



**CTCV**

[www.ctcv.pt](http://www.ctcv.pt)  
ctcvinovação.ctcvempresas

centro tecnológico da cerâmica e do vidro | coimbra | portugal



## **Gestão de Energia**

# **As fontes de energia, as melhores técnicas disponíveis e os novos produtos**

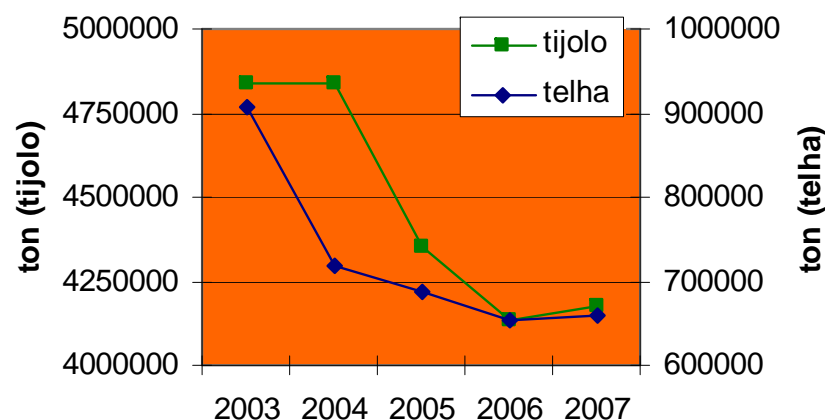
**António Baio Dias, CTCV  
Coimbra, Portugal**

Coimbra  
**6 de Novembro de 2008**

- O sector da cerâmica
- As melhores técnicas disponíveis
- Desenvolvimento de novos produtos

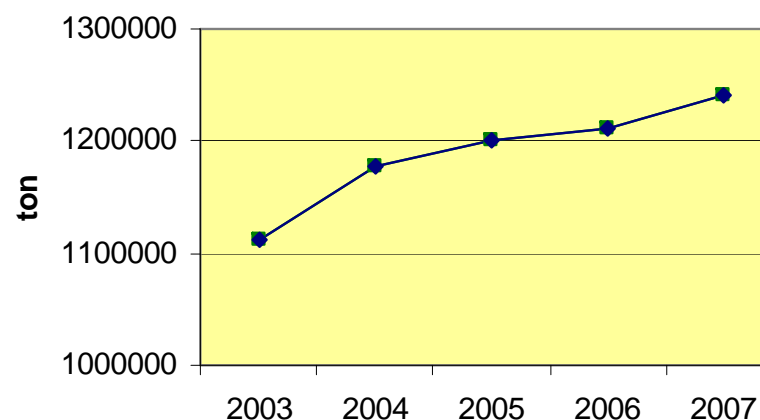
# O sector de Cerâmica de Construção em Portugal

## Produção Telha e Tijolo



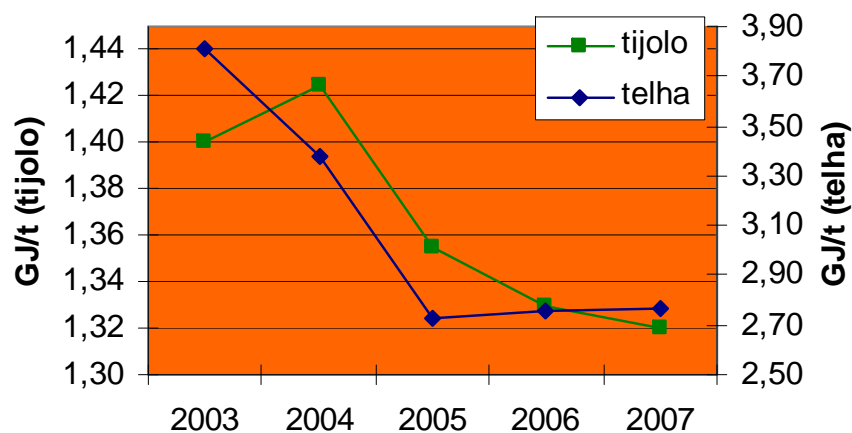
- Redução da produção (12,5% tijolo e 27% telha) e do número de empresas (actualmente 110 empresas);
- Crise acentuada no sector da construção nos últimos anos.

## Produção Pavimento e Revestimento



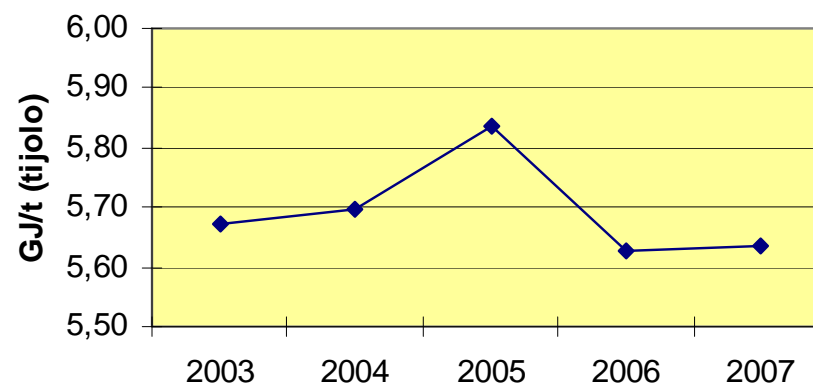
- Aumento da produção (11,5%) e concentração do número de empresas;
- forte capacidade exportadora.

## Consumos Específicos de Energia

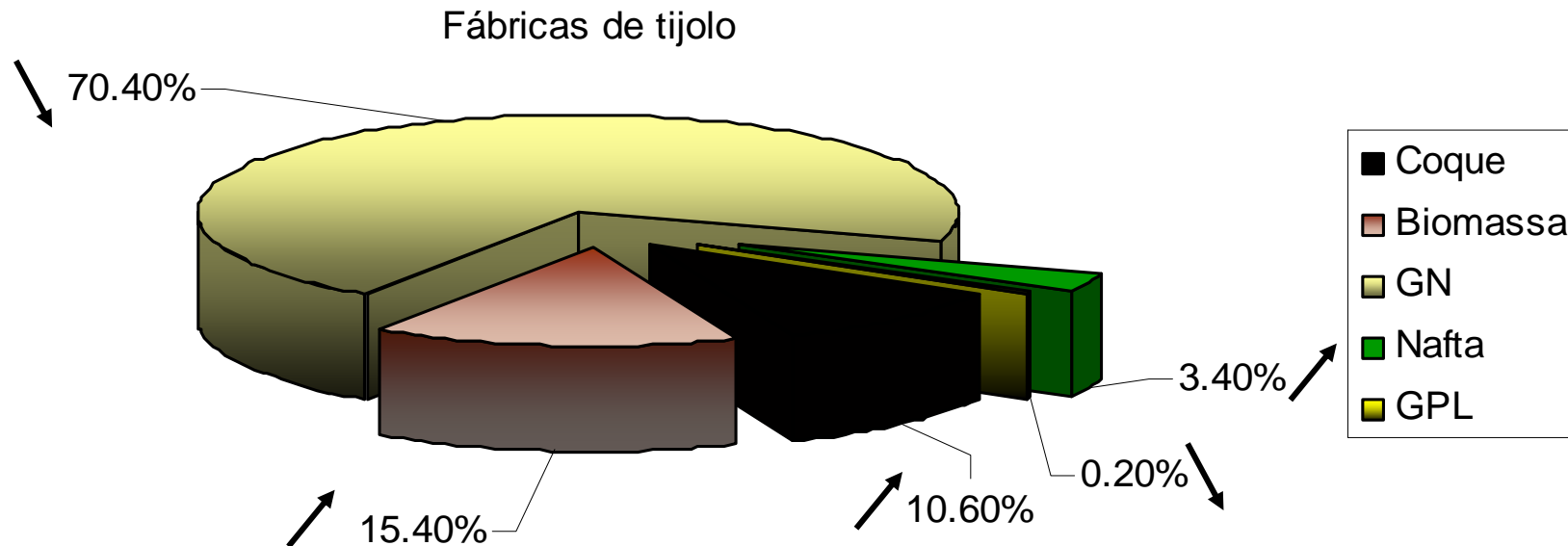


- Redução dos consumos específicos de energia na produção de telha (26%) e tijolo (7%) devido à melhoria da eficiência.

## Consumo Específico de Energia Pavimento e Revestimento



- Tendência para redução dos consumos específicos de energia (0,5%) embora a melhoria da qualidade do mix de produtos, aumente o consumo específico.



- O Gás Natural é o combustível mais usado na indústria cerâmica estrutural mas na produção de tijolo a biomassa e coque têm vindo a aumentar.

- O Gás Natural é o único combustível usado na indústria cerâmica de pavimentos e revestimentos devido à sua qualidade.

Impacte	Recurso/ Poluente	Valorização qualitativa
Consumo de recursos	Matérias-primas	••
	Água	•
	Energia	•••
Emissões para a atmosfera	Partículas, CO, CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , HF, HCl, COT, metais pesados	••
Efluentes líquidos	Água residual	••
Resíduos	Caco cerâmico	••
Ruído	Ruído ambiental	•

Um dos principais impactes ambientais na indústria cerâmica é devido ao processo de cozedura que necessita de elevados recursos energéticos.

# Emissões gasosas

www.ctcv.pt  
ctcv@inovação.ctcvempresas



Poluente		Partículas	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	HF	CO <sub>2</sub> <sup>(1)</sup>
Produto	Combustível	(mg/Nm <sup>3</sup> , 18% O <sub>2</sub> )				(mg/Nm <sup>3</sup> , 8% O <sub>2</sub> )	tCO <sub>2</sub> /TJ
Telha / Tijolo/ Pav./Rev.	Gás Natural	20,3 [15 a 30]	7,9 [0 a 20]	77,0 [50 a 250]	38,3 [10 a 110]	18,5 [5 a 100]	56,1
Tijolo	Biomassa	22,9 [20 a 300]	0,0 [0 a 10]	136,0 [50 a 250]	183,5 [10 a 200]	6,4 [5 a 100]	0,0
	Coque	43,6 [30 a 100]	455,3 [300 a 1500]	80,6 [50 a 250]	215,2 [100 a 500]	10,3 [10 a 100]	100,8
	Fuel	25,1 [20 a 100]	915,0 [400 a 1200]	455,0 [50 a 500]	198,0 [100 a 500]	27,4 [10 a 100]	73,3
Valores Limite de Emissão (VLE) <sup>(1)</sup>		300 estrut 150 pav/rev	1800	1500	1000	50	
Valores de Emissão Associados (VEA) – BREF		1 a 20	500 mp ≤ 0,25%: 2000 mp > 0,25%	250		1 a 10 estrutural 1 a 5 pav/ver	

# As Melhores Técnicas Disponíveis MTD

# Melhores Técnicas Disponíveis

## Consumos de Energia

www.ctcv.pt  
ctcv@inovacao.ctcvempresas



MTD - Melhor técnica disponível: (itens do Cap.5 do BREF)	Estado de implementação CERÂMICA ESTRUTURAL	Estado de implementação PAVIMENTO e REVESTIMENTO
<b>1. Consumos de energia</b>		
a) Redução dos consumos de energia pela aplicação das seguintes técnicas		
I. Concepção do forno e secador	Na maioria das empresas esta MTD encontra-se implementada de modo actual, existindo casos de empresas que ainda não se modernizaram	Na maioria das empresas esta MTD encontra-se implementada de acordo com o estado da arte.
II. Recuperação de excesso de calor do forno (utilização de ar quente da zona de arrefecimento do forno)	Implementada na maioria das instalações	São escassas as instalações que efectuem a recuperação de calor em excesso. Dadas as características dos equipamentos térmicos do sector nem sempre é praticável técnica e economicamente.
III. Substituição de combustíveis no processo de cozedura (substituição de fuelóleo pesado e combustíveis sólidos por combustíveis de baixa emissão)	Verifica-se uma assimetria no subsector, ou seja está implementada nuns casos e noutros não. Combustíveis comuns no forno: gás natural, biomassa, fuelóleo e o coque de petróleo. Cerca de 30-45% das empresas do subsector estão a gás natural.	Utilização de gás natural.
IV. Modificações nos materiais cerâmicos	Parcialmente implementada	Parcialmente implementada
a) Redução do consumo de energia primária através de cogeração	Na grande maioria das empresas esta medida ainda não foi implementada. Existem porém já alguns casos de sucesso com esta MTD's	Existem alguns casos de implementação de cogeração, porém pouco frequentes.

# Melhores Técnicas Disponíveis

## Consumos de Energia

[www.ctcv.pt](http://www.ctcv.pt)  
ctcv.inovação.ctcvempresas



- Turbina a gás para cogeração de calor e energia eléctrica.
- Aproveitamento do calor gerado, para os secadores;
- Venda da electricidade produzida.



- Tubagem de recuperação de calor para os secadores

# Melhores Técnicas Disponíveis Emissão de Poeiras

www.ctcv.pt  
ctcv@inovação.ctcvempresas



MTD - - Melhor técnica disponível: (itens do Cap.5 do BREF)	Estado de implementação CERÂMICA ESTRUTURAL	Estado de implementação PAVIMENTO e REVESTIMENTO
1. Emissões difusas de poeiras		
Reduzir as emissões difusas de poeiras pela aplicação das seguintes técnicas:		
a) medidas para operações pulverulentas (com emissões de poeiras)	a) Implementada parcialmente, com possibilidades de melhorias: --Humidificação das matérias-primas -Sistemas de aspiração	a) Implementada parcialmente, com possibilidades de melhorias: Sistemas de aspiração e tratamento. b) Implementada, com possibilidades de melhorias no armazenamento de MP em algumas unidades com preparação de pastas. Com ciclo parcial esta MTD está implementada e é eficaz..
a) medidas para áreas de armazenagem	b) Implementada parcialmente, com possibilidades de melhorias no armazenamento de MP. Acondicionamento das matérias-primas feito em armazém fechado após a fase de pré - preparação.	
1. Emissões confinadas de operações pulverulentas (com emissões de poeiras)		
–Reduzir as emissões para 1 - 10 mg/m <sup>3</sup> (médias de meia-hora), através da aplicação de filtros de mangas	Ainda não implementada na maioria das empresas, pois não possuem sistemas de tratamento. Existem porém já alguns casos de sucesso com esta MTD's	Existem sistemas de despoeiramento em muitas das instalações do subsector, no entanto nem sempre alcançam as emissões de 1-10 mg/m <sup>3</sup> .

# Melhores Técnicas Disponíveis Emissão de Poeiras

[www.ctcv.pt](http://www.ctcv.pt)  
ctcv inovação.ctcvempresas



- Filtros de mangas para retenção de poeiras

# Melhores Técnicas Disponíveis

## Emissões Gasosas

www.ctcv.pt  
ctcv@inovacao.ctcvempresas



MTD - - Melhor técnica disponível: (itens do Cap.5 do BREF)	Estado de implementação CERÂMICA ESTRUTURAL	Estado de implementação PAVIMENTO e REVESTIMENTO
1. Emissões de partículas do processo de secagem		
–Manter as emissões no intervalo 1 - 20 mg/m <sup>3</sup> (média diária), evitando a acumulação de resíduos de poeiras no secador e adoptando procedimentos de manutenção adequados	Implementada parcialmente em muitas empresas. Esta MTD carece de melhoria e não está a ser monitorizada em muitas instalações	Neste subsector, as empresas monitorizam os secadores, sendo que se cumpre com o actual VLE (300 mg/Nm <sup>3</sup> ), com grande margem, porém nem todas alcançam as emissões de 1-10 mg/m <sup>3</sup> .
1. Emissões de partículas do processo de cozedura		
–Reduzir as emissões de matéria particulada nos efluentes gasosos dos fornos para 1 - 20 mg/m <sup>3</sup> (média diária), através da :		
a)utilização de combustíveis de baixo teor de cinzas (p. ex. GN, GNL, GPL, “fuelóleo extra leve”)	Verifica-se uma assimetria no subsector, ou seja está implementada nuns casos e noutro não. Existem empresas que utilizam como combustíveis no forno: fuelóleo e o coque de petróleo. Cerca de 30-45% das empresas do subsector estão a gás natural.	Utilização de gás natural.

# Melhores Técnicas Disponíveis

## Emissões Gasosas

www.ctcv.pt  
ctcv.inovação.ctcvempresas



MTD - - Melhor técnica disponível: (itens do Cap.5 do BREF)	Estado de implementação CERÂMICA ESTRUTURAL	Estado de implementação PAVIMENTO e REVESTIMENTO
1. Emissões de partículas do processo de cozedura (cont.)		
a) minimização da formação de poeiras nas operações de carga do material a cozer		
–A aplicação de sistema de depuração (filtro de mangas ou precipitador electrostático) → VEA: < 20 mg/m <sup>3</sup>	Não implementada na maioria das empresas. As concentrações medidas situam-se abaixo dos VLE nacionais (300 mg/Nm <sup>3</sup> ).	Implementada mas para o tratamento de fluoretos e não para partículas. As monitorizações efectuadas têm revelado o cumprimento dos VLE aplicáveis estabelecidos na legislação em vigor.
–A aplicação de sistema de depuração (sistemas de adsorção em cascata) → VEA: < 50 mg/m <sup>3</sup>	Não implementada, excepto numa empresa. As concentrações medidas situam-se abaixo dos VLE nacionais (300 mg/Nm <sup>3</sup> ).	
5.2.5.2 PAVIMENTO e REVESTIMENTO - As MTD devem reduzir as emissões de poeiras (partículas) de efluentes gasosos dos processos de cozedura nos fornos para 1 - 5 mg/m <sup>3</sup> , como valor médio diário, através da aplicação de sistemas de tratamento por via seca com um filtro de mangas, também usado na remoção de fluoretos		
	Não aplicável	Este valor é muito exigente e mesmo difícil de monitorizar com os métodos utilizados na caracterização de efluentes gasosos

# Melhores Técnicas Disponíveis Emissões Gasosas

www.ctcv.pt  
ctcv.inovação.ctcvempresas



MTD - - Melhor técnica disponível: (itens do Cap.5 do BREF)	Estado de implementação CERÂMICA ESTRUTURAL	Estado de implementação PAVIMENTO e REVESTIMENTO
<b>1.Medidas / Técnicas primárias</b>		
a) Reduzir as emissões de compostos gasosos (i.e. HF, HCl, SOx, VOC, metais pesados) nos efluentes gasosos dos fornos, através: I. redução o input de percursores dos poluentes. II. optimização da curva de cozedura	Parcialmente implementada. As empresas procuram utilizar matérias primas com baixos teores de flúor, se disponível e praticável, bem como matérias primas e combustíveis com teores de percursores de poluentes o mais reduzido possível.	Parcialmente implementada. As empresas procuram utilizar matérias primas com baixos teores de flúor, se disponível e praticável, bem como matérias primas e combustíveis com teores de percursores de poluentes o mais reduzidos possível (gás natural).
a) Emissões de NOx nos efluentes gasosos dos fornos abaixo de 250 mg/m <sup>3</sup> (média diária, expressos como NO <sub>2</sub> ) para temperaturas cozedura inferiores a 1300 °C	As monitorizações efectuadas às emissões dos fornos, têm revelado o cumprimento destes VEAs.	As monitorizações efectuadas às emissões dos fornos, têm revelado o cumprimento destes VEAs.
a) Emissões de NOx de motores de cogeração abaixo de 500 mg/m <sup>3</sup> (média diária, expressos como NO <sub>2</sub> ), via medidas de optimização de processo	Nem sempre são alcançados os VEA propostos	Nem sempre são alcançados os VEA propostos

# Melhores Técnicas Disponíveis

## Emissões Gasosas

MTD - - Melhor técnica disponível: (itens do Cap.5 do BREF)	Estado de implementação CERÂMICA ESTRUTURAL	Estado de implementação PAVIMENTO e REVESTIMENTO
1. Medidas / Técnicas secundárias e em combinação com primárias para redução de compostos gasosos inorgânicos nos fornos		
a) Sistemas de adsorção em cascata		
a) Filtro de mangas ou precipitador electrostático		
<p>–A aplicação de medidas / técnicas primárias (5.1.4.1) e/ou secundárias, origina os VEAs seguintes (médias diárias):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fluoretos (como HF)- estrutural: 1 - 10 mg/m<sup>3</sup></li> <li>▪ Fluoretos (como HF)- pav. revestimento: 1 - 5 mg/m<sup>3</sup></li> <li>▪ Cloretos (como HCl): 1 - 30 mg/m<sup>3</sup></li> <li>▪ SO<sub>x</sub> (como SO<sub>2</sub>), conteúdo de S nas matérias primas ≤ 0,25%: &lt; 500 mg/m<sup>3</sup></li> <li>▪ SO<sub>x</sub> (como SO<sub>2</sub>), conteúdo de S nas matérias primas &gt; 0,25%: 500 - 2000 mg/m<sup>3</sup></li> </ul>	<p>Não implementada na grande maioria das instalações, apenas uma empresa possui sistema tratamento fluoretos (cascata). Os VEA estipulados serão de difícil cumprimento particularmente para o flúor e cloretos.</p>	<p>Implementada na grande maioria das instalações ou filtro cascata ou filtro de mangas. Os valores obtidos são porém em regra superiores aos VEA propostos particularmente para o flúor e cloretos. Este valor é muito exigente e mesmo difícil de monitorizar com os métodos utilizados na caracterização de efluentes gasosos</p>

# Melhores Técnicas Disponíveis Emissões Gasosas

www.ctcv.pt  
ctcv.inovação.ctcvempresas



Soluções de fim de linha para a redução de poluentes e partículas

- Filtro em cascata para remoção de remoção de HF, HCl, SO<sub>x</sub>
- Filtro de mangas para redução de partículas
- Queimador pós-combustão para redução de COT

# Novos produtos Projecto cBloco

# Projecto cBloco

## Alvenaria de enchimento vs Alvenaria confinada

www.ctcv.pt  
ctcv inovação.ctcv empresas



- Construção baseada em estrutura de betão pilares e vigas



- Os tijolos têm um papel passivo na estrutura;
- Pontes térmicas através dos pilares e vigas;
- Problemas de transmissão do ruído.

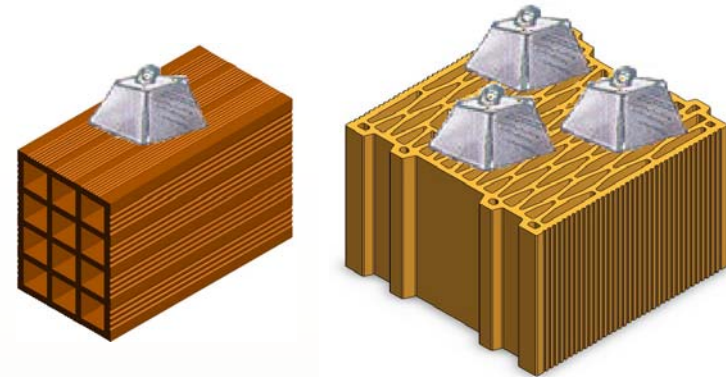
- Construção baseada em alvenaria estrutural



- Os tijolos têm um papel activo na estrutura;
- As pontes térmicas são minimizadas;
- Vantagens do ponto de vista da acústica.

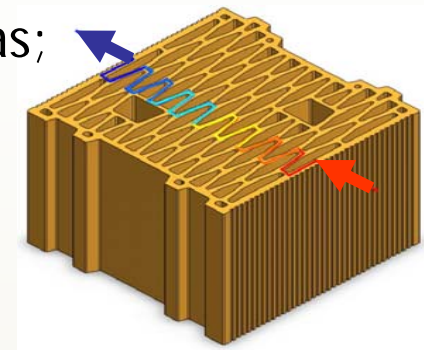
- **Maior resistência mecânica**

- Furação vertical



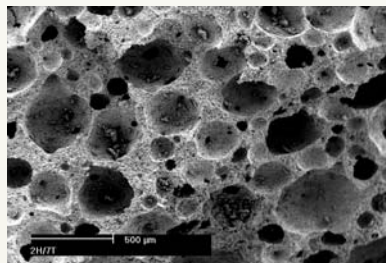
- **Melhor isolamento térmico**

- Septos desencontrados reduzem as pontes térmicas;
- Furos mais pequenos reduzem a convecção do ar;
- Baixa densidade do elemento cerâmico.



- **Baixa densidade da pasta cerâmica**

- Indução de porosidade com partículas orgânicas misturadas na pasta.











# Projecto cBloco

## Indução de porosidade na pasta

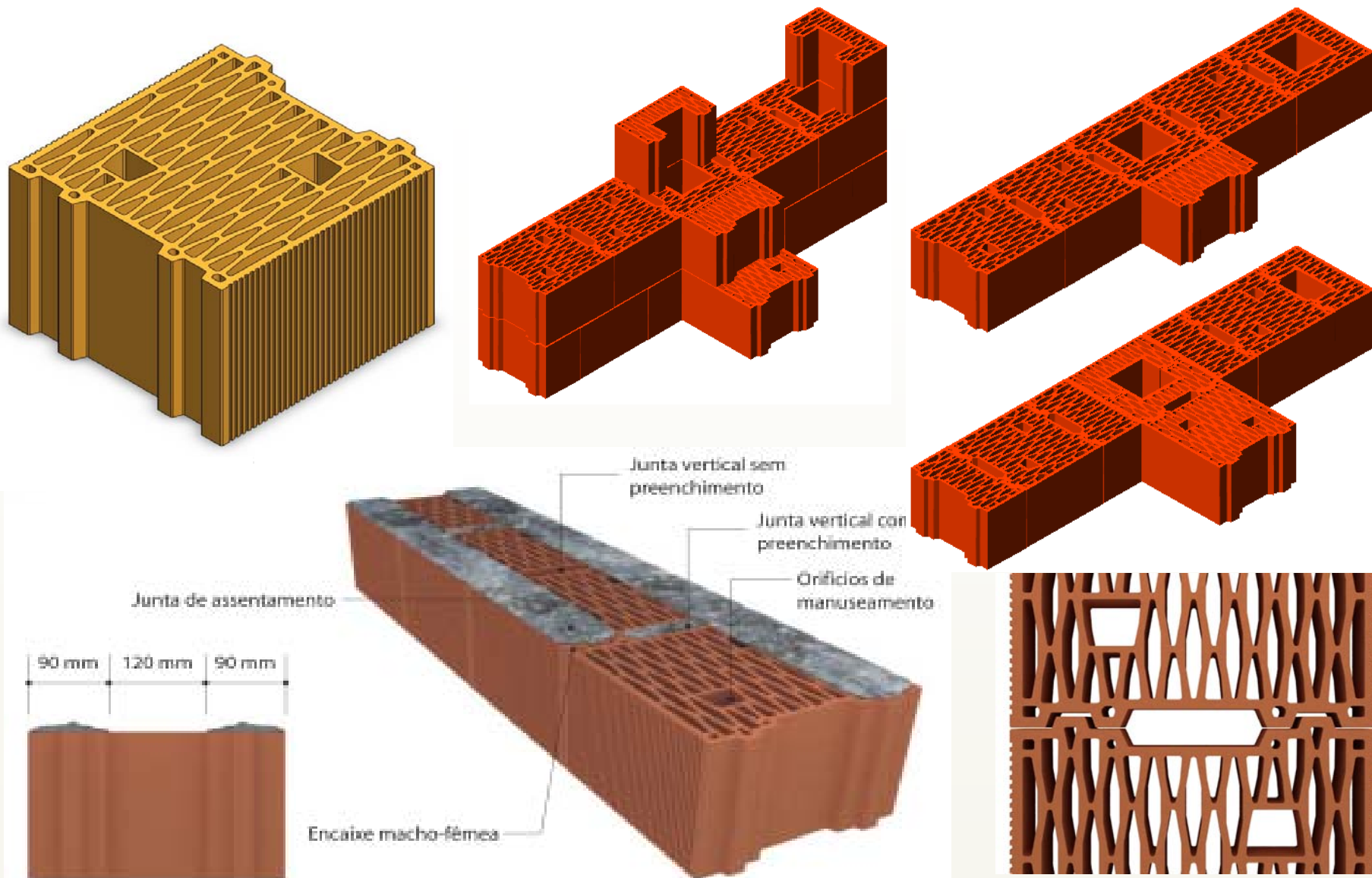
www.ctcv.pt  
ctcv.inovação.ctcvempresas



Produto	PCI [MJ/kg]	Granulometria		Comportamento mecânico (acima de 7 MPa)	Comportamento térmico (abaixo de 0,5 W/mK)
diatomito da indústria cervejeira	--	2 a 63 $\mu\text{m}$		Bom até 10 % VV	Bom acima de 20 % VV
lama primária de celulose	12,14	< 1 mm		Bom até 40 % VV	Bom acima de 40 % VV
poliestireno expandido granulado	--	< 2 mm		Bom até 25 % VV	Bom acima de 10 % VV
pó de aspiração de madeira	13,80	< 1 mm		Bom até 25 % VV	Bom acima de 25 % VV
argila expandida	--	< 3 mm		Bom até 10 % VV	mau
pó de cortiça	19,74	0,1 a 0,3 mm		Bom até 25 % VV	Bom acima de 40 % VV
coque de petróleo micronizado	31,0	< 75 $\mu\text{m}$		Bom até 25 % VV	Bom acima de 25 % VV
casca de arroz	12,78	2 a 4 mm		mau	Bom acima de 10 % VV

# Projecto cBloco Sistema de construção

www.ctcv.pt  
ctcv inovação.ctcv empresas



# Projecto cBloco

## Sistema de construção - acessórios

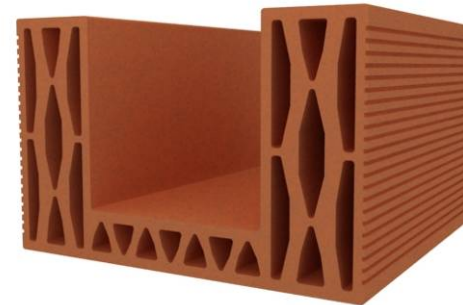
www.ctcv.pt  
ctcv.inovação.ctcvempresas



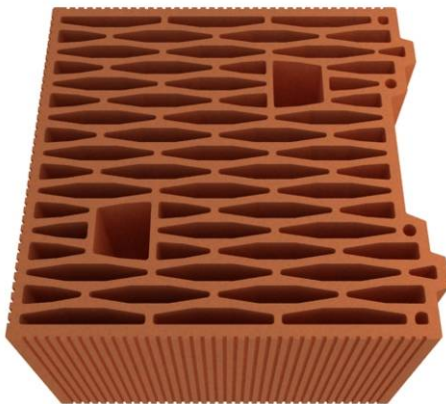
Confinamento de coluna



Confinamento de Lintel



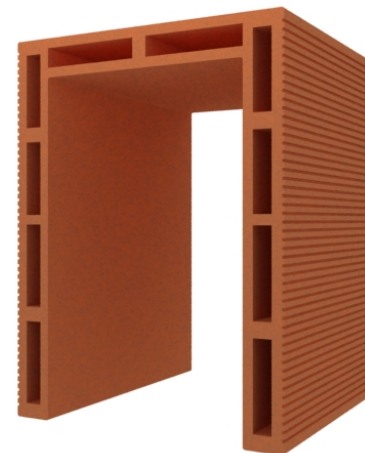
Partição



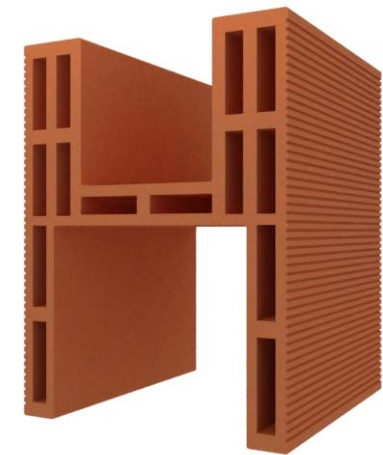
Terminal esq.



Terminal dir.



Caixa de estore



Lintel c/caixa estore

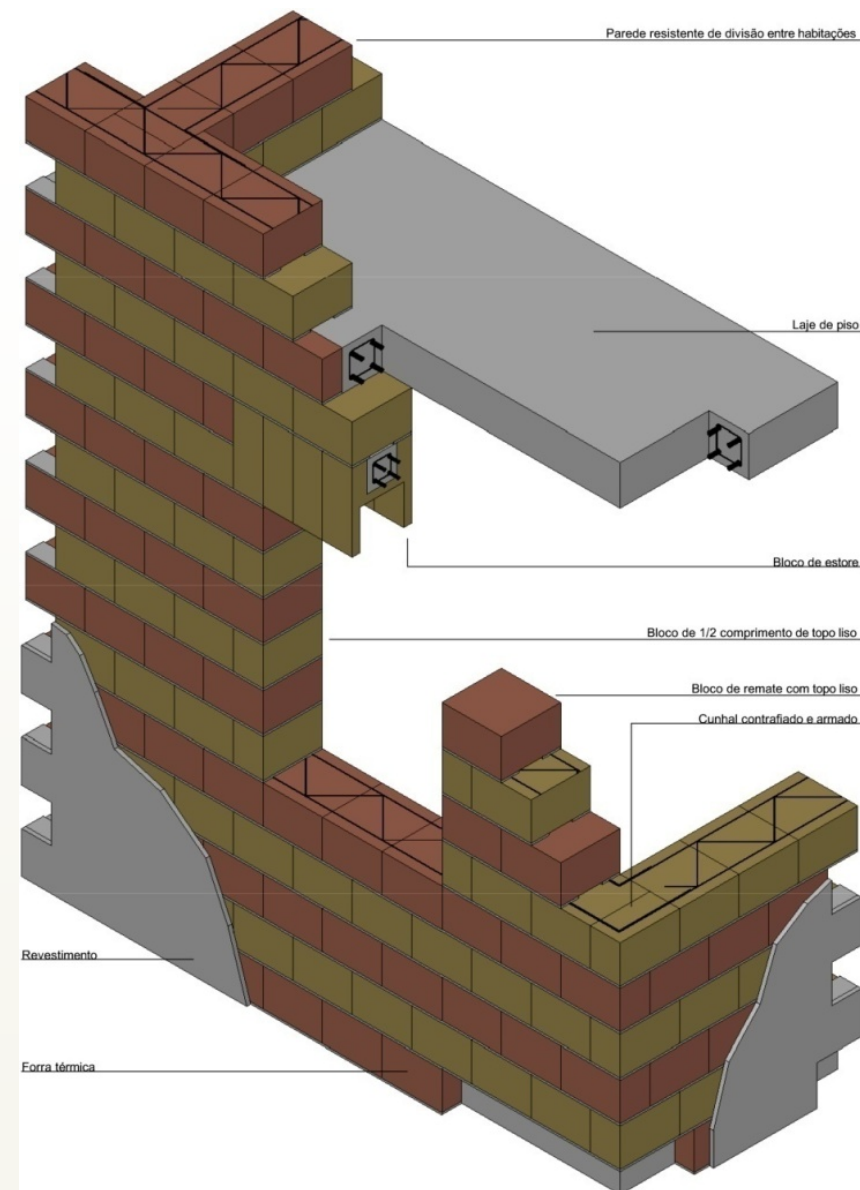
# Projecto cBloco Montagem

www.ctcv.pt  
ctcv inovação.ctcv empresas



## Economia e Produtividade

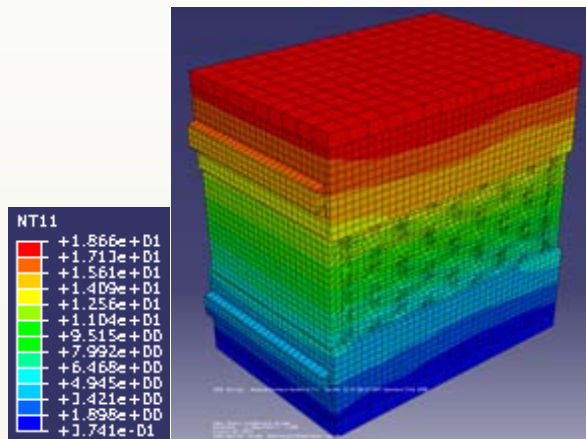
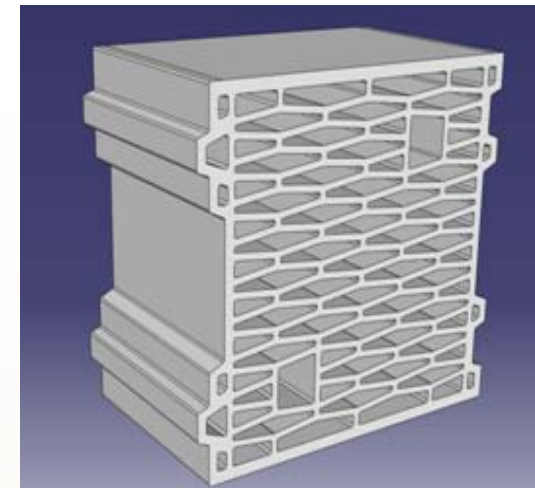
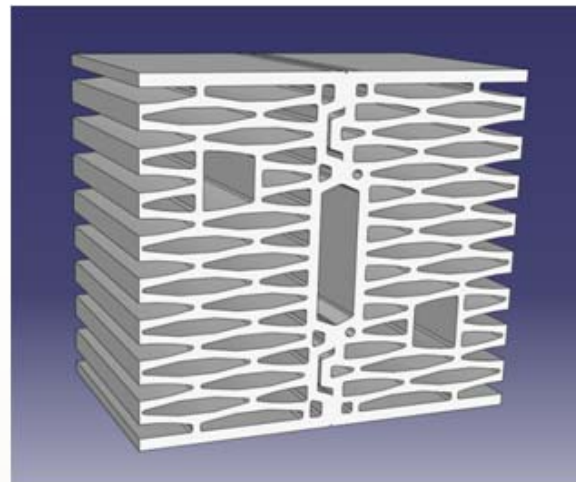
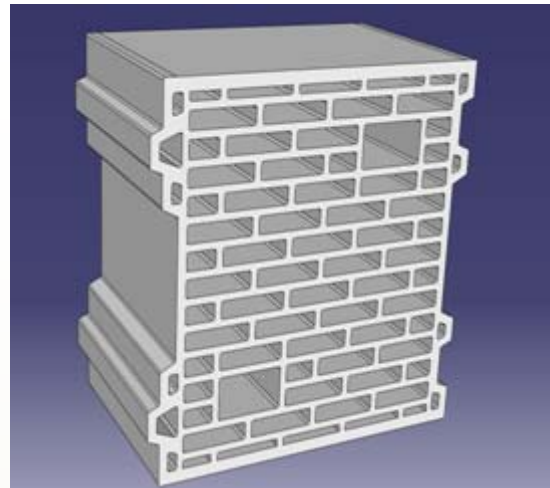
- Rapidez e facilidade de execução
- Simplicidade construtiva
- Peças complementares para resolução de pontos singulares
- Juntas de encaixe macheadas facilitam assentamento
- Orifícios de manuseamento dos blocos



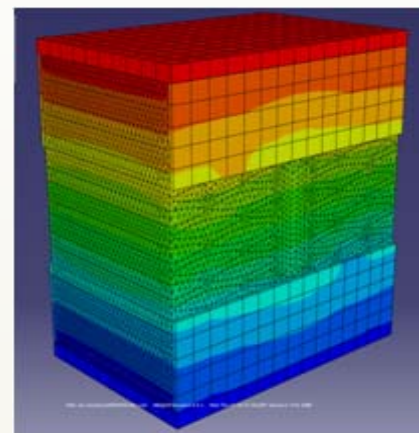
# Projecto cBloco

## Simulação térmica por elementos finitos

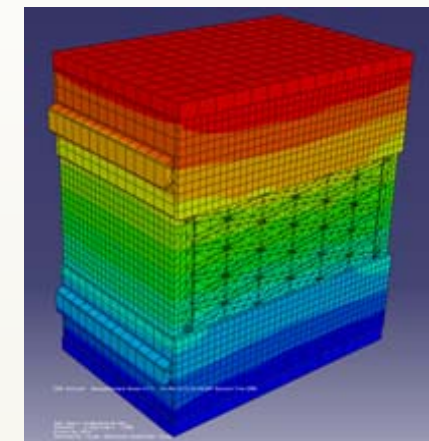
www.ctcv.pt  
ctcv@inovacao.ctcvempresas



U=0,59 W/(m<sup>2</sup>.°C)



U=0,57 W/(m<sup>2</sup>.°C)



U=0,56 W/(m<sup>2</sup>.°C)

# Projecto cBloco

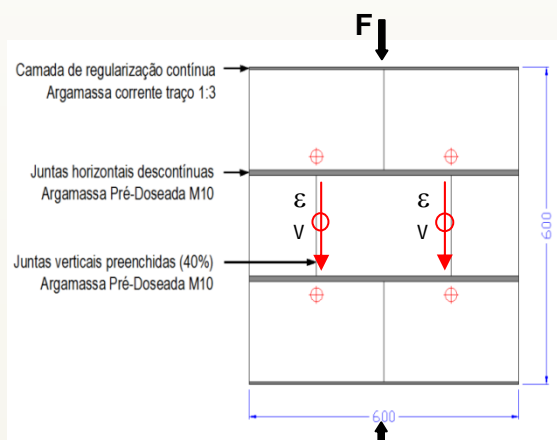
## Ensaio resistência mecânica

- Aspectos da Construção dos Provetes
- Aparelho de alvenaria e montagem dos provetes



(realização de juntas horizontais descontínuas, preenchimento das juntas verticais com argamassa pré-doseada M10, desfasamento das juntas verticais e aspecto final dos provetes em laboratório...)

- Aspectos da Caracterização Mecânica Experimental
- Determinação da resistência à compressão simples e módulo de elasticidade - EN 1052-1



$F$  (exemplo do princípio de ensaio, montagem, instrumentação e configuração de rotura dos provetes)

# Projecto cBloco

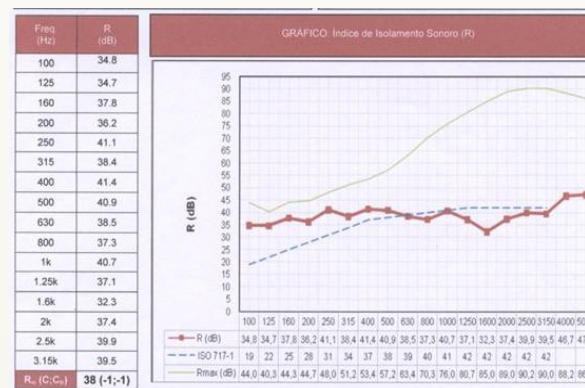
## Ensaio isolamento acústico

- Aspectos da Construção dos Provetes
- Aparelho de alvenaria e montagem dos provetes



(realização de juntas horizontais descontínuas e preenchimento das juntas verticais com argamassa pré-doseada M10, desfaseamento das juntas verticais, aspecto paredes construídas sem e com reboco na câmara acústica...)

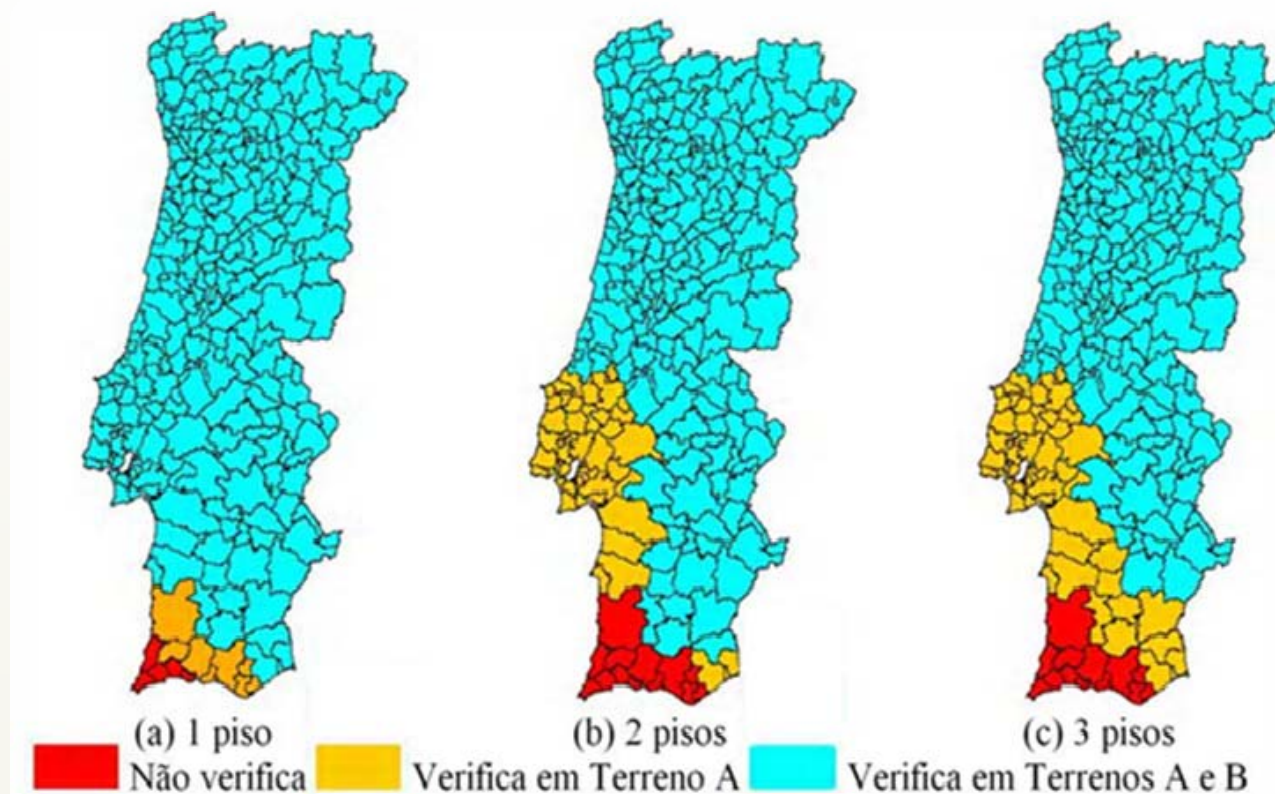
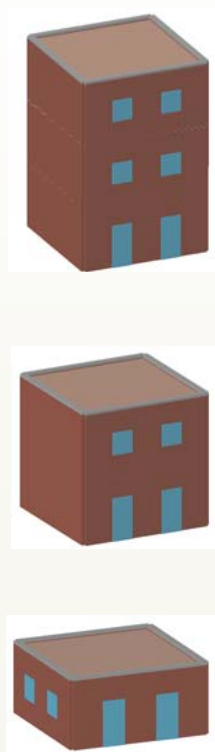
- Aspectos da Caracterização Experimental
- Realização de ensaios acústicos com a parede rebocada e não rebocada
- Resultados obtidos (isolamento sonoro,  $R_w$ ) : - parede rebocada: 44 dB; - parede não rebocada: 38 dB



(exemplo do ensaio acústico sem revestimentos (tosco)-câmara emissora e receptora - e determinação respectiva curva experimental do índice de isolamento sonoro)

- **Conclusão**

- Verificou-se que a construção de edifícios em alvenaria resistente não armada com unidades cBloco pode implementar-se, teoricamente, na maior parte do território nacional.
- A regulamentação actual, no entanto, apenas permite a construção de edifícios até um piso (Documento Nacional de aplicação do EC8).



# Novos produtos Fichas de Declaração do Ambiental dos Produtos EPD

# Fichas de declaração ambiental de produtos

www.ctcv.pt  
ctcv.inovação.ctcvempresas



Intelligent Energy Europe

Green-IT: Uma Iniciativa Europeia para a Eficiência Energética nos Produtos de Construção



## E<sup>2</sup> Pilot – COMPROMISSO DE PRODUTO

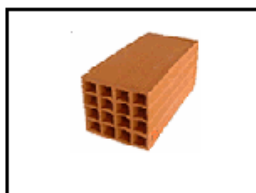
### INFORMAÇÃO DE PRODUTO

Data:

#### EMPRESA:

declara fornecer e actualizar toda a informação indicada sobre

Nome do Produto  
Grupo\* Tijolos  
Tipo  
Nome de contacto  
Morada:  
Assinatura



\* Grupo 'Tijolos': Todos os produtos em tijolo associados ao processo de construção que contribuem para o desempenho energético global de um edifício. Elementos combinados ou sistemas são definidos em outras famílias de produtos.

### DADOS OBRIGATÓRIOS (documentados a nível UE, e.g. marcação CE, ou equivalente por Laboratório acreditado)

Condutividade Térmica ( $\lambda$ )= (W/mK)

#### DADOS VOLUNTÁRIOS

Energéticos	Densidade ( $\rho$ ) - (Kg/m <sup>3</sup> )	U - W/ m <sup>2</sup> K f(espessura)	
	Calor específico(c)- (kJ/kg K)	Energia Incorporada (da extração à porta da fábrica)- (KJ/ m <sup>2</sup> )	
Ambientais	Consumo de água - (m <sup>3</sup> / m <sup>2</sup> )	Volume de resíduos, (Kg/ m <sup>2</sup> )	Emissões de CO <sub>2</sub> - (Kg/m <sup>2</sup> )
	Consumo de recursos não renováveis - (Kg/ m <sup>2</sup> )	Potencial de reciclagem - (Kg/m <sup>2</sup> )	Emissões de SO <sub>x</sub> - (Kg/m <sup>2</sup> ) Emissões de tóxicos (e.g. cádmio/ arsénio) - (Kg/m <sup>2</sup> )

### INFORMAÇÃO ACESSÓRIA

Rótulos associados	1. Organização: _____	Nº Registo: _____
	2. Organização: _____	Nº Registo: _____
Sistemas de classificação	Nome do Sistema: Marcação CE	Categoria do produto: _____
Soluções Construtivas	1. _____	
	2. _____	

- Levantamento dos indicadores de desempenho energético e ambiental dos produtos
- Base de dados europeia
- Incentivo aos produtos mais eficientes
- Obrigatoriedade a médio prazo

# Novos produtos Projecto Solar Tiles



## Desenvolvimento de Sistemas Solares Fotovoltaicos em Coberturas e Revestimentos Cerâmicos

- Objectivos

- desenvolvimento, à escala laboratorial, de protótipos funcionais de produtos cerâmicos fotovoltaicos integrados que incorporem, de raiz e por deposição, filmes finos fotovoltaicos
- desenvolvimento de protótipos caracterizados por uma elevada qualidade estética e desempenho técnico
- utilização de filmes finos do tipo silício nanocristalino ou polimorfo, introduzindo inovação ao nível da tecnologia solar fotovoltaica



# Apresentação do Projecto - competências

www.ctcv.pt  
ctcv@inovacao.ctcvempresas



- especificação, caracterização, produção e ensaio de substratos cerâmicos



- especificação, caracterização, produção e ensaio de filmes finos nanocristalinos/polimorfos



- especificação, caracterização e avaliação de características funcionais, arquitectónicas e de mercado



- ensaio protótipos



- divulgação e disseminação do projecto





A Sustentabilidade na Indústria Cerâmica Portuguesa, APICER 2008



Guia de Boas Práticas de medidas de Utilização Racional de energia e energias renováveis, CTCV 2007



Guia para Implementação de um Sistema de Controlo da Produção para a Marcação CE de Tijolo Cerâmico, Telha Cerâmica e Acessórios, APICER/ CTCV 2007



Impactes Ambientais e Comércio de Emissões na Indústria Cerâmica, APICER/ CTCV 2004



## Contactos

[www.ctcv.pt](http://www.ctcv.pt)

[centro@ctcv.pt](mailto:centro@ctcv.pt)

[baiodias@ctcv.pt](mailto:baiodias@ctcv.pt)