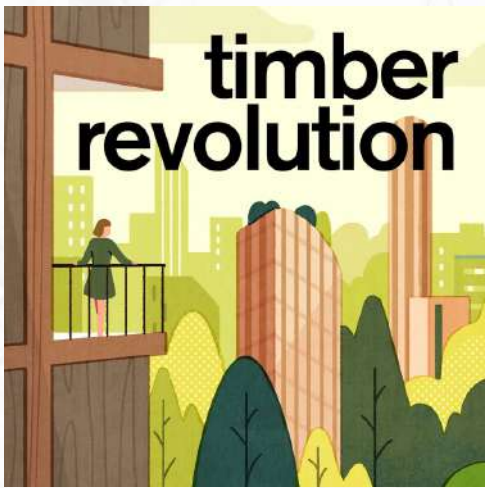
129




130



timber  
revolution

"Mass-timber buildings can have very high carbon emissions"

"Mass timber construction can definitely be an important pathway toward carbon neutrality, but there are other critical factors that need to be considered,"

Amy Leedham

"If we go more in the direction of mass-timber buildings we don't have enough material"

"Using wood doesn't [automatically] make a building sustainable, because basically, what we have as a problem is that in total we need too much materials."

Benjamin Kromoser

<https://www.dezeen.com/2023/03/31/mass-timber-carbon-assessment-timber-revolution/>  
<https://www.dezeen.com/2023/03/30/amy-leedham-interview-mass-timber-revolution/>  
<https://www.dezeen.com/2023/04/06/timber-will-not-save-us-and-concrete-will-not-end-us-says-commenter/>

Ilustração de [Yo Hosoyamada](#)

131





E se agora tivessem de contar uma história infantil, como a contariam?



THREE  
LITTLE  
PIGS

132



**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL





Se no fim de vida de um edifício nada for feito para prolongar o seu ciclo de vida e dos seus materiais, e se estes forem materiais naturais e/ou orgânicos, pouco processados, biodegradáveis, etc., serão devolvidos ou assimilados pelo meio ambiente com um custo ambiental reduzido.

133



**AICCO PN**  
ASSOCIAÇÃO DOS INDUSTRIAS DA CONSTRUÇÃO  
CIVIL E OBRAS PÚBLICAS NACIONAL







Universidade do Minho  
Escola de Engenharia

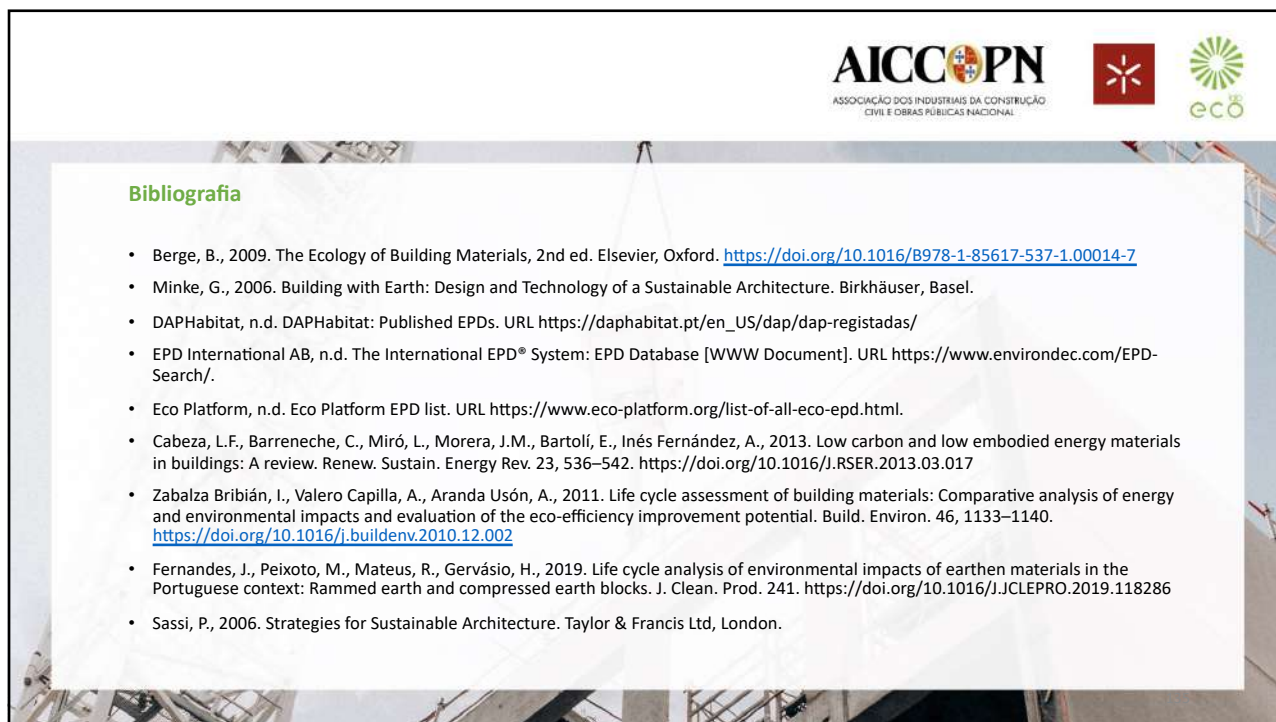







# Obrigado!

© **Jorge Fernandes**  
Universidade do Minho  
**eco.lab** | Laboratório de Física e Tecnologia das Construções  
Guimarães, Portugal  
[jorge.fernandes@civil.uminho.pt](mailto:jorge.fernandes@civil.uminho.pt) | [www.rever.pt](http://www.rever.pt)

134

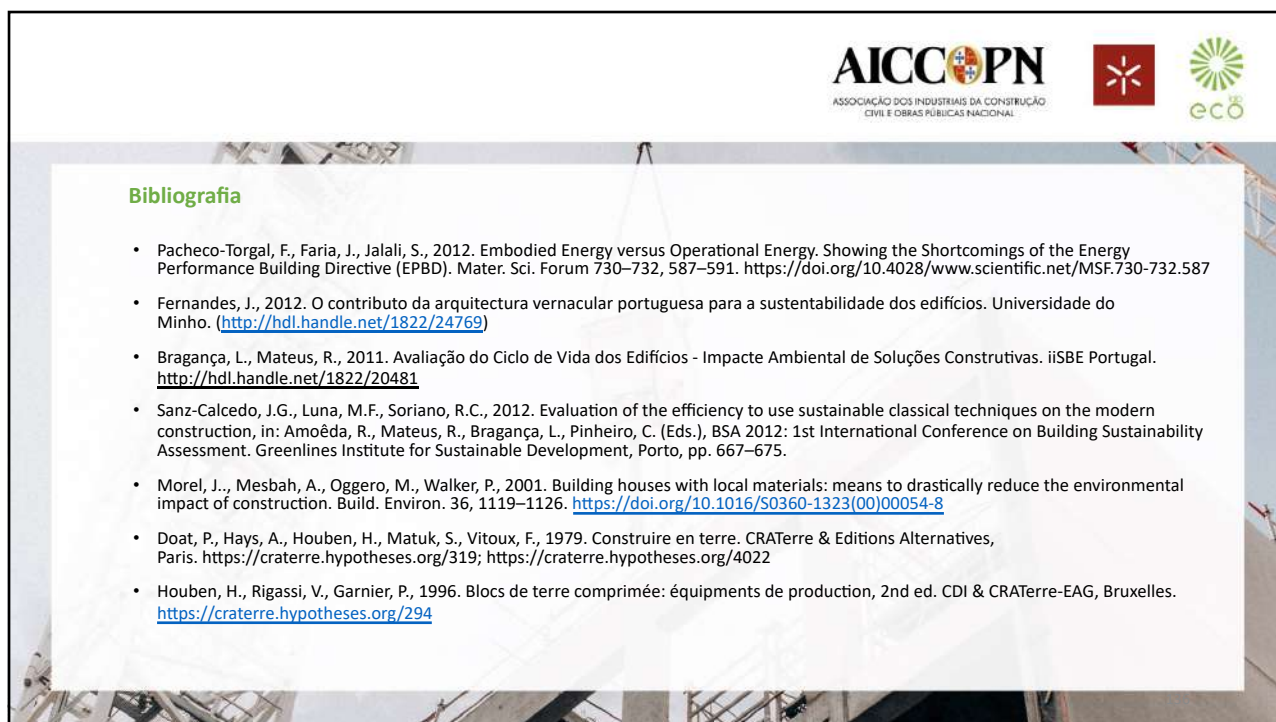









**Bibliografia**

- Berge, B., 2009. The Ecology of Building Materials, 2nd ed. Elsevier, Oxford. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-537-1.00014-7>
- Minke, G., 2006. Building with Earth: Design and Technology of a Sustainable Architecture. Birkhäuser, Basel.
- DAPHabitat, n.d. DAPHabitat: Published EPDs. URL [https://daphabitat.pt/en\\_US/dap/dap-registadas/](https://daphabitat.pt/en_US/dap/dap-registadas/)
- EPD International AB, n.d. The International EPD® System: EPD Database [WWW Document]. URL <https://www.environdec.com/EPD-Search/>.
- Eco Platform, n.d. Eco Platform EPD list. URL <https://www.eco-platform.org/list-of-all-eco-epd.html>.
- Cabeza, L.F., Barreneche, C., Miró, L., Morera, J.M., Bartolí, E., Inés Fernández, A., 2013. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 23, 536–542. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2013.03.017>
- Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A., Aranda Usón, A., 2011. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Build. Environ.* 46, 1133–1140. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.12.002>
- Fernandes, J., Peixoto, M., Mateus, R., Gervásio, H., 2019. Life cycle analysis of environmental impacts of earthen materials in the Portuguese context: Rammed earth and compressed earth blocks. *J. Clean. Prod.* 241. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.118286>
- Sassi, P., 2006. Strategies for Sustainable Architecture. Taylor & Francis Ltd, London.

135



**Bibliografia**

- Pacheco-Torgal, F., Faria, J., Jalali, S., 2012. Embodied Energy versus Operational Energy. Showing the Shortcomings of the Energy Performance Building Directive (EPBD). *Mater. Sci. Forum* 730–732, 587–591. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.730-732.587>
- Fernandes, J., 2012. O contributo da arquitectura vernacular portuguesa para a sustentabilidade dos edifícios. Universidade do Minho. (<http://hdl.handle.net/1822/24769>)
- Bragança, L., Mateus, R., 2011. Avaliação do Ciclo de Vida dos Edifícios - Impacte Ambiental de Soluções Construtivas. iisBE Portugal. <http://hdl.handle.net/1822/20481>
- Sanz-Calcedo, J.G., Luna, M.F., Soriano, R.C., 2012. Evaluation of the efficiency to use sustainable classical techniques on the modern construction, in: Amoêda, R., Mateus, R., Bragança, L., Pinheiro, C. (Eds.), BSA 2012: 1st International Conference on Building Sustainability Assessment. Greenlines Institute for Sustainable Development, Porto, pp. 667–675.
- Morel, J., Mesbah, A., Oggero, M., Walker, P., 2001. Building houses with local materials: means to drastically reduce the environmental impact of construction. *Build. Environ.* 36, 1119–1126. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(00\)00054-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(00)00054-8)
- Doat, P., Hays, A., Houben, H., Matuk, S., Vitoux, F., 1979. Construire en terre. CRATerre & Editions Alternatives, Paris. <https://craterre.hypotheses.org/319>; <https://craterre.hypotheses.org/4022>
- Houben, H., Rigassi, V., Garnier, P., 1996. Blocs de terre comprimée: équipements de production, 2nd ed. CDI & CRATerre-EAG, Bruxelles. <https://craterre.hypotheses.org/294>

136

## Bibliografia

- Casini, M., 2020. Insulation Materials for the Building Sector: A Review and Comparative Analysis, in: Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials. Elsevier, pp. 121–132. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.10682-4>
- Dickson, T., Pavia, S., 2021. Energy performance, environmental impact and cost of a range of insulation materials. Renew. Sustain. Energy Rev. 140, 110752. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110752>
- CEN, 2012. EN 15804:2012+A1:2013 - Sustainability of Construction Works e Environmental Product Declarations e Core Rules for the Product Category of Construction Products.
- ISO, 2006. ISO 14025: Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures. Geneva.
- Regras de Categoria de Produto. RCPs disponíveis em Portugal: [https://daphabitat.pt/pt\\_PT/rcp/rcp-disponiveis/](https://daphabitat.pt/pt_PT/rcp/rcp-disponiveis/)
- Construção em terra, diversas publicações de referência disponíveis na página da CRATerre: <https://craterre.hypotheses.org/category/documents-telechargeables/matiere-materiaux-documents-telechargeables>
- Construção em palha. Informação e publicações técnicas disponíveis na página da RFCP (<https://www.rfcp.fr>)
- BIØN – Building Impact Zero Network (<https://www.biOn.eu/>)