



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



ISOLAMENTO TÉRMICO

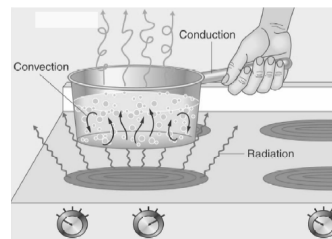
Processos Gerais de Construção

TRANSMISSÃO DE CALOR

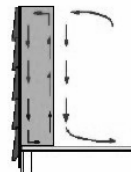
A transmissão de calor entre locais diferentes, situados no mesmo meio ou não, é um dos fenómenos físicos mais comuns. Basicamente, ela acontece em três modos distintos:

Condução – A energia térmica é transportada entre partes de um meio contínuo pela transferência de energia cinética entre partículas individuais ou grupos de partículas, ao nível atómico:

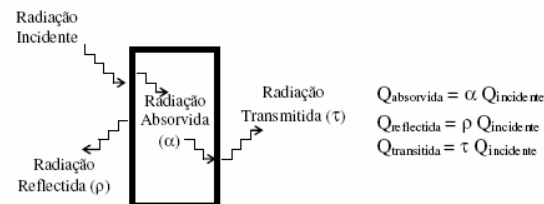
- Gases: choque entre partículas;
 - Metais: movimento de electrões livres;
 - Líquidos e outros sólidos: vibrações de estrutura reticular.
- A Condução de calor dá-se entre dois corpos que estejam em contacto, ou entre uma zona de um corpo para outra zona do mesmo corpo e, é um mecanismo que envolve a transferência de energia cinética de moléculas a temperatura mais elevada para moléculas a temperatura mais baixa. Uma barra metálica aquecida numa extremidade, rapidamente fica quente na outra extremidade. A transferência de calor dá-se sem transporte de matéria.
 - As leis da condução podem ser expressas de forma matemática e a análise do fluxo de calor pode ser tratada analiticamente em muitos casos.



- **Convecção:** o calor transmite-se por partículas do meio, que se movimentam de um local para outro. Ocorre com líquidos e gases. Convecção natural (ou convecção livre) é a que acontece sem acção de agentes externos. O movimento dá-se pela diferença de temperatura entre partículas. Na convecção forçada o movimento é provocado predominantemente pela acção de agentes externos como ventiladores.



- **Radiação:** a transmissão ocorre sem contacto físico entre os corpos, através de ondas electromagnéticas de comprimentos de onda na faixa de 0,75 a 400 μm .



Em muitos casos práticos, a transmissão de calor acontece com a acção simultânea dos três processos citados

- **Condutibilidade térmica, λ** , que expressa a quantidade de calor que atravessa, na unidade de tempo, uma superfície de área unitária, para uma diferença unitária de temperatura entre essa superfície e outra situada a uma distância unitária. A condutibilidade térmica varia com a densidade, com o teor em humidade e com a temperatura do material. As unidades em que esta grandeza está expressa são $W/m \cdot ^\circ C$ ou $W/m \cdot ^\circ K$.
- **Calor específico, c** , que expressa a quantidade de calor necessária para elevar de um grau a temperatura de uma massa unitária do material. As unidades em que esta grandeza está expressa são $J/kg \cdot ^\circ C$ ou $J/kg \cdot ^\circ K$.
- **Coefficiente Global de Transferência de Calor - U** - (igual ao Coeficiente de Transmissão Térmica, K) e igual ao inverso da Resistência Térmica Total - R_t .

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_e} + \sum_{i=1}^n \frac{e_i}{K_i} + \frac{1}{h_i}$$

Sendo:

U - coeficiente global de transferência de calor ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

h_i e h_e - condutância térmica superficial interior e exterior, respectivamente, (traduz a soma das trocas por convecção e radiação entre o paramento e o fluido, por unidade de superfície e de diferença de temperatura) ($W/m^2 \cdot ^\circ C$).

O valor destas grandezas é fortemente condicionado pela parcela devida à convecção, a qual depende principalmente da diferença de temperatura entre o ambiente e o paramento, da rugosidade da superfície, da velocidade com que o fluido circula sobre a superfície e da orientação do sentido do fluxo

e - espessura do elemento (m)

K - condutibilidade térmica do material que constitui o elemento ou a camada ($W/m \cdot ^\circ C$), depende das características do material (massa específica, porosidade, teor de humidade), sendo, em geral, elevada para materiais densos e crescendo com o teor de humidade para o mesmo material.

ISOLAMENTO TÉRMICO

Considerações Gerais

- **A regulamentação em vigor obriga à colocação de isolamento térmico na envolvente exterior de um edifício, e à protecção da radiação solar nos vãos envidraçados expostos, sobretudo à orientação sul.**
- **Para uma parede exterior, a transmissão de calor é função da sua espessura e da natureza dos materiais que foram empregados na sua construção.**
- **Para um mesmo material, quanto maior for a sua espessura menor será a sua capacidade de transmissão de calor.**
- **Para uma mesma espessura constituída por diversos materiais, a quantidade de calor transmitida será diferente conforme a condutibilidade térmica dos materiais utilizados na sua construção.**
- **Por exemplo, uma parede de tijolo maciço de 22 cm de espessura, tem sensivelmente o mesmo coeficiente de transmissão de calor que uma parede de pedra de 50 cm de espessura**
- **O problema que se coloca, é como diminuir o “coeficiente global de transferência de calor” (U) de modo a satisfazer a regulamentação em vigor, tendo em conta os necessários investimentos adicionais, considerados como razoáveis, isto é, com um tempo de retorno do investimento admissível.**

O AUMENTO DA RESISTÊNCIA TÉRMICA DA ENVOLVENTE

- **Para aumentar a resistência térmica das paredes, pavimentos, tectos, e coberturas, é necessário proceder a um adequado isolamento térmico do edifício, adicionando uma camada de material isolante que impede que o calor atravesse a envolvente do interior para o exterior durante o Inverno, e vice - versa durante o Verão.**
- **Para este efeito utilizam-se os isolamentos térmicos (fibra de vidro, poliestireno, poliuretano, pedra pómes, cortiça, perlite, lã de rocha, etc.).**
- **Os materiais isolantes, conforme os casos, podem utilizar-se sob a forma de espumas, de painéis rígidos ou ainda sob a forma de de almofadas ou feltros.**

DIMINUIÇÃO DO COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

- **O coeficiente global de transferência de calor pode ser diminuído, aumentando a espessura das paredes do edifício. Contudo a tendência actual é contrária a este princípio, porque as pequenas espessuras permitem obter espaços interiores de maiores dimensões, a um custo inferior, embora com prejuízo da inércia térmica da envolvente do edifício, que é um factor importante durante o período de Verão e de Inverno com uma utilização racional de energia térmica.**
- **Empregando materiais de baixa condutibilidade térmica, é possível igualmente diminuir o valor de U. Um tijolo perfurado é termicamente mais eficiente do que um tijolo maciço, sendo este mais eficiente do que o betão.**
- **Uma lâmina de ar (caixa de ar) faz diminuir consideravelmente o valor de U. Uma parede de tijolo maciço de 22 cm de espessura, tem sensivelmente um valor de U de 2.25 W/m².°C. Uma parede constituída por duas fiadas de tijolo maciço de 11 cm de espessura, separadas por uma caixa de ar de 3 cm de espessura, faz diminuir o valor de U para cerca de 1.65 W/m².°C, isto é, a interposição de uma caixa de ar tem como resultado a transmissão de menos 25% de energia térmica.
Deve referir-se que a caixa de ar é tanto mais eficiente quanto menos espessura tiver, de modo a evitar movimentos de convecção do ar no seu interior.**
- **Por outro lado, uma espessura de 6 cm de isolamento térmico do tipo lã de vidro ou equivalente, colocado no interior de uma parede dupla de tijolo, faz diminuir o valor de U para cerca de 0.45 W/m².°C.**

- **Isto é, a substituição da caixa de ar por uma espessura bastante superior de lã de mineral (ou material plástico alveolar), melhora ainda mais o valor do coeficiente de transferência de calor da parede.**
- **Actualmente, para satisfazer os regulamentos em vigor, as espessuras mínimas do isolamento das paredes exteriores são da ordem dos 7 a 10 cm, obtendo-se valores de $U \leq 0.45 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, com paredes designadas como termicamente optimizadas.**
- **Pode-se ainda obter coeficientes U relativamente pequenos com paredes de pequena espessura (cerca de 8 cm, feitas com materiais leves termicamente isolantes). Estas paredes, (designadas por paredes cortina), têm um coeficiente de transferência de calor U semelhante à de uma parede bastante mais espessa, construída com materiais tradicionais, embora com muito pouca inércia térmica.**
- **No entanto, um local bem isolado com grandes vãos envidraçados, provoca uma perda assimétrica de calor no corpo humano, principalmente na direcção das janelas, pelo que é necessário tomar a assimetria radiante em linha de conta, como sendo um factor de desconforto. O aquecimento e o arrefecimento ambiente por radiação, conseguem ultrapassar esta situação.**



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



MATERIAIS DE ISOLAMENTO TÉRMICO

Processos Gerais de Construção

Classificação dos isolantes térmicos

Quanto ao modo de produção

- **Isolantes prefabricados:**
 - Blocos
 - Painéis
 - Placas
 - Mantas
 - Outros (com formas especiais)

- **Isolantes executados “in situ”**
 - Isolantes moldados
 - Isolantes injectados
 - Isolantes projectados
 - Isolantes a granel



Quanto à estrutura

- Materiais celulares
- Materiais fibrosos
- Materiais compactos
- Materiais granulares
- Materiais com estrutura mista
- Materiais de camadas múltiplas



Quanto à natureza das matérias primas

- Isolantes minerais
- Isolantes vegetais
- Isolantes sintéticos
- Isolantes mistos

Tipos de aplicação e fixação dos isolantes térmicos

Isolantes prefabricados

- Fixação mecânica
- Colagem
- Colocação livre
- Cofragem perdida
- Aplicação em fundo de molde

Isolantes executados “in situ”

- Moldagem
- Injecção
- Projecção
- Colocação a granel



INSTITUTO POLITÉCNICO DE TOMAR
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS ISOLANTES TÉRMICOS

Processos Gerais de Construção

- **Isolantes de origem mineral**

Lãs minerais

- Lã de vidro
- Lã de rocha



Espuma de vidro (ou vidro celular)

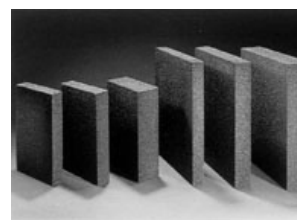
Perlite expandida

Vermiculite expandida

Argila expandida

Betões leves isolantes

- Betão celular
- Betões com inertes leves (argila ou xisto expandido, perlite, vermiculite, poliestireno, espuma de vidro)

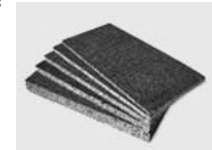


Rigid Slab



- **Isolantes de origem vegetal**

Aglomerado de cortiça expandida (ou aglomerado negro de cortiça)



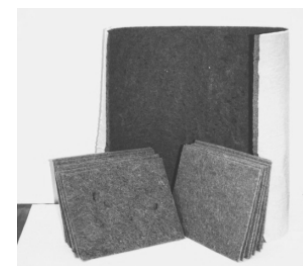
Aglomerado de fibras de madeira

Lã de madeira (aglomerado de aparas de madeira mineralizada com cimento)

Isolantes com base em fibras vegetais (sisal, fibras de coco)

- **Isolantes de origem vegetal**

Lã de ovelha



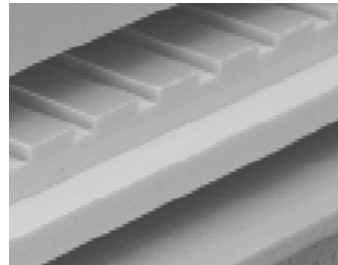
Isolantes sintéticos

- **Poliestireno Expandido**
- **É um produto resultante da expansão e aglomeração de granulados provenientes da carbo e petroquímica.**
- **A sua condutibilidade térmica varia entre 0.044 e 0.037 W/m.k.**
- **É um material facilmente inflamável, sendo considerado da categoria M4 sob o ponto de vista de reacção ao fogo, estando a sua resistência ao calor limitada a 70 °C.**
- **É mau isolante acústico.**
- **É contudo um material inodoro, imputrescível, estável à acção da água (mesmo à água do mar). Não resiste contudo à acção da acetona, do ácido nítrico, gasolina, benzina, éter, e óleos minerais.**



- **Poliestireno Extrudido**

- **É fabricado a partir das mesmas matérias primas do anterior, sendo a aglomeração dos granulados realizada por um processo de extrusão.**
- **Obtem-se um isolante de melhor qualidade que o anterior, com grande impermeabilidade ao vapor de água, boa resistência mecânica e menor condutibilidade térmica. As restantes características são idênticas ao anterior.**



- **Espuma rígida de poliuretano**
- **As espumas de poliuretano são obtidas por reacção química de isocianatos sobre um constituinte de polioliol e de outros activantes e insuflantes. O ar provisionado nas células é por vezes substituído por anidrido carbónico ou hidrocarbonatos halogenados, que pioram consideravelmente a condutibilidade térmica do material, a qual varia entre 0.029 a 0.03 W/m.°C.**
- **Apresenta muita boa impermeabilidade ao vapor de água.**
- **Do ponto de vista de segurança contra incêndio é classificado na categoria M5, isto é, uma substância muito facilmente inflamável. Deverá portanto receber um tratamento especial para resistir ao fogo. Em caso de incêndio, a espuma de poliuretano liberta gases tóxicos, em especial o ácido clorídrico, o qual pode pôr em risco o pessoal de luta contra incêndio.**
- **A sua resistência ao calor é cerca de 140 °C, e é considerado um mau isolamento acústico. Estas espumas podem ser fabricadas no local, o que permite uma aplicação rápida por injeção ou por projecção.**



Processos Gerais de Construção

- Espuma rígida à base de PVC (Policloreto de vinil)

- Apresenta baixa condutividade térmica, boa impermeabilidade ao vapor de água e boa resistência mecânica.
- O seu custo é muito elevado, pelo que só é aplicado em casos muito particulares.
- É considerado sob o ponto de vista de reacção ao fogo na classe M1, isto é, não inflamável.
- A sua condutibilidade térmica está compreendida entre 0.031 e 0.034 W/m °C.
- Este material não é atacado por roedores ou insectos, e apresenta poucas possibilidades de utilização em acústica.

- Espuma Fenólica

- São espumas rígidas obtidas por expansão de uma resina formofenólica misturada com um agente de expansão e aditivos.
- Apresenta uma condutividade térmica de 0.044 W/m °C.
- É considerado um material da classe M1, isto é, não inflamável.
- Apresenta boa resistência mecânica, embora o seu aspecto superficial seja poeirento e friável.
- É um material insensível aos microorganismos e não atacado por roedores.
- Apresenta fracas propriedades acústicas.

Produtos minerais

Fibras Minerais

- **Fibras ou lãs de vidro ou de rocha**
- **-São fibras obtidas por extrusão de minerais fundidos, em diâmetros muito pequenos.**
- **Os filamentos obtidos são aglomerados por meio de resinas sintéticas. Apresentam uma condutibilidade térmica de cerca de $0.041 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$, com uma massa volúmica de 20 a 300 Kg/m^3 .**
- **Apresentam uma grande permeabilidade ao vapor de água, sendo a sua utilização apenas possível como isolamento primário, em conjunto com uma barreira anti-vapor.**
- **A sua resistência ao fogo está classificada nas classes M0, isto é, incombustível, e M1, não inflamável.**
- **São quimicamente inertes, imputrescíveis, não provocam corrosão e não favorecem o desenvolvimento de bactérias ou fungos.**
- **Apresentam boa estabilidade dimensional, e têm propriedades acústicas muito interessantes, sobretudo nas frequências agudas e médias. Sob a forma de manta absorvem os ruídos de impacto.**

- **Vermiculite**
- **A vermiculite expandida é um produto mineral obtido por espoliação de palhetas de mica.**
- **É comercializada a granel ou em painéis aglomerados por cimento (silicatos), betume ou gesso.**
- **Condutividade térmica a granel – 0.042 W/m² para uma massa volúmica compreendida entre 70 a 100 kg/m³.**
- **Para as placas aglomeradas, a condutividade térmica depende da massa volúmica da substância aglomeradora.**
- **Por exemplo, para placas aglomeradas com silicatos:**
 - Para 200 a 300 kg/m³ - 0.10 W/m °C**
 - Para 300 a 400 kg/m³ - 0.14 W/m °C**
 - Para 400 a 500 kg/m³ - 0.19 W/m °C**
- **É um material incombustível**

- **Perlite**
- **É um produto mineral proveniente de uma rocha vulcânica termicamente tratada. Apresenta-se sob a forma de pequenas pérolas que contêm ar no seu interior. Nos edifícios a perlite é principalmente utilizada nos betões, e sob a forma de painéis aglomerados.**
- **Condutividade térmica das placas aglomeradas com resina - 0.058 W/m °C para uma massa volúmica 40 a 100 kg/m³.**

- **Espuma de Vidro**
- **As espumas de vidro são obtidas por expansão a quente do vidro (aproximadamente 18 vezes o seu volume), com o auxílio de um corpo gasoso. Apresentam-se geralmente sob a forma de painéis.**
- **A condutividade térmica depende da massa volúmica:**
 - Para 120 a 130 kg/m³ - 0.050 W/m °C**
 - Para 130 a 140 kg/m³ - 0.055 W/m °C**
 - Para 140 a 180 kg/m³ - 0.063 W/m °C**

Produtos naturais

- **Cortiça**
- **É casca de sobreiro moída em granulado, e expandida em vapor sobreaquecido.**
- **Apresenta as seguintes características:**
 - Condutividade térmica – 0.043 W/m °C**
 - Massa volúmica – variável entre 100 a 150 kg/m³**
 - Resistência à humidade – Permeável e retentora de humidade**
 - Resistência aos agentes biológicos – É atacada pelos roedores**
 - Resistência ao fogo – Combustível, mas com boa resistência ao calor**
 - Isolamento acústico – Boas características para absorver sons agudos.**

- **Fibras de madeira com cimento**
- **É um material obtido pela compressão de fibras de madeiras de resina seleccionada, envolvidas por cimento.**
- **A condutividade térmica depende da massa volúmica:**
 - Para 500 a 600 kg/m³ - 0.16 W/m °C**
 - Para 400 a 500 kg/m³ - 0.14 W/m °C**
 - Para 300 a 400 kg/m³ - 0.12 W/m °C**
- **Resistência à humidade – Medianamente impermeável.**
- **Resistência ao fogo – Classificada como M1, (não inflamável). Boa resistência ao calor.**
- **Resistência mecânica – Grande rigidez.**
- **Resistência aos agentes biológicos – Imputrescíveis e não são atacadas por roedores ou insectos.**
- **Isolamento acústico – Boas propriedades absorvedoras nas frequências agudas e médias.**

- **Pasta de madeira**
- **A madeira que constitui estes painéis é cortada, e depois desfiada. Adicionando água obtém-se uma pasta que pode ser simplesmente seca, ou comprimida a quente. No primeiro caso obtêm-se os painéis do “tipo isolante” e por compressão os painéis do “tipo duro”.**
- **Condutividade térmica – 0.18 W/m °C para o “tipo duro”. 0.05 W/m °C para o “tipo isolante”.**
- **Resistência à humidade – Quando tratados contra fungos apresentam uma resistência média à humidade.**
- **Resistência ao fogo – Classificada na categoria M3, isto é, medianamente inflamável.**
- **Apresenta boa resistência aos solventes (base e ácidos fracos).**

Comparações

Consideremos uma manta de lã de vidro com uma resistência térmica $R = 2 \text{ m}^2\text{°C/W}$, com uma espessura de 75 mm.

Comparativamente, para a mesma resistência térmica $R = 2 \text{ m}^2 \text{°C} / \text{W}$, as espessuras necessárias para outros tipos de isolamento, são as seguintes:

- 75 mm de lã de vidro equivalem a:
- 54 mm de espuma de poliuretano
- 65 mm de PVC (policloreto de vinil)
- 67 mm de poliestireno extrudido
- 83 mm de poliestireno expandido
- 85 mm de lã de rocha
- 93 mm de cortiça
- 120 mm de vermiculite ou perlite
- 127 mm de fibras de madeira ou madeira
- 350 mm de betão
- 600 mm de granito

Exigência Funcionais dos Isolantes Térmicos

Exigências de segurança

- Segurança contra incêndio
- Segurança na utilização

Exigências de habitabilidade

- Conforto térmico e higrotérmico
- Estanquidade
- Qualidade do ar (libertação de substâncias perigosas)
- Conforto acústico
- Conforto visual e qualidade do aspecto

Exigências de durabilidade e economia

- Durabilidade
- Minimização dos custos de construção
- Minimização dos custos de conservação

Isolantes Térmicos – Principais Características

Características dimensionais e ponderais

- Dimensões lineares
- Esquadria e Planeza
- Massa volúmica

Condutibilidade térmica/resistência térmica

Comportamento em presença da água

- Absorção de água: por imersão; por capilaridade; por gravidade

Comportamento ao fogo/Reacção ao fogo

Teor/Libertação de substâncias perigosas

Características mecânicas

- Resistência à flexão
- Resistência/Fluência sob compressão: sob carga distribuída; sob carga concentrada
- Resistência/Fluência sob compressão: sob carga distribuída; sob carga concentrada
- Resistência à tracção (longitudinal e transversal)
- Resistência à tracção



- Resistência ao corte
- Resistência ao assentamento (para isolantes a granel): sob peso próprio; sob a acção de vibrações

Estabilidade dimensional e ponderal

- Do fabrico à estabilização
- Em função da temperatura
- Em função da humidade

Estabilidade química

Durabilidade

- Resistência à radiação UV
- Resistência a temperaturas externas
- Resistência a atmosferas agressivas
- Resistência a microorganismos



Normalização dos Isolantes Térmicos

Normalização aplicável

- Normas de características
- Normas de classificação
- Normas de ensaios

Normas harmonizadas aplicáveis

Norma NP EN 13170:2001 relativa ao aglomerado de cortiça expandida

Normas Harmonizadas Relativas a Isolantes Térmicos Prefabricados

Produtos cobertos

- EN 13162:2001 – Produtos de lã mineral (MW)
- EN 13163:2001 – Produtos de poliestireno expandido moldado (EPS)
- EN 13164:2001 – Produtos de poliestireno expandido extrudido (XPS)
- EN 13165:2001 – Produtos de espuma rígida de poliuretano (PUR)
- EN 13166:2001 – Produtos de espuma fenólica (FR)
- EN 13167:2001 – Produtos de espuma de vidro (ou de vidro celular) (CG)
- EN 13168:2001 – Produtos de lã de madeira (aglomerado de aparas de madeira mineralizada com cimento) (WW)
- EN 13169:2001 – Produtos de perlite expandida (EPB)
- EN 13170:2001 – Produtos de aglomerado de cortiça expandida (ICB)
- EN 13171:2001 – Produtos de fibras de madeira (WF)



Códigos de Designação dos Isolantes Térmicos

ref.^a: NP EN 13170:2001

Nome abreviado do aglomerado de cortiça expandida	ICB
Número da norma	EN 13170
Tolerâncias de espessura	Ti
Estabilidade dimensional a temperatura específica	DS (T+)
Estabilidade dimensional em condições específicas de temperatura e humidade	DS (TH)
Resistência à compressão a 10% de deformação	CS (10) i
Resistência à tracção perpendicular às faces	TRi
Carga pontual	PL (P) i
Fluência sob compressão	CC($i_2/i_3, y$) σ_c
Absorção de água (curto tempo)	WS
Transmissão ao vapor de água	Zi
Rigidez dinâmica	SDi
Compressibilidade	CPi
Coefficiente prático de absorção sonora	Api
Coefficiente ponderado de absorção sonora	
Resistência ao escoamento de ar	AFi

Exemplo de código de designação : ICB-EN 13170 – T2 – DS(70) – CS(10)100 – TR50 – PL(P)200 – WS – Z1 – SD15

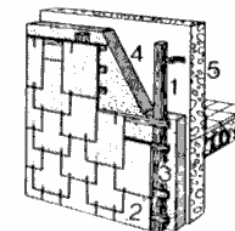
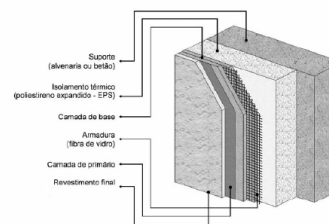
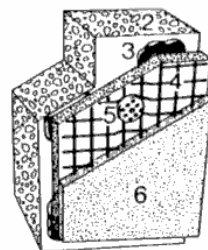
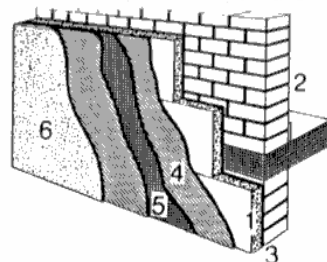
CLASSIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO



CLASSIFICAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

Isolamento térmicos de paredes exteriores

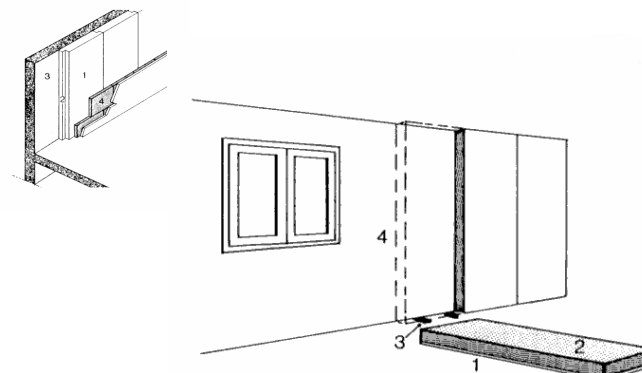
- **Isolamento térmico pelo exterior**
 - Revestimentos não isolantes independentes
 - Revestimentos aplicados sobre isolante



- **Revestimentos isolantes** (por ex. espuma de Poliuretano em que ocorre uma reacção química de um Polioli e um Isocianato em presença de catalizadores e outros aditivos, de que resulta um plástico celular rígido que se expande durante o processo de secagem, dando lugar a uma capa sem fendas de micro células fechadas.

- **Isolamento térmico pelo interior**

- Painéis isolantes
- Contra-fachadas
- Revestimentos aplicados sobre isolante
- Revestimentos isolantes
- Revestimentos reflectores

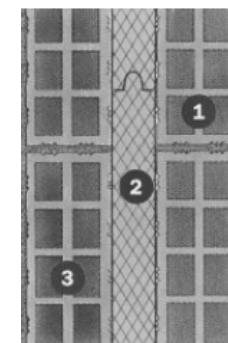


- **Isolamento térmico na caixa de ar de paredes duplas**

- Placas de material isolante (com ou sem interposição de um espaço de ar)
- Injecção de produtos a granel
- Injecção de espumas isolantes

- **Isolamento térmico intermédio em paredes simples**

- Painéis-sandwich prefabricados de betão
- Painéis prefabricados leves



- **Isolamento térmico nas duas faces, em cofragem perdida**
 - Placas isolantes
 - Blocos isolantes
- **Paredes de betões leves isolantes**
- **Paredes de alvenaria isolantes**



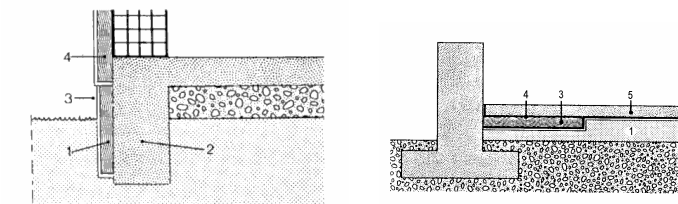
Isolamento térmico de pavimentos sobre o terreno

- **Isolamento periférico**

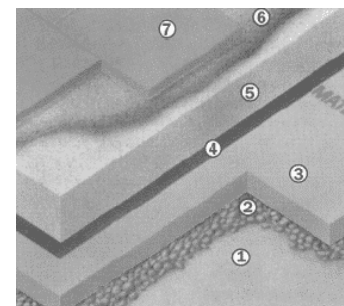
- Isolamento horizontal (inferior ao pavimento)
- Isolamento vertical interior (no embasamento da parede exterior)
- Isolamento vertical exterior no embasamento da parede exterior

- **Isolamento geral**

- Isolamento sob laje de betão armado
- Isolamento sob piso flutuante



1. Terreno
2. Camada de gravilha
3. Isolamento térmico
4. Impermeabilização
5. Laje de soleira
6. Betonilha de regularização
7. Acabamento do solo

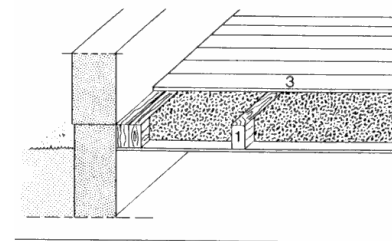
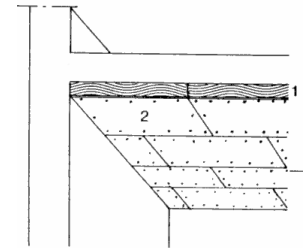


Isolamento térmico de pavimentos sobre espaços abertos ou não aquecidos

- **Isolamento térmico pela face inferior**
 - Tectos falsos
 - Revestimentos aplicados sobre isolante
 - Revestimentos isolantes

- **Isolamento térmico pela face superior**
 - Camada isolante de betão leve
 - Camada de isolante térmico

- **Isolamento térmico intermédio**
 - Preenchimento de vazios com isolante térmico
 - Camada intermédia de isolamento térmico



Isolamento térmico de coberturas inclinadas

- **Isolamento térmico nas vertentes inclinadas**

- **Isolamento térmico superior às madres**

- **Isolamento térmico na face inferior**

mantas de lã mineral

placas de material isolante

- **Isolamento térmico na esteira de tecto**

- **Isolamento térmico na face superior**

mantas de lã mineral

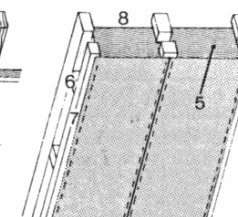
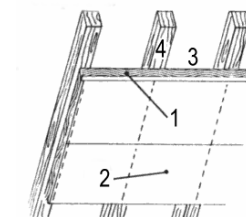
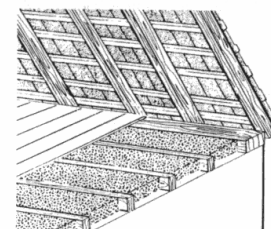
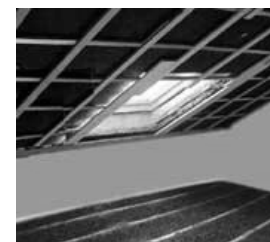
placas de material isolante

material isolante a granel

- **Isolamento térmico na face inferior**

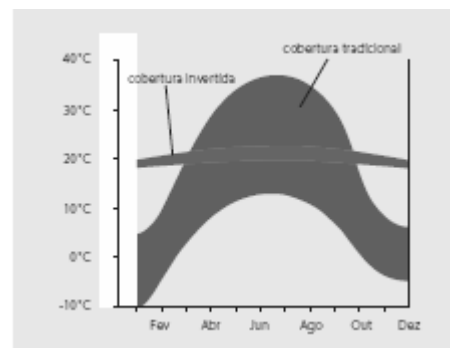
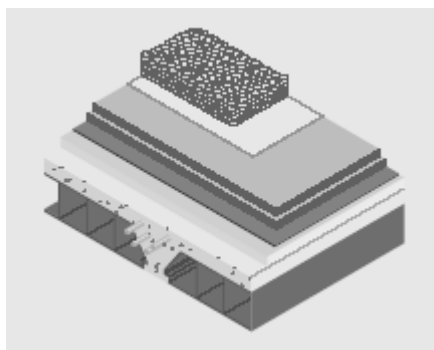
tectos falsos

revestimentos isolantes



Isolamento térmico de coberturas em terraço

- Isolamento térmico pela face superior (cobertura invertida)



- Isolamento térmico na face inferior

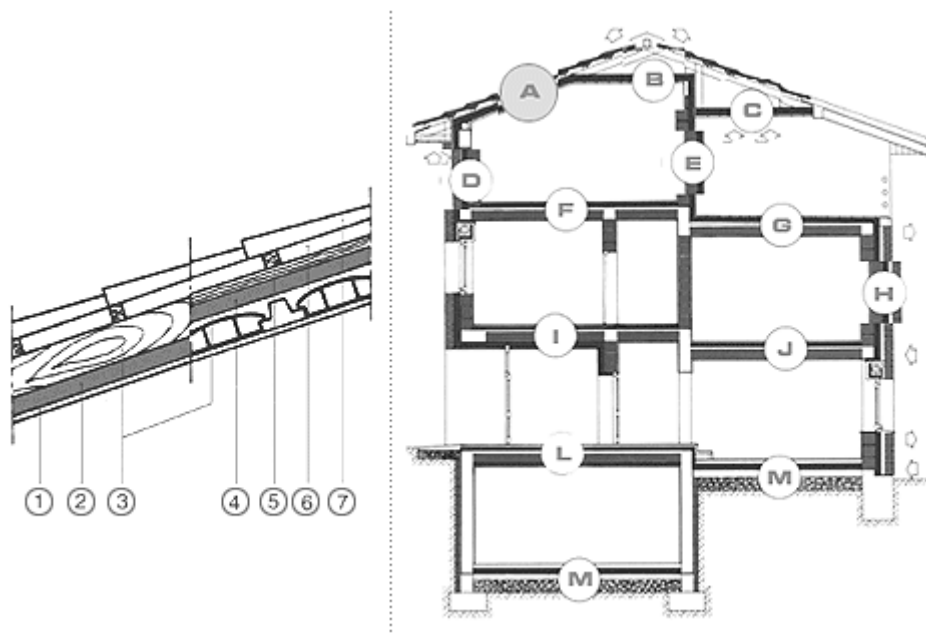
tectos falsos
 revestimentos isolantes

- Isolamento térmico intermédio

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

A - Cobertura Inclinada (Isolante nas Vertentes)

- 1 - Revestimento do Tecto 2 - Painel Isolante 3 - Estrutura Resistente
 4 - Manta 5 - Ripado 6 - Espaço de Ar ventilado 7 - Revestimento do Telhado

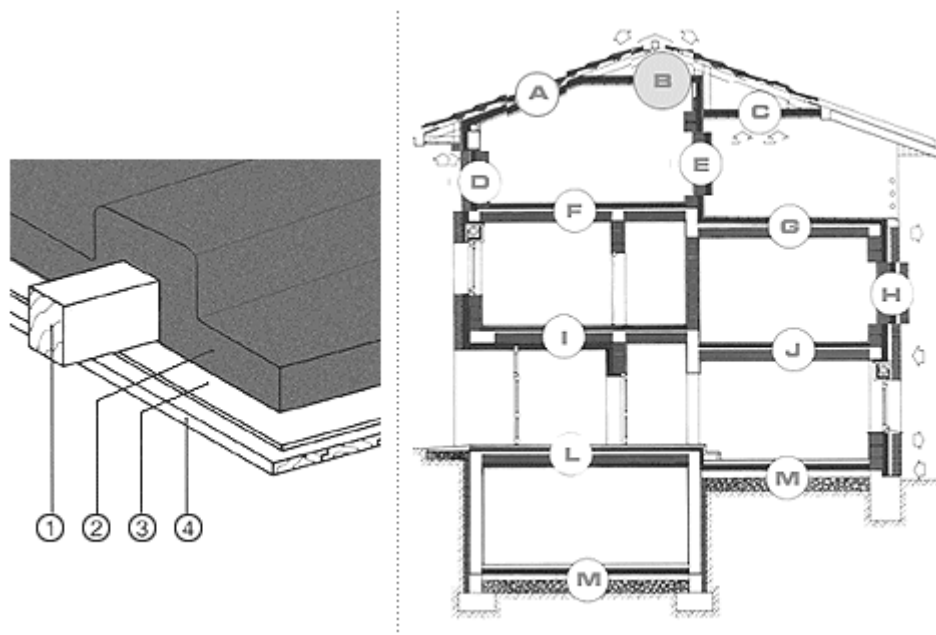


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

B - Cobertura Inclinada (Isolante sobre Esteira Horizontal)

1 - Ripado de Suporte 2 - Manta Isolante 3 - Película de Polietileno Pára-Vapor 4 - Revestimento do Tecto

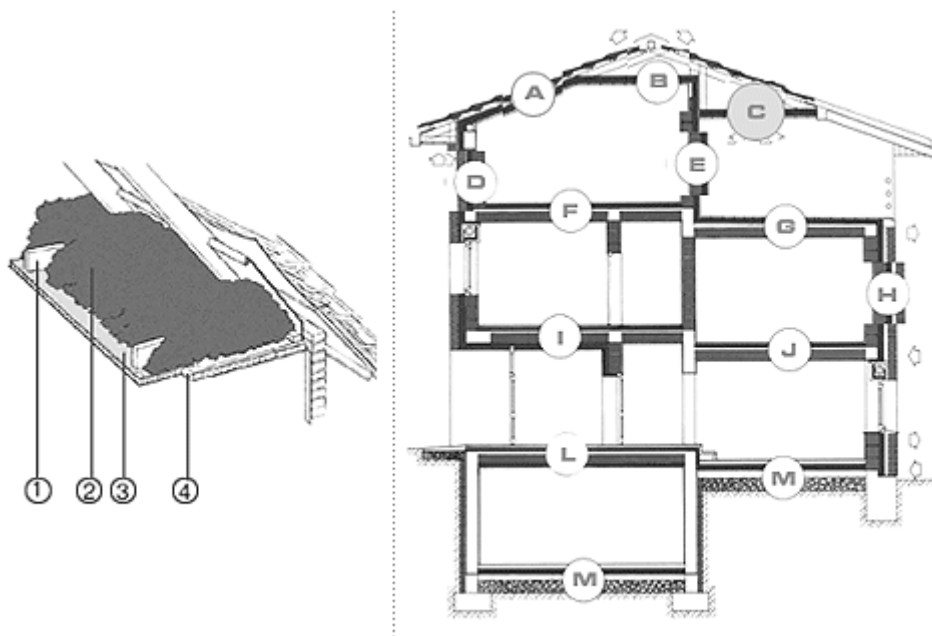


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

C - Cobertura Inclinada (Isolante sobre Esteira Horizontal)

1 - Ripado de Suporte 2 - Lã a Granel em flocos 3 - Película de Polietileno Pára-Vapor 4 - Revestimento do Tecto

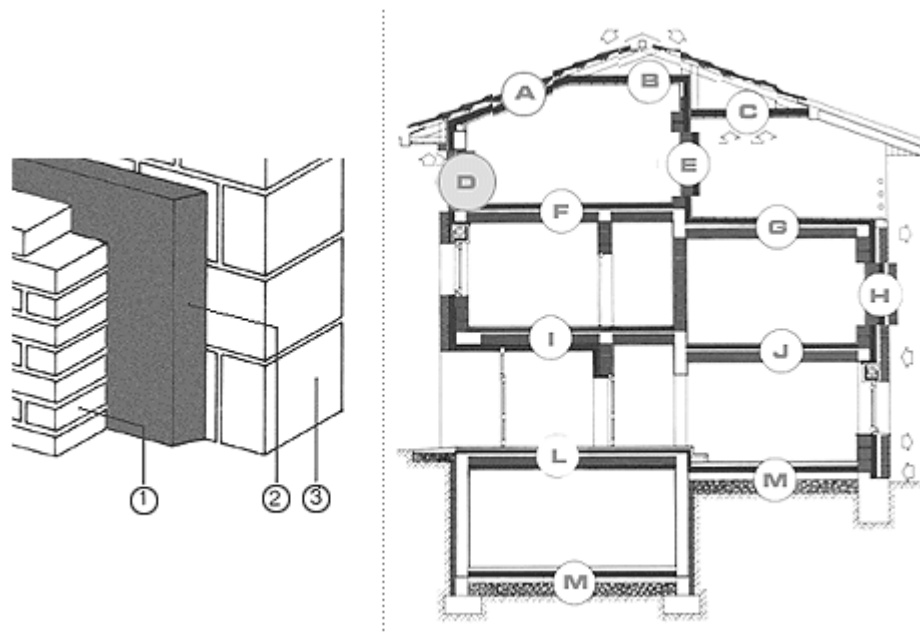


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

D - Parede Dupla de Fachada (Isolante preenchendo totalmente a Caixa de Ar)

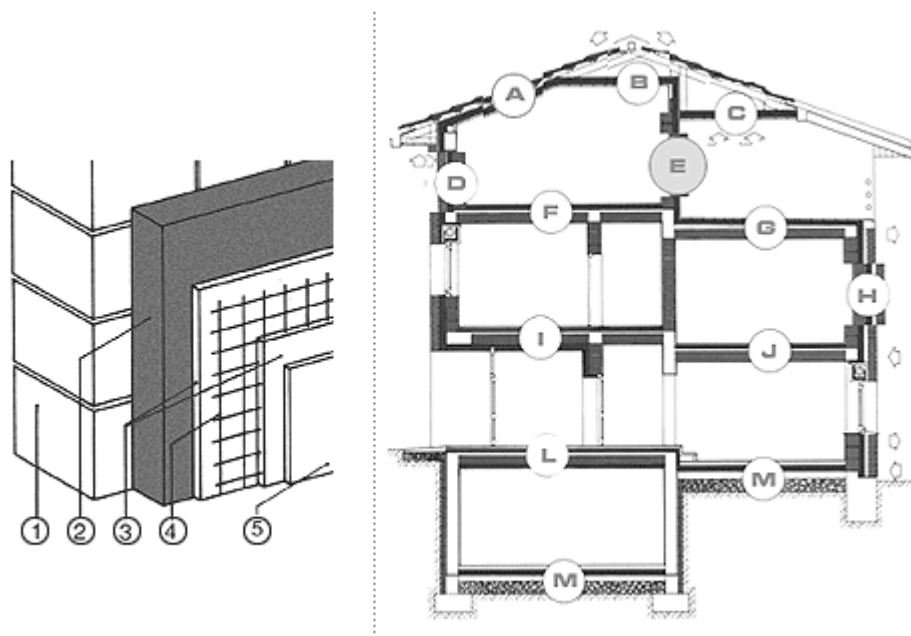
1 - Parede Exterior 2 - PAINEL ISOLANTE - Parede Interior



SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

E - Parede Simples de Fachada (Isolante Exterior)

1 - Parede Exterior 2 - Painel Isolante 3 - Reboco Delgado 4 - Armadura Plástica 5 - Acabamento Exterior

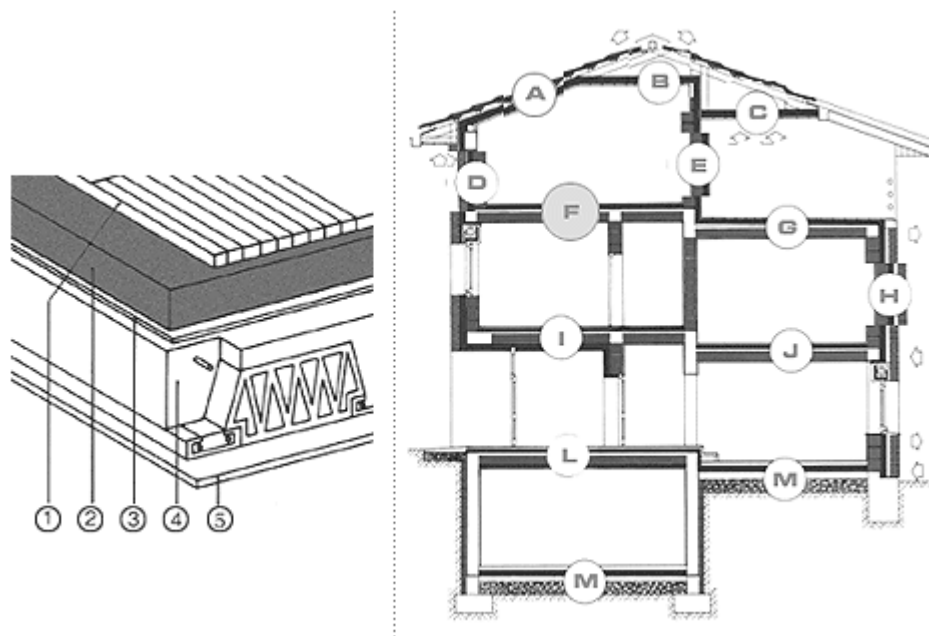


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

F - Pavimento de Madeira (Isolante Exterior)

1 - Revestimento em Madeira 2 - Painel Isolante - Película de Polietileno Pára-vapor 4 - Estrutura contínua
5 - Revestimento do Tecto

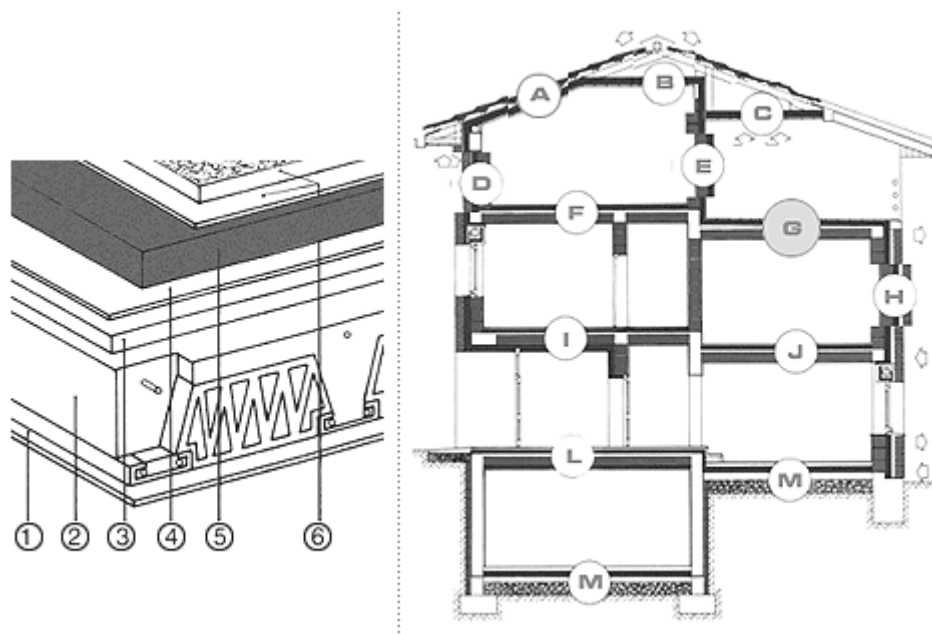


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

G - Cobertura Horizontal (Terraço)

1 - Revestimento do Tecto 2 - Estrutura Resistente 3 - Camada de Forma 4 - Película de Polietileno Pára-vapor
 5 - Painel Isolante 6 - Sistema de Impermeabilização



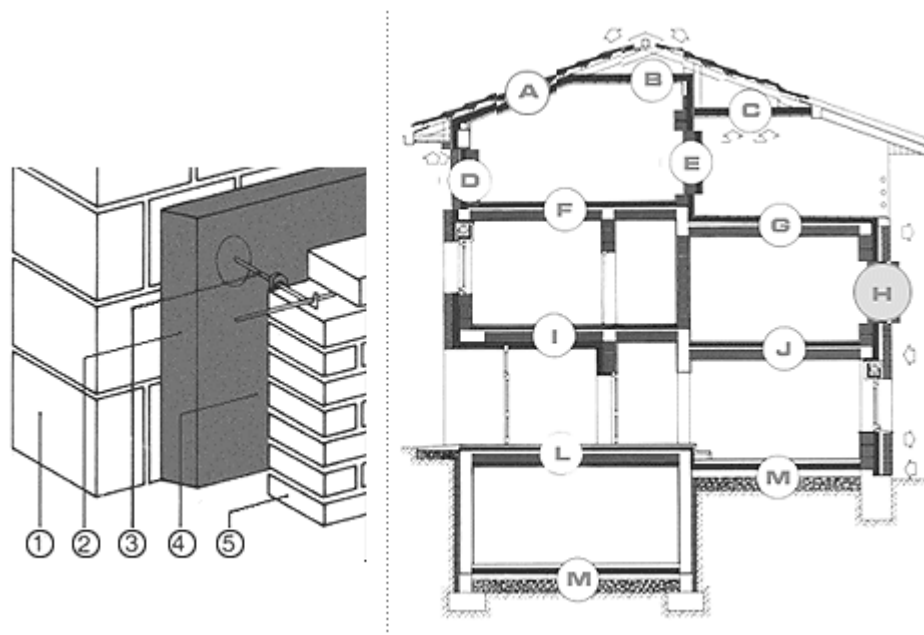
Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

H - Parede Dupla Ventilada de Fachada (Isolante Preenchendo parcialmente a caixa de Ar)

1 - Parede Interior 2 - Painel Isolante 3 - Caixa de Ar 4 - Fixação e Estribo de Ligação de Panos

5 - Parede Exterior

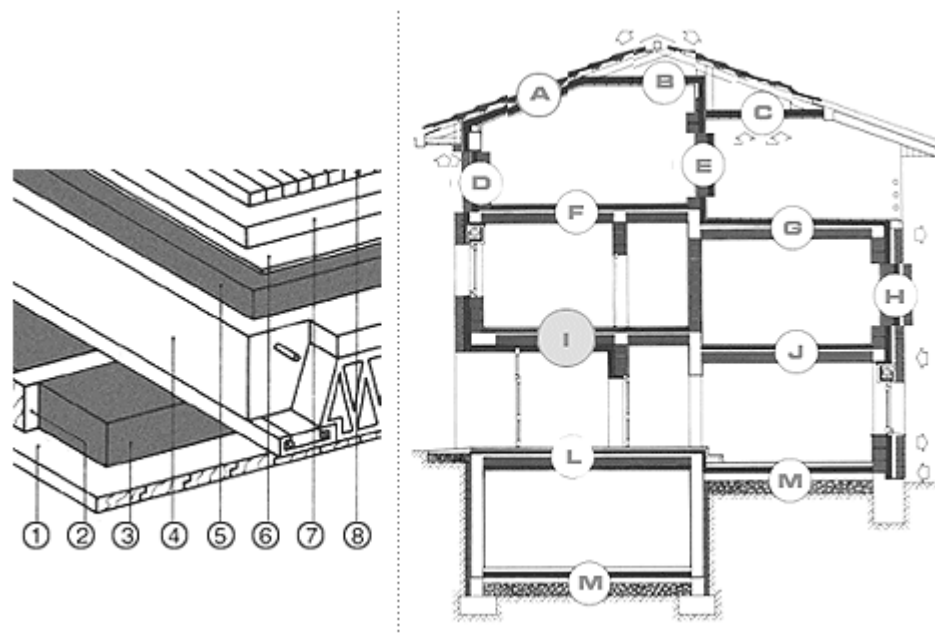


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

I - Pavimento sobre Espaço Exterior (Isolamento Exterior)

- 1 - Revestimento do Tecto 2 - Ripado de suporte 3 - Painel Isolante 4 - Estrutura Contínua
 5 - Painel Isolante 6 - Película de Polietileno Pára-vapor 7 - Betonilha de Regularização 8 – Revest. de Piso



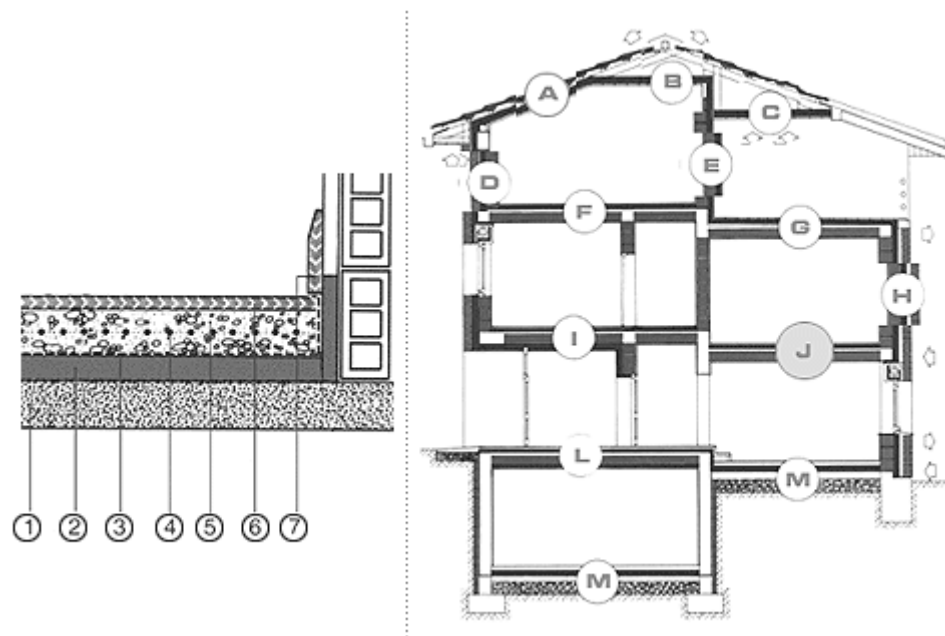
Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

J – Pavimento Flutuante (Isolamento Acústico e de Ruídos de Impacto)

1 - Estrutura Contínua 2 - Painel Isolante 3 - Película de Polietileno Pára-vapor

4 - Armadura Metálica 5 - Laje Flutuante 6 - Revestimento de Piso 7 – Rodapé e Junta de Remate

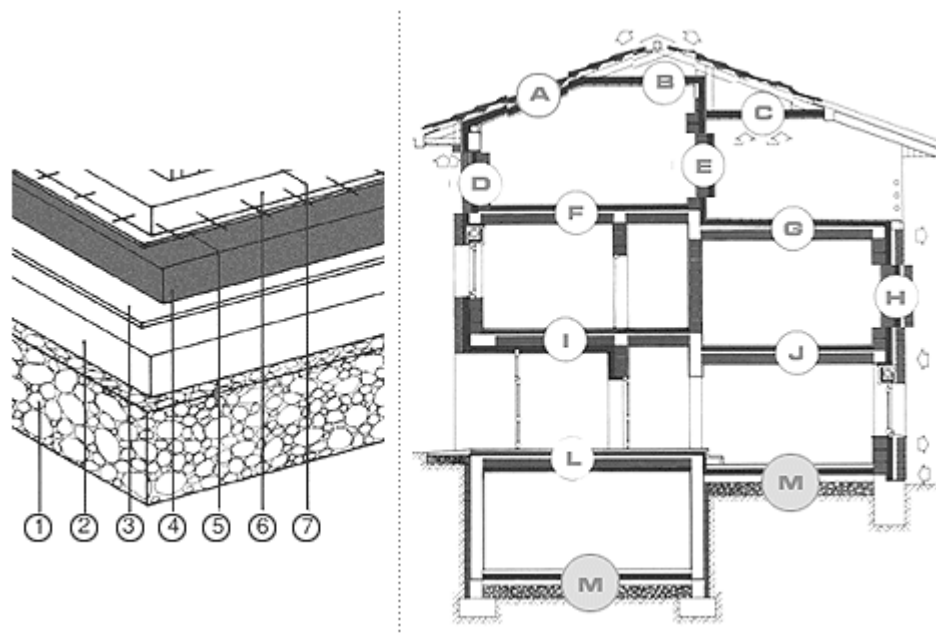


Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE ISOLAMENTO TÉRMICO

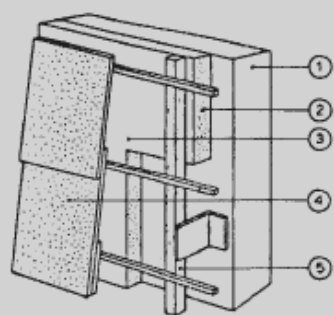
M - Pavimento Subterrâneo (Isolamento no Solo)

- 1 - Solo 2 - Betonilha de Regularização 3 - Membrana Impermeabilizante
 4 - Painel LF 110 5 - Película de Polietileno Pára-vapor 6 - Betonilha Armada de Regularização 7 – Rev. de piso



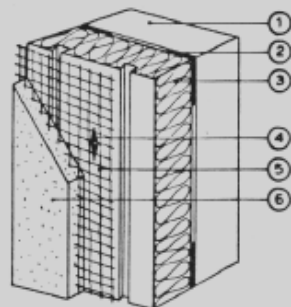
Processos Gerais de Construção

SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



- 1 - Parede exterior
- 2 - Isolante
- 3 - Caixa de ar
- 4 - Revestimento
- 5 - Estrutura de suporte do revestimento

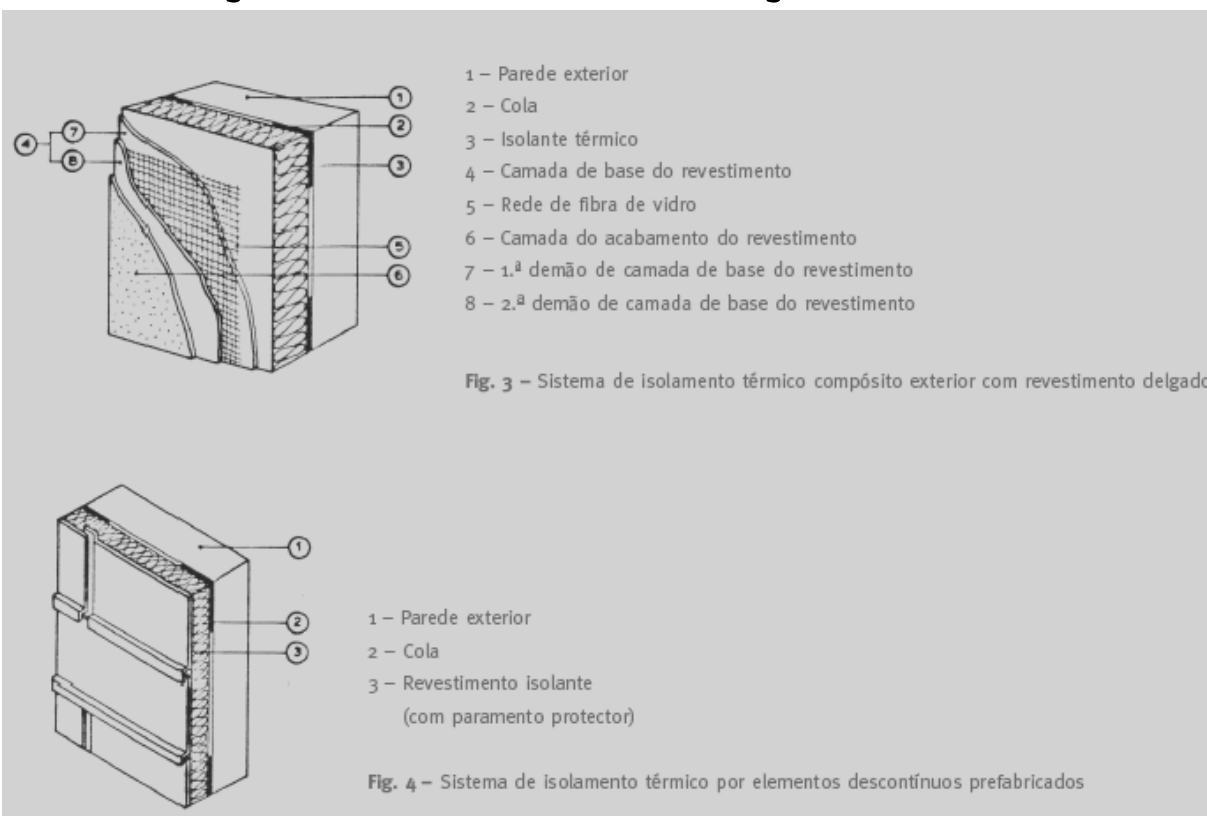
Fig. 1 - Revestimento independente descontínuo com isolante térmico na caixa de ar



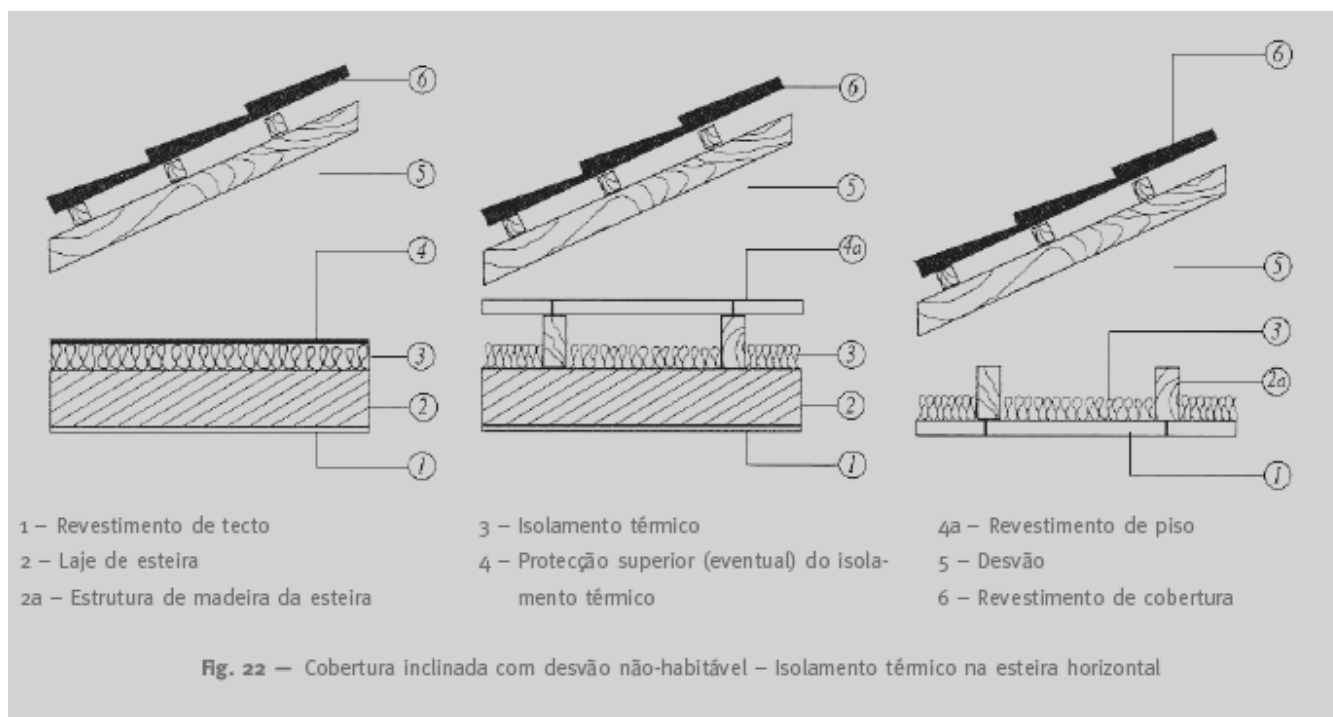
- 1 - Parede exterior
- 2 - Cola
- 3 - Isolante térmico
- 4 - Cavilha
- 5 - Rede metálica
- 6 - Revestimento

Fig. 2 - Sistema de isolamento térmico compósito exterior com revestimento espesso

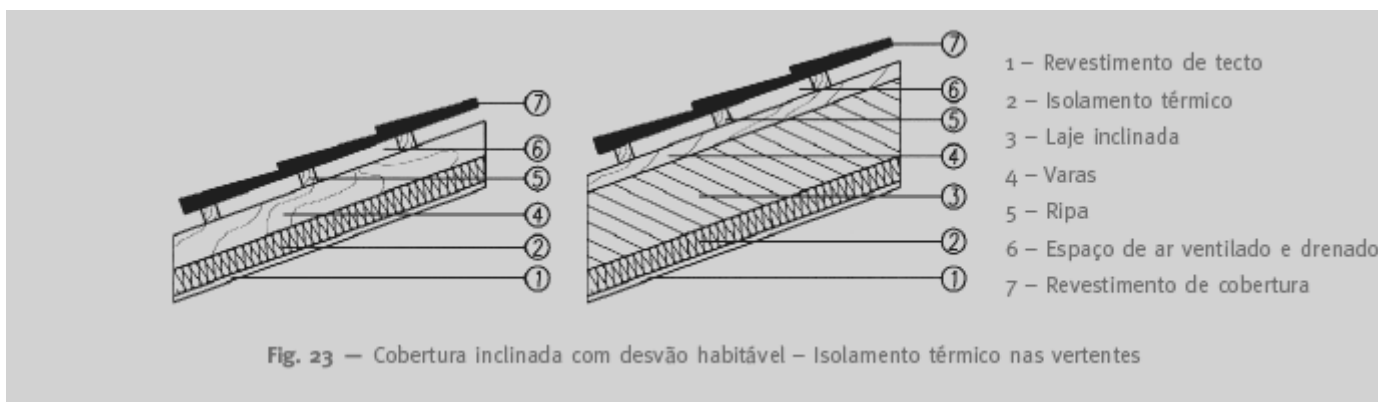
SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



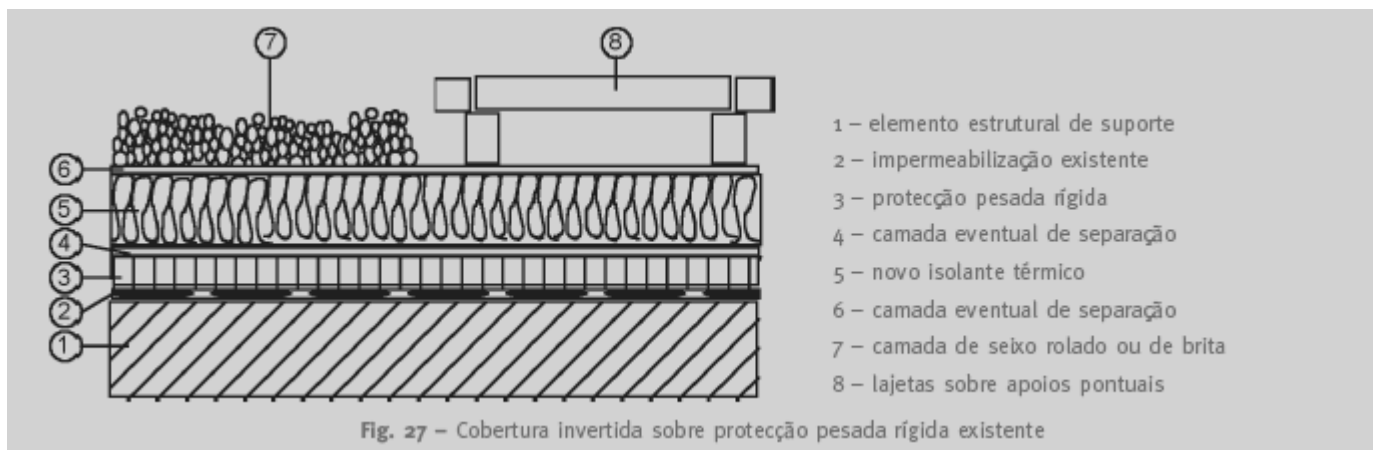
SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



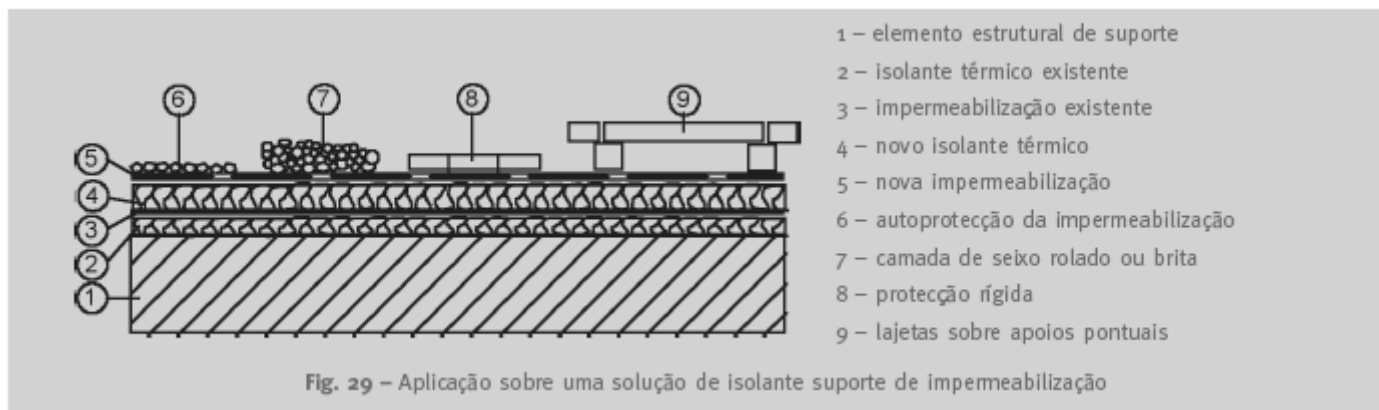
SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA



SOLUÇÕES DE REABILITAÇÃO TÉRMICA

