

**SEMINÁRIO**  
**Materiais de Construção e Sustentabilidade**  
**Coimbra, 16 de Junho de 2010**  
**Auditório do CTCV**

# A importância da madeira na construção sustentável

José António Santos 

 [jose.santos@lneg.pt](mailto:jose.santos@lneg.pt)

LNEG - Laboratório Nacional de Energia e Geologia, IP  
UEP - Unidade de Engenharia de Produto

# Madeira na construção

Sumário:

- O que pode ser feito de madeira
- Exemplos de construção em madeira
- Quando é vantajoso utilizar a madeira
- Particularidades e limitações da madeira
- Argumentos ambientais
- Relação da madeira com a água
- Aplicações da madeira na construção
- Espécies de madeira disponíveis
- O melhoramento tecnológico
- Normalização e regulamentação da qualidade
- DPC – Directiva dos Produtos da Construção
- Normas harmonizadas
- Ciclo de vida dos produtos de madeira
- Exemplos na reabilitação
- Preços de referência



# Madeira na construção desde tempos antigos



## Exemplos

O que pode ser  
feito em madeira



# Monção - Portugal



Cortesia: Rusticasa



# Vila Nova Cerveira - Portugal

Cortesia: Rusticasa





Montagem de estrutura cobertura pavilhão industrial - Leiria



Estrutura da cobertura, em lamelado-colado de pinho bravo  
Preço de referência 600€ / m<sup>3</sup> de madeira

# Key Elements of Green Building



# Energy Efficiency



# Habitaciones novas. Revestimentos de piso



# Onde é mais vantajoso usar a madeira ?

- Revestimentos de piso
- Estruturas
- Isolamentos de paredes
- Decoração

# Onde se corre mais riscos em usar a madeira ?

- Exposição ao exterior
- Ambientes húmidos
- Contacto directo como o solo

# Argumentos ambientais a favor da madeira na construção

# Impacto ambiental

Durante todo o ciclo de vida	Materiais de construção		
	Madeira	Tijolo cerâmico	Aço
Energia para ser produzido (GJ por ton.)	-2,9 *	2,94	18
Emissões ( t CO <sub>2</sub> -e / t )	-0,2	0,2	1,4
Emissões ( t CO <sub>2</sub> -e / m <sup>3</sup> )	-0,5	0,6	10,9
Consumo de água (m <sup>3</sup> )	0	0,15	?
Possibilidades de reciclagem (%)	30	20 (só para t. maciço)	30
Produção de energia em fim de ciclo (%)	35	0	0

\* Conta-se com o balanço da energia produzida com os resíduos



## Materiais amigos do ambiente Emissões de CO<sub>2</sub>

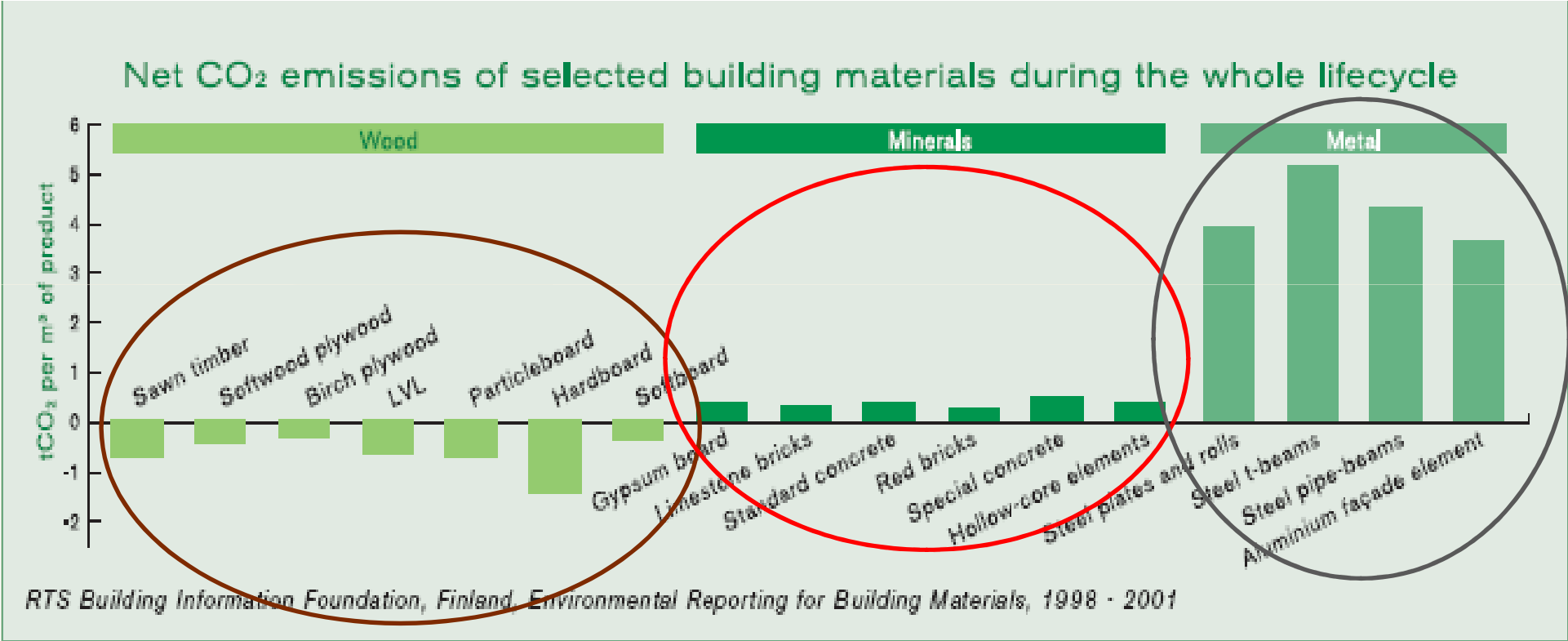
<b>Gás</b>	<b>Potencial de aquecimento global *</b>	<b>Contribuição para o aquecimento (%)</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>1</b>	<b>64</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>21</b>	<b>20</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>319</b>	<b>6</b>
<b>Compostos halogenados</b>	<b>X 1000</b>	<b>10</b>

\* considerando um período de 100 anos, relativamente ao CO<sub>2</sub>

Nota: Dados com mistura de várias fontes.

- Uso da madeira tem contribuição de armazenamento (sequestro de carbono)
- A queima da madeira não tratada quimicamente tem uma contribuição neutra

# Armazenamento / emissão de CO<sub>2</sub>



[http://www.rts.fi/emission\\_classification\\_of\\_building\\_materials.htm](http://www.rts.fi/emission_classification_of_building_materials.htm)



# Comparação de produtos em madeira e outros



Paredes de 1 m<sup>2</sup>

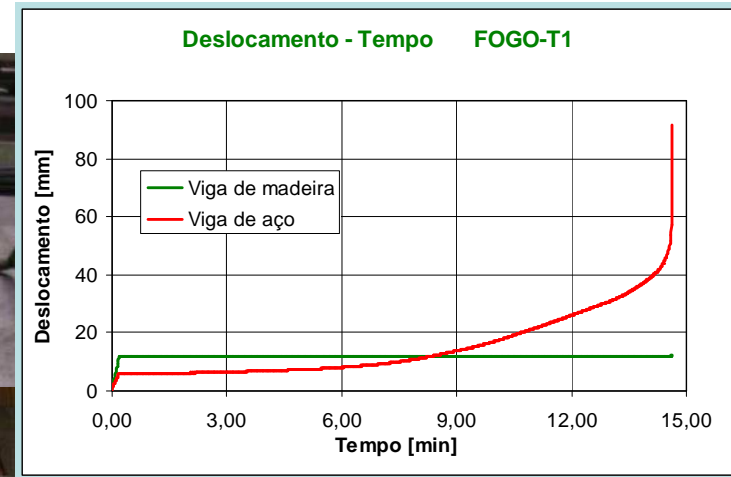
casas de madeira

casas em tijolo

Peso [kg]	71	273
Energia [MJ]	271	876
CO <sub>2</sub> - emissões [kg]	- 50	58
Acidificação [kg]	128	196

# Segurança

# Comparação de duas viga com a mesma rigidez.



Cortesia: Universidade do Minho

Mesma carga e igual intensidade de fogo.  
O ferro começou a ceder ao fim de 6 minutos.  
- E a madeira?

A madeira carbonizou na superfície,  
mas manteve a capacidade de carga

Secção inicial

Secção após  
o fogo

Universidade do Minho



Abeto

10 minutos sob 4 bicos de maçarico a gás nas 4 faces.



A segurança ao fogo está na espessura da madeira

# Evolução Temporal da Área por Espécie

## Inventário

(x 1000 ha)



Ministério da  
Agricultura,  
do Desenvolvimento  
Rural e das Pescas



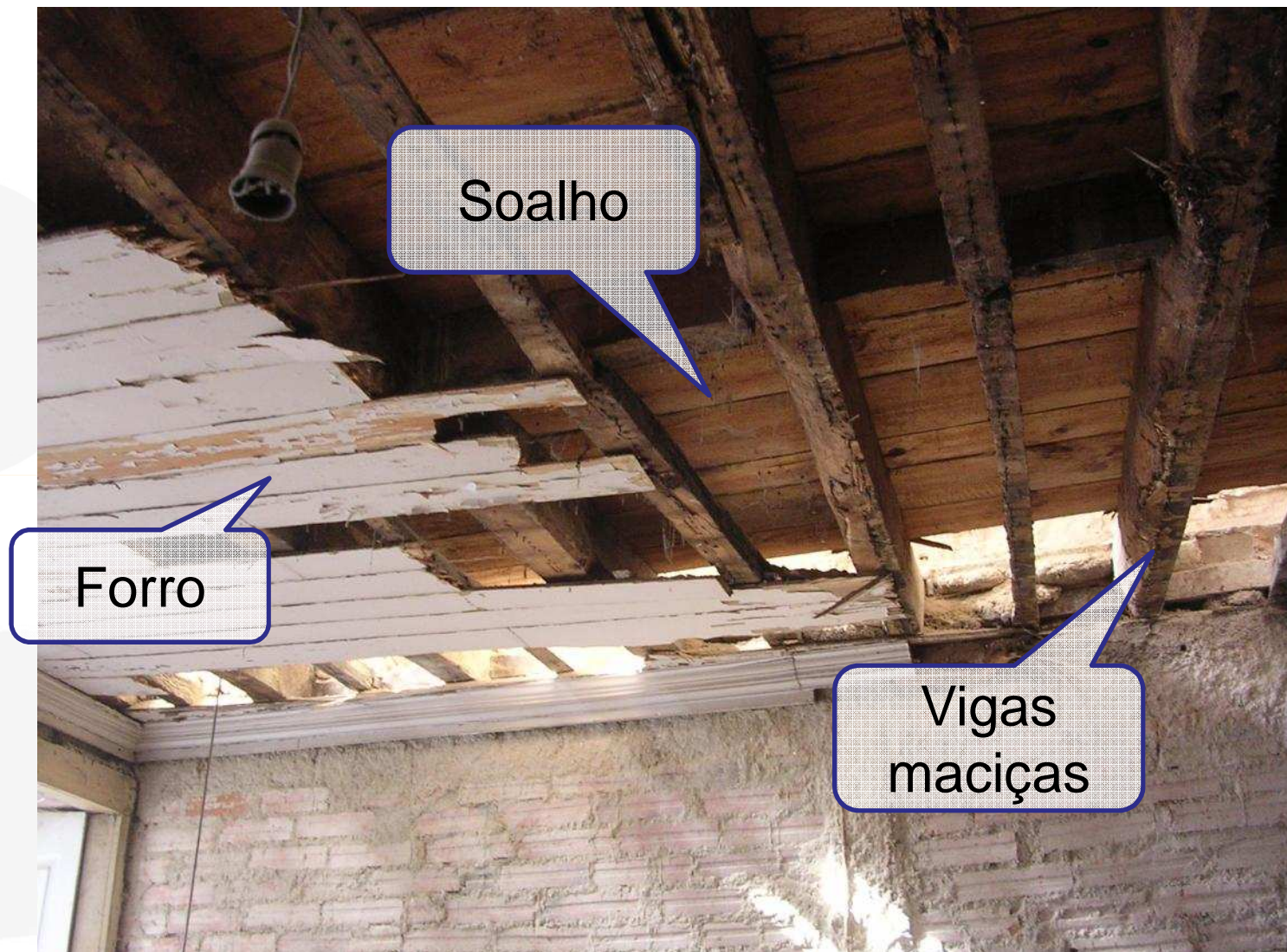
Espécies	1963-66	1968-80	1980-89	1990-92	1995-98	2005-06
Pinheiro-bravo	1288	1293	1252	1047	976	971 (172)
Eucalipto	99	214	386	529	672	743 (119)
Sobreiro *	637	657	664	687	713	643 (28)
Azinheira	579	536	465	-	462	460 (4)
Pinheiro-manso	-	35	50	-	78	118 (2)
Out. Resinosas	-	35	33	-	27	35 (4)
Carvalhos	-	71	112	-	131	163 (15)
Castanheiro *	-	29	31	-	41	20 (1)
Out. Folhosas	-	148	115	-	102	87 (11)

\* Área subestimada por ainda não considerar novas arborizações

( ) Área de povoamentos ardidos

# Reabilitação

# Reabilitação



Forro

Soalho

Vigas  
maciças

# Reabilitação



Paredes de rodízio



Paredes tabique

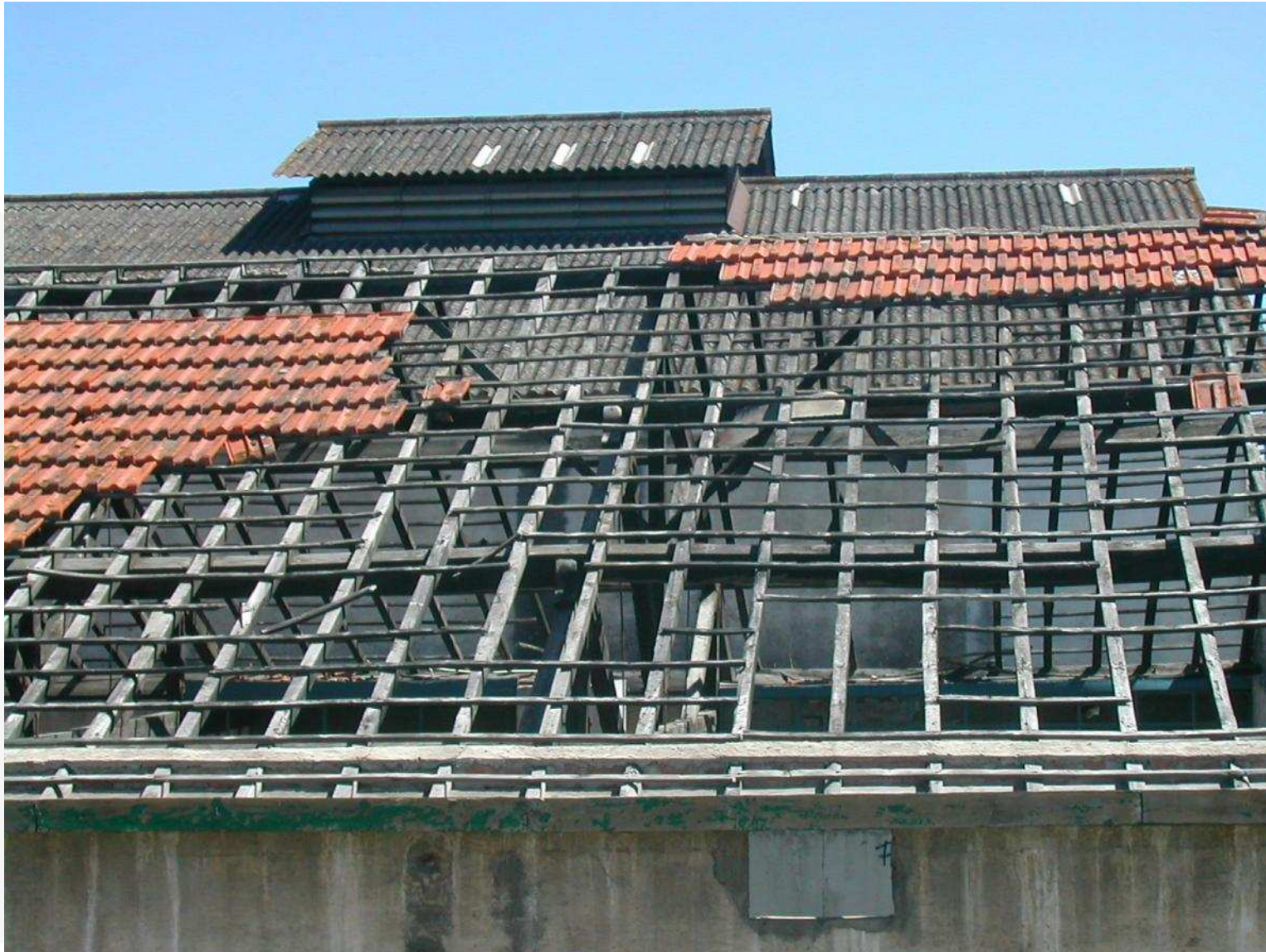


J.A.Santos  
Marques Pinho  
Carlos Fonseca

## Sistemas antigos



Encaixe das vigas do piso nas paredes



J.A.Santos



# Reabilitação edifícios no centro histórico de Guimarães



Prémio de reabilitação edifícios de madeira, no centro histórico de Guimarães - Arq. Fernando Távora (1923-2005)

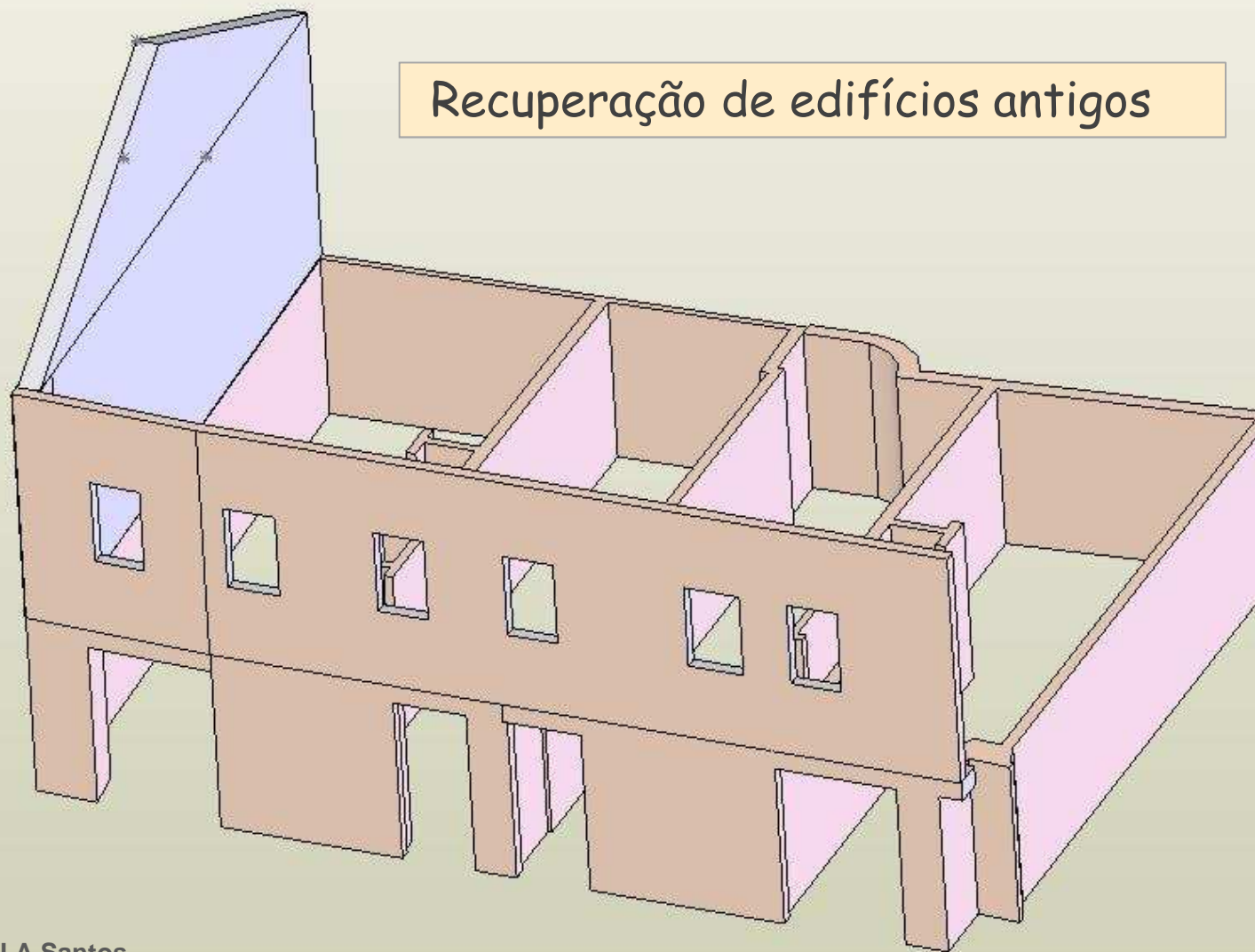


EUROPEAN UNION PRIZE FOR CULTURAL HERITAGE /  
EUROPA NOSTRA AWARDS

<http://www.europanostra.org/who-we-are/>

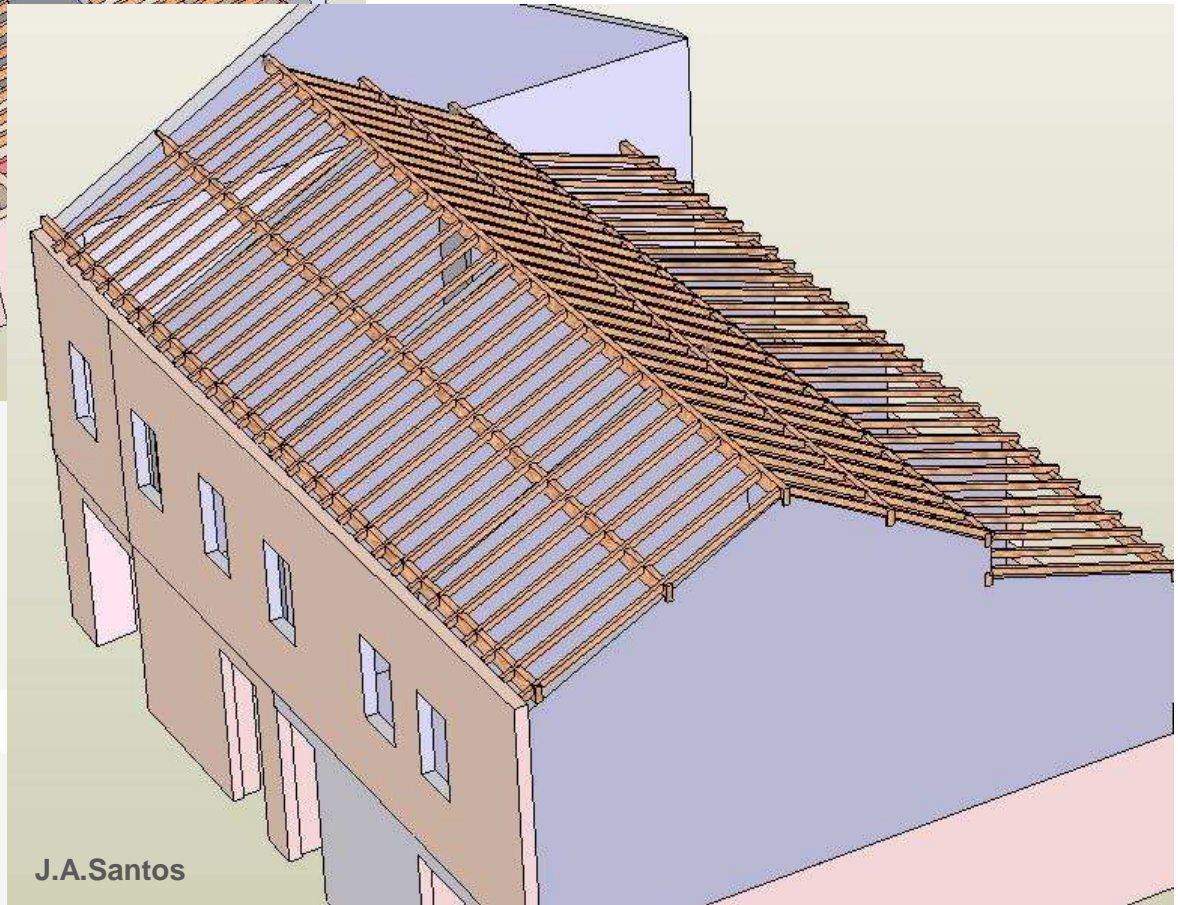


## Recuperação de edifícios antigos



J.A.Santos

## Estrutura dos pisos e cobertura em madeira lamelada-colada



J.A.Santos



Exemplo de aplicação de estrutura de 2 pisos

J.A.Santos  
e A. Marques Pinho





Detalhe de fixação das vigas às paredes, através de cantoneira de ferro

J.A.Santos  
e A. Marques Pinho



# Casa de palha ...

# Casa de palha - Marvão



Cortesia: Jorge Van Krieken

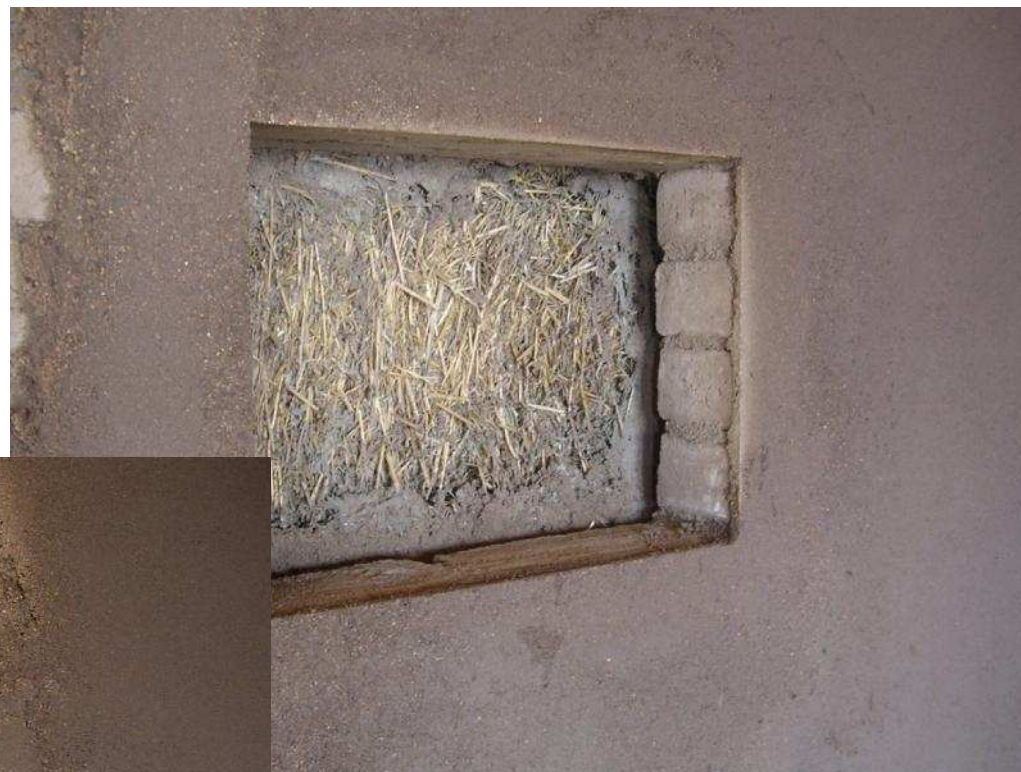
# Já com reboco de barro e cal



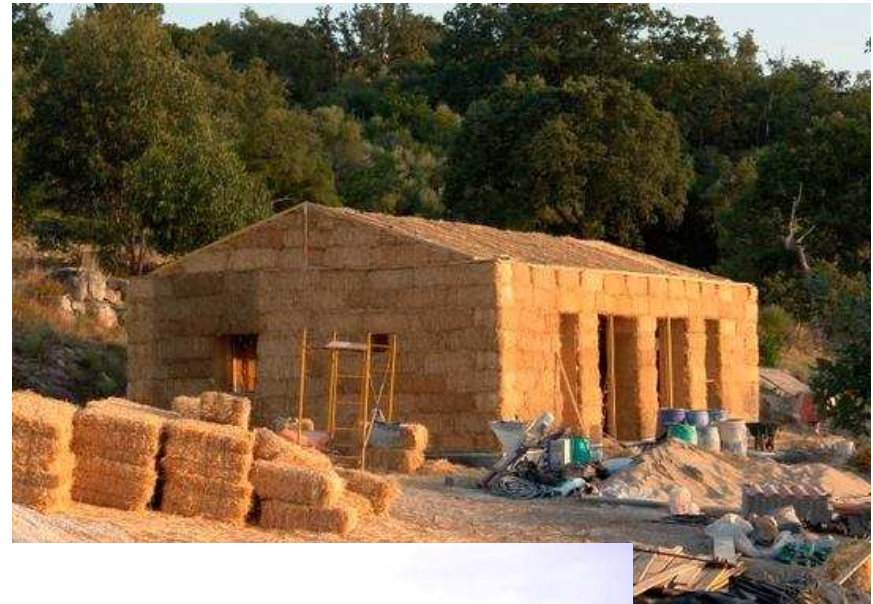
Cortesia: Jorge Van Krieken



Paredes interiores em tijolo de barro seco ao Sol, para conferir massa térmica



**Reboco interior de barro e saibro**



J.A.Santos



# Casa de palha ...

Baixo custo 200 a 300€ / m<sup>2</sup>

Máximo conforto térmico e ambiente

Uso de materiais locais (palha, linho, barro, cal)

Sistemas construtivos acessíveis à auto-construção

Soluções para elevada durabilidade

Construção rápida

# Conceito de estrutura base para construção de baixo custo

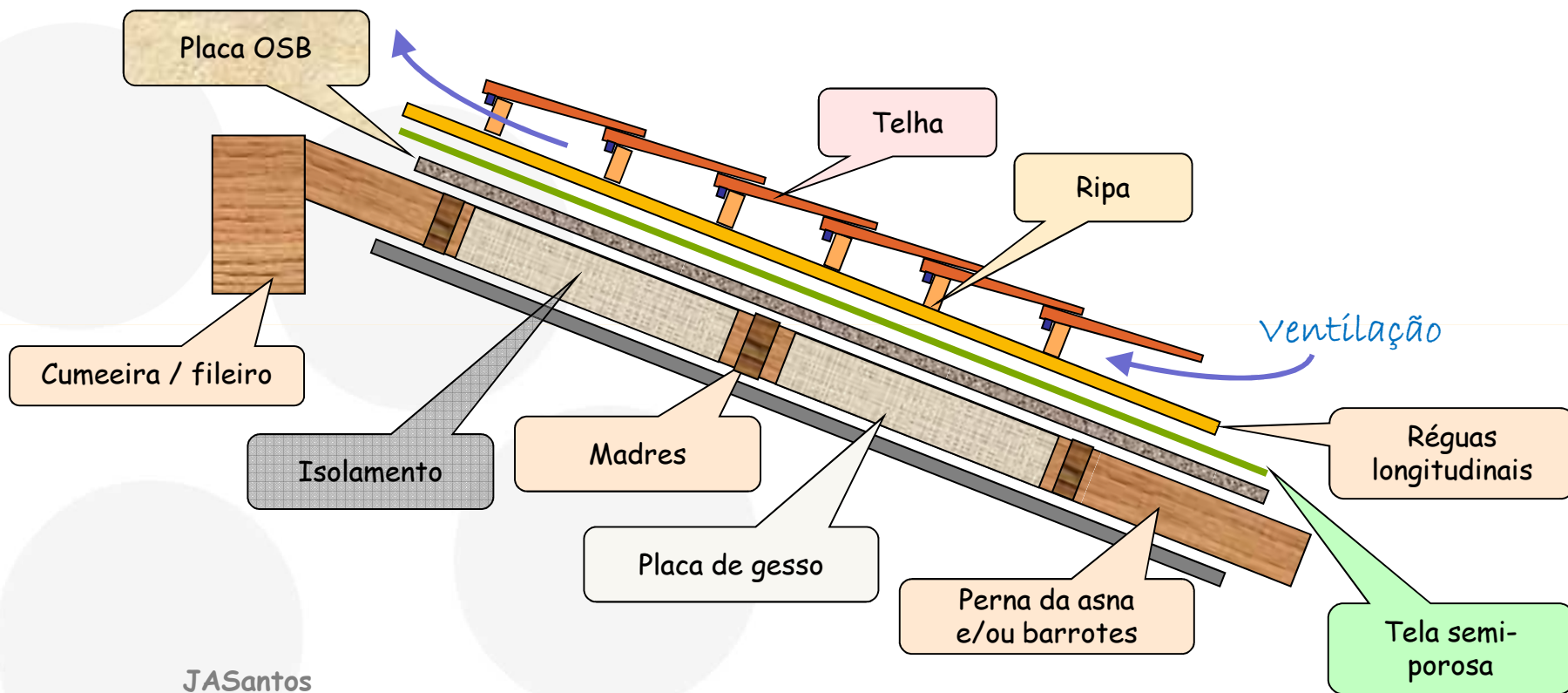


J.A.Santos

Isolamentos em placas minerais  
**Paredes ETICS** *External Thermal Insulation*  
*Composite Systems*



# Solução otimizada cobertura completa



JASantos

# Nova regulamentação na construção

Normas harmonizadas

Normas de ensaio

Especificações de qualidade

Marcação CE

## Classes de risco das madeiras

### NP EN 335-2:1994 - Durabilidade da madeira. Classes de risco de ataque biológico. Parte 2 – Madeira Maciça

Classes de Risco	Teor em água da madeira	Situações gerais em serviço	Principais agentes biológicos presentes em toda a Europa	Agentes biológicos de presença localizada
1	Inferior a 20 %	Sem contacto com o solo, sob coberto (pavimentos)	Carunchos	Térmitas
2	Ocasionalmente > 20 %	Sem contacto com o solo, sob coberto mas com risco de humedecimento (estruturas de cobertura)	Carunchos e podridão castanha	Térmitas
3	Frequentemente > 20 %	Sem contacto com o solo, não coberto (caixilharia)	Carunchos, podridão castanha e podridão branca	Térmitas
4	Permanentemente > 20 %	Em contacto com o solo ou água doce (fundações)	Carunchos, podridão castanha, podridão branca e podridão mole.	Térmitas
5	Permanentemente > 20 %	Na água salgada (pontões)	Carunchos, podridão castanha, podridão branca, podridão mole e xilófagos marinhos	Térmitas

## Anexo A EN 350-2

### Quadro 2 : Durabilidade natural e impregnabilidade de espécies Resinosas Norma Europeia

Nome científico	Nome comum	Origem	Massa volúmica / Intervalo de massa volúmica a 12% (m/m) de teor em água (kg/m³)	Durabilidade natural				Impregnabilidade		Largura do borne	Obs.
				Fungos	Hylotrupe	Anobiu	Térmitas	Cerne	Borne		
<i>Pinus pinaster</i> Ait. [= <i>P. maritima</i> Lam. non Mill.]	P: Pinho bravo E: Maritime Pine F: Pin maritime D: Seestrand-Kiefer	Sul e Sudoeste da Europa	530-540-550	3-4	S	S	S	4	1	g (grande)	

Cerne medianamente a pouco durável

Borne susceptível

Borne susceptível

Cerne susceptível

Cerne não impregnável

Borne facilmente impregnável



## Valores de cálculo para dimensionamento estrutural

NP 4305 (classe)	Nome Científico	Flexão (vc) $f_{m,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tracção // (vc) $f_{t,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Tracção ⊥ (vc) $f_{t,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Compr. // (vc) $f_{c,0,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Comp. ⊥ (vc) $f_{c,90,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Corte (vc) $f_{v,k}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	MOE// (vm) $E_{0,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	MOE// (vc) $E_{0,05}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	MOE ⊥ (vm) $E_{90,mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	MOD $G_{mean}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Massa Vol. (vm) $\rho_{mean}$ [kg/m <sup>3</sup> ]	Massa Vol. (vc) $\rho_k$ [kg/m <sup>3</sup> ]
PINHO BRAVO - Classe E	Pinus pinaster	18	10,8	0,46	18	6,9	2	12000	8000	400	750	580	460
PINHO BRAVO - Classe EE	Pinus pinaster	35	21	0,49	24,7	7,3	3,4	14000	9380	460	870	610	490
EN 338	C 18	18	11	0,3	18	4,8	2,0	9000	6000	300	560	380	320

Classe E contemplada na norma europeia:  
**EN 1912:2004 – Madeira estrutural – classes de qualidade –  
 Classificação visual e por espécies**



## Normas harmonizadas para madeira

### Revestimentos de piso

**EN 14342:2005+A1** - Pavimentos de madeira – Características, avaliação da conformidade e marcação

### Revestimentos de parede

**EN 14915:2006** - Lambris e painéis de madeira maciça – Características, avaliação da conformidade e marcação

### Derivados da madeira

**EN 13986:2002** Wood-based panels for use in construction – Characteristics, evaluation of conformity and marking

## Normas harmonizadas para madeira

### Estruturas de madeira

**EN 14080:2005** - Timber structures - Glued laminated timber - Requirements

**EN 14081-1:2005** - Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section - Part 1: General requirements

**EN 14250:2004** - Timber structures - Product requirements for prefabricated structural members assembled with punched metal plate fasteners

**EN 14374:2004** – Timber Structures – Structural laminated veneer lumber – Requirements

**EN 14545:2008** – Timber structures – Connectors – Requirements

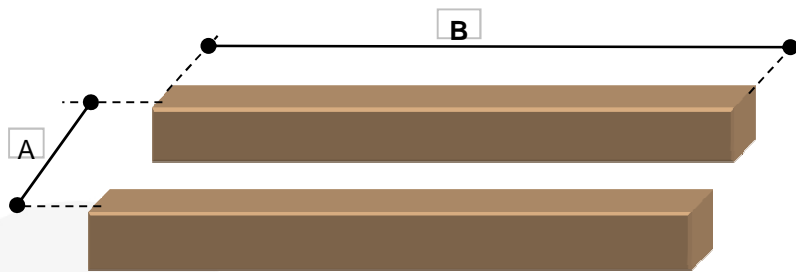
**EN 14592:** - Timber structures – Dowel-type fasteners - Requirements

# Protótipo de janela tipo Europeu Madeira portuguesa – carvalho negral



Fabricado por: Celso & Filhos (Viseu)

# Custos de componentes



Vigas de piso  $\cong 25 \text{ € / m}^2$



Viga lamelada, 6 m secção  $240 \times 110 \text{ mm}^2 = 95 \text{ € / cada}$   
Soalho estrutural, (pinho bravo) = 12 a 15 € / m<sup>2</sup>  
Forro - 10 € / m<sup>2</sup>

Exemplos:

Um piso completo de 80 m<sup>2</sup>  $\cong 2000 \text{ €}$

Cobertura (sem telha nem isolamentos)  $\cong 1500 \text{ €}$

# Conclusões

## Contribuição da madeira para a construção sustentável em Portugal

- Material natural, renovável e disponível em Portugal
- Matéria-prima pouco consumidora de energia na sua transformação;
- Tecnologia de fabrico acessível
- Boa qualidade e segurança
- Tempos de construção muito curtos
- Preços competitivos

# Conclusões

## Construção nova

- Estrutura e paredes de moradias individuais
- Revestimentos de piso
  - soalhos maciços estruturais, flutuantes, ...
- Partes decorativas da construção
  - Pérgulas, varandas, passadiços

## Reabilitação

- Estrutura de pisos
- Revestimentos de piso estruturais
- Paredes e divisórias
- Escadas

# Novos desafios

Edifícios de emissões zero  
Auto-suficientes em energia

Qual a componente energética global,  
incluindo dos materiais de construção ?

Fim

Obrigado pela atenção

