



# SOLAR PASSIVO NA ARQUITETURA

## VISÃO DA ENGENHARIA

Marta Oliveira Panão, PhD

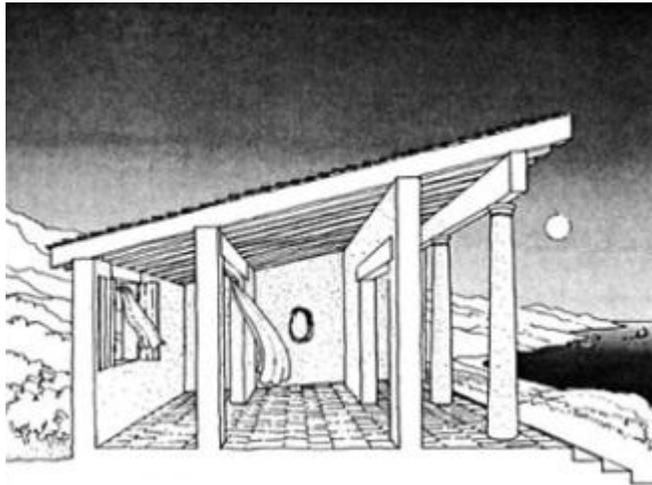
✉ [marta.oliveira@lneg.pt](mailto:marta.oliveira@lneg.pt)



MINISTÉRIO DA ECONOMIA  
E DO EMPREGO

# A CASA VISTA POR SÓCRATES (469-399 a.C.)

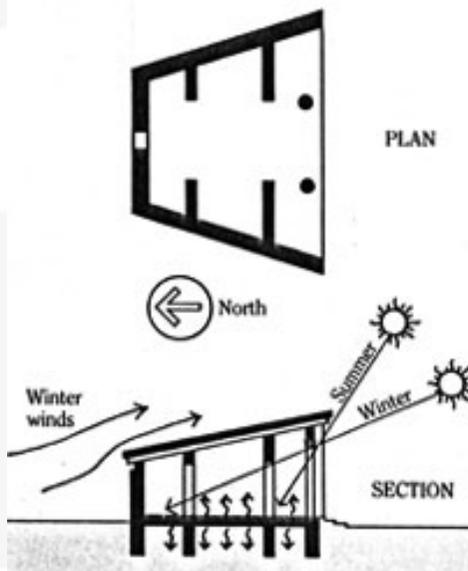
## HISTÓRIA



*"Da mesma forma, quando Sócrates dizia que a beleza de um edifício consiste na sua utilidade, parecia ensinar-me o melhor princípio de construção. Eis como raciocinava:*

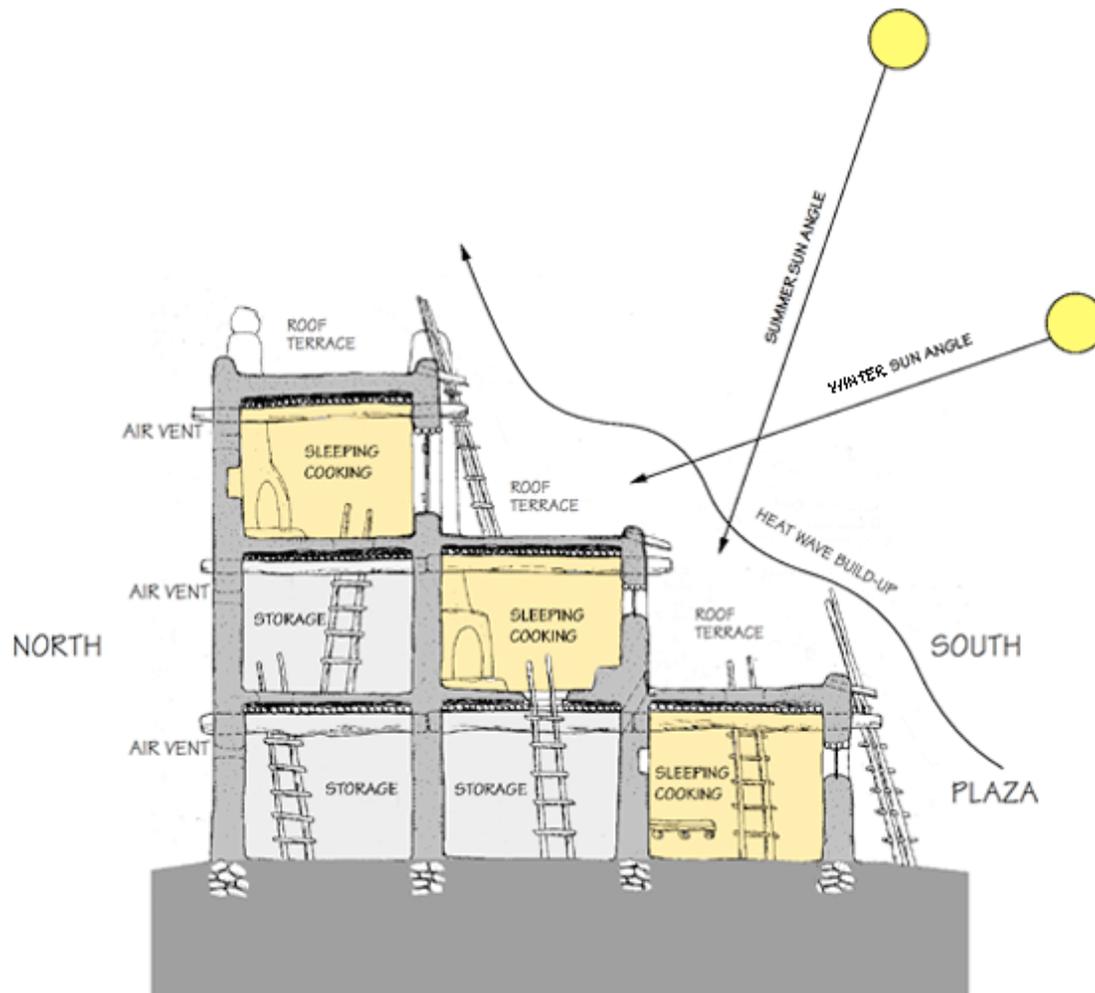
*— Quando se quer construir uma casa — dizia — não se engenam meios de fazê-la o mais agradável e cómoda possível? — Uma vez admitido esse princípio: — Não é de desejar seja fresca no verão e quente no inverno? — Acordado este segundo ponto: — Pois bem, quando as casas olham para o meio-dia, o sol não penetra, no inverno, sob as galerias exteriores, e passando, no verão, por cima de nossas cabeças e dos tetos, não nos deixa na sombra? Portanto, para receberem sol no inverno não hão-de pôr mais altos os tetos das galerias voltadas para o meio-dia e mais baixos os dos aposentos voltados para o setentrião, a fim de ficarem menos expostos aos ventos frios?*

*Em uma palavra, o prédio que em qualquer estação proporcionar o mais aprazível retiro e o depósito mais seguro para o que se possua, não pode deixar de ser o melhor e o mais belo [...]."*



# ALDEIAS TRADICIONAIS DOS ÍNDIOS AMERICANOS

## HISTÓRIA



*Rising heat wave on the south side of the building naturally heats up the roof terrace work areas and south facing sleeping rooms during winter. High angle sun light in Summer is shielded from interior rooms by insulated roof structures. North side storage rooms are ventilated, and are cooler in all seasons.*

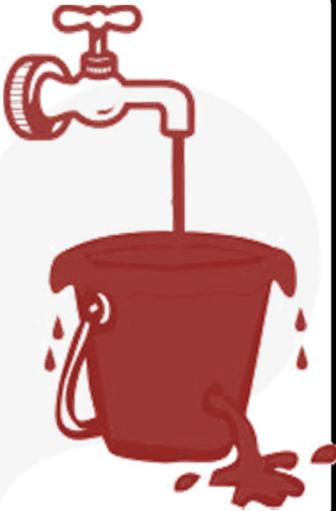


inverno

## EQUILÍBRIO TÉRMICO



**Aumentar a energia coletada**



**Aumentar o isolamento térmico,  
Reduzir a infiltração de ar**

excesso de ganho solar

**Aumentar a inércia térmica**

CONCEITO

verão

## EQUILÍBRIO TÉRMICO



**Reduzir a energia coletada  
Reduzir ganhos internos**

**Aumentar a ventilação sempre que a  
diferença entre a temperatura do ar  
interior e exterior seja favorável**

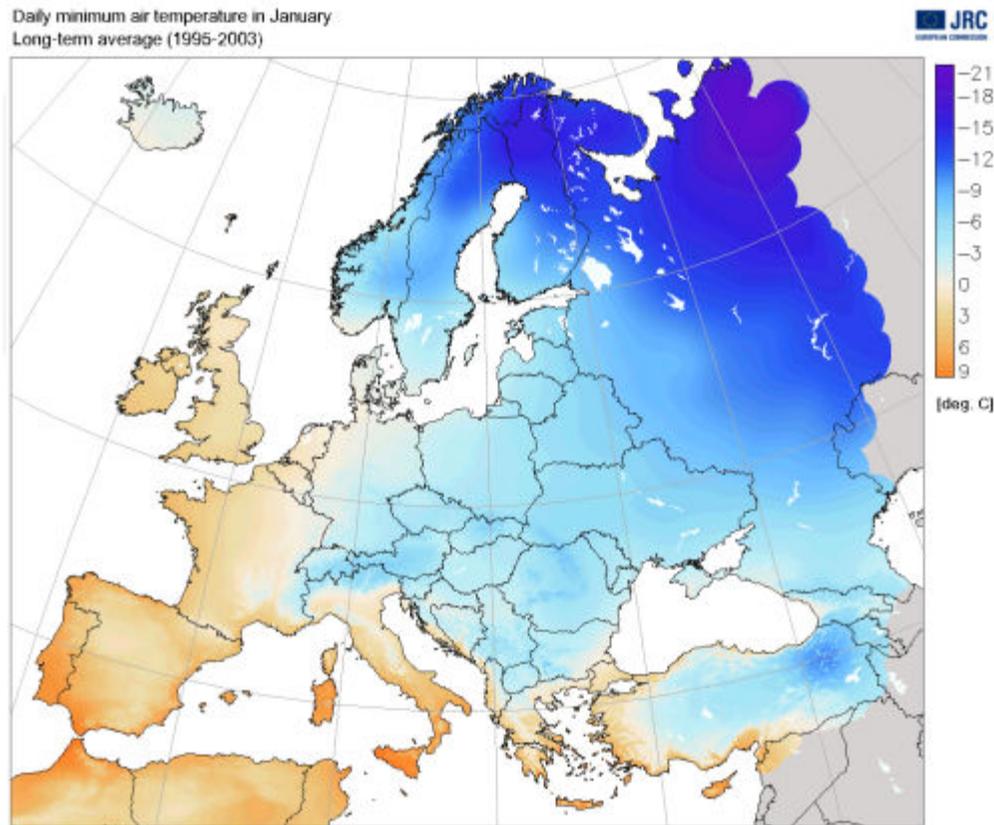
**Promover trocas de calor  
com fontes frias (solo, céu)**

**Processos evaporativos**

CONCEITO

# INVERNO

## TEMPERATURA MÉDIA MÍNIMA DO AR EM JANEIRO

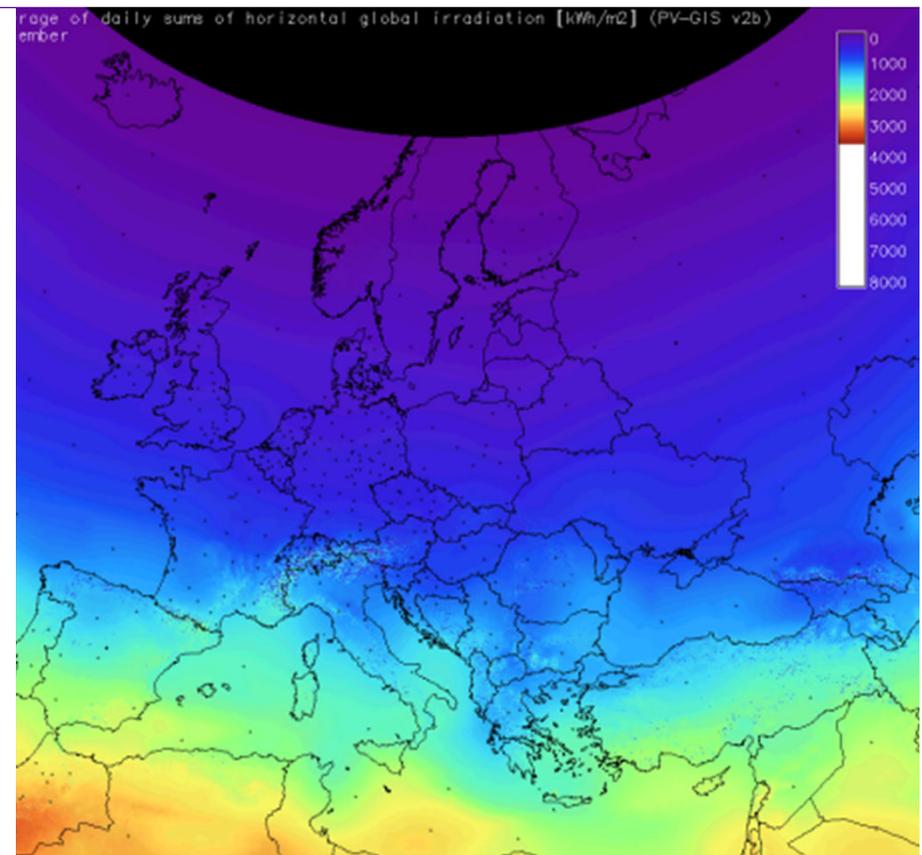


<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

PVGIS (c) European Communities, 2001-2008

Fonte: PVGIS © European Communities, 2001-2008

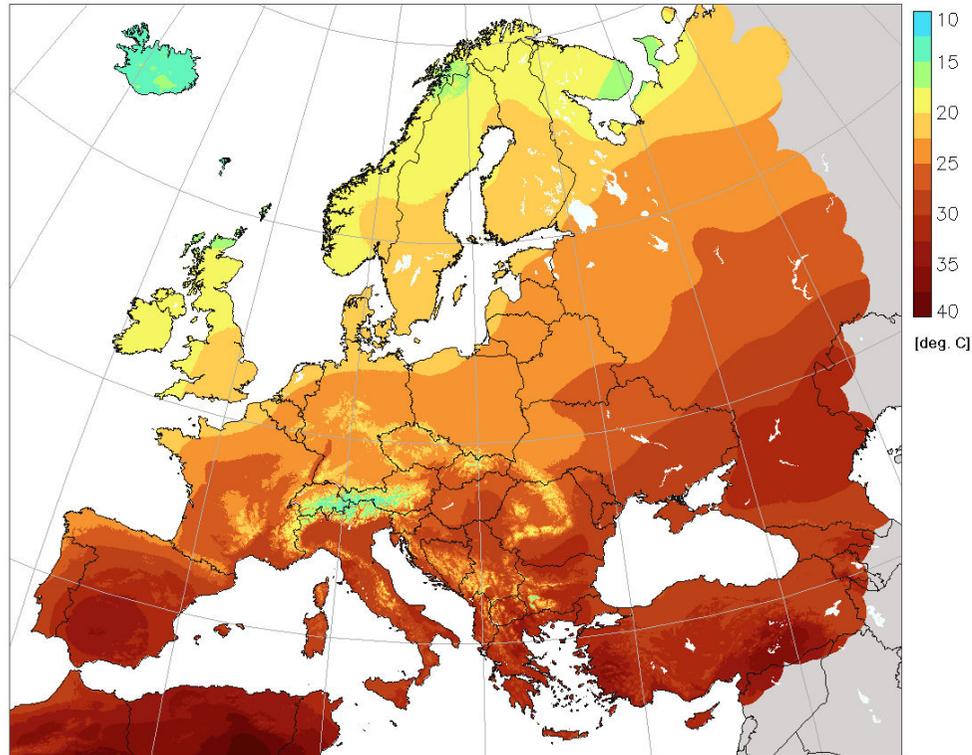
## RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA DIÁRIA EM DEZEMBRO



# VERÃO

## TEMPERATURA MÉDIA MÁXIMA DO AR EM JULHO

Daily maximum air temperature in July  
Long-term average (1995-2003)

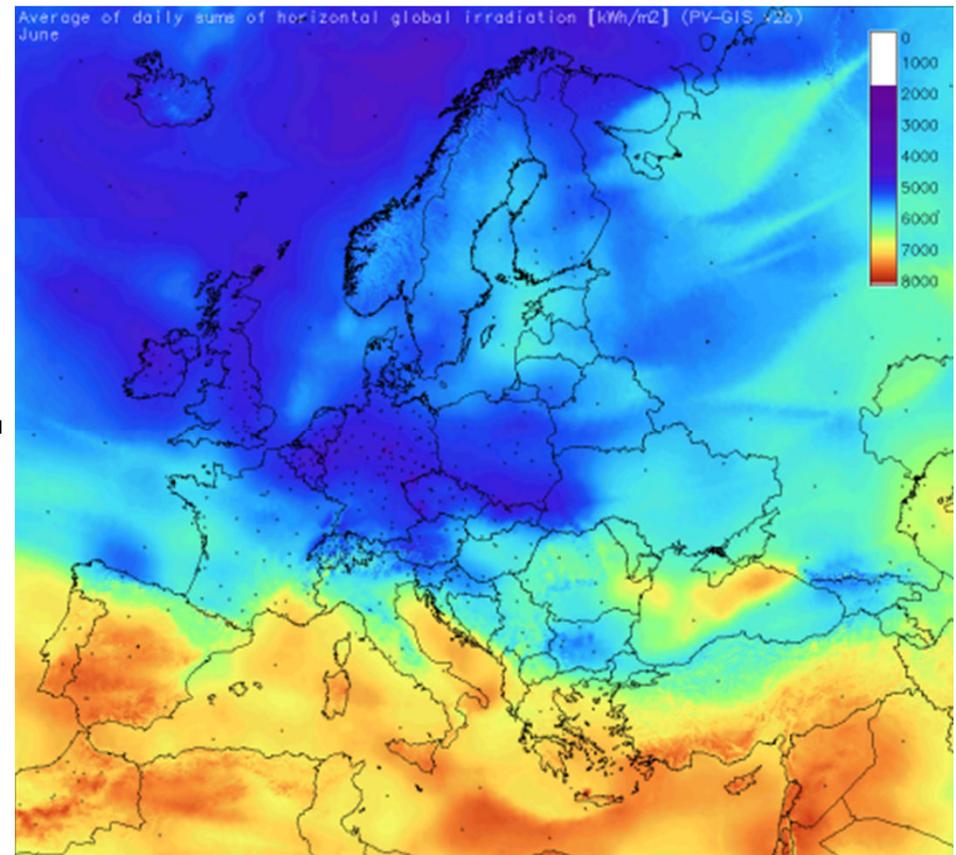


<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

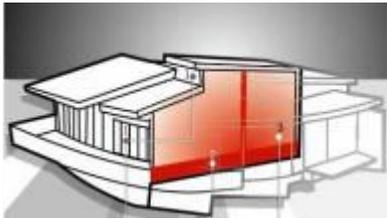
PVGIS (c) European Communities, 2001-2008

Fonte: PVGIS © European Communities, 2001-2008

## RADIAÇÃO SOLAR MÉDIA DIÁRIA EM JUNHO

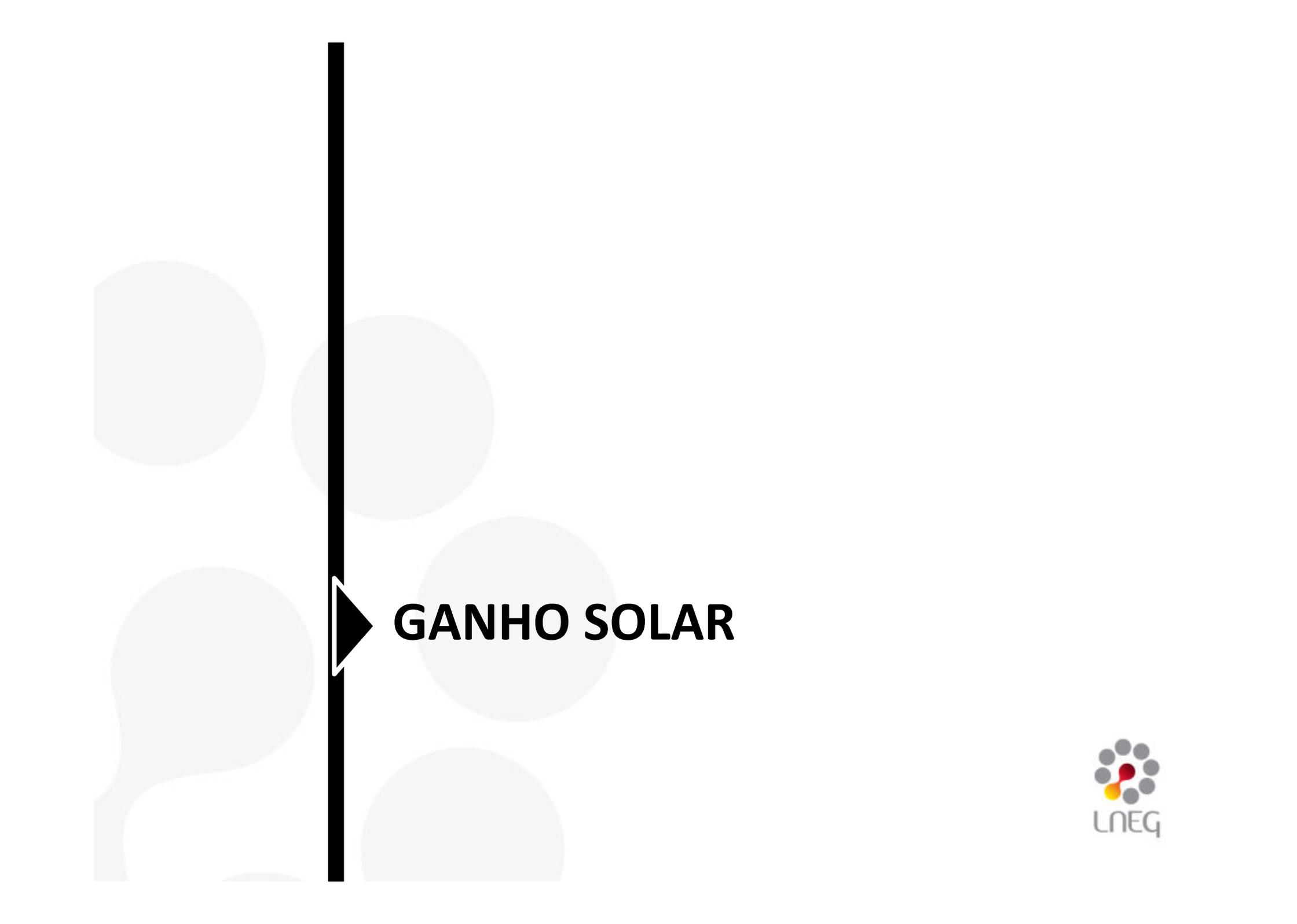


# ESTRATÉGIAS PASSIVAS

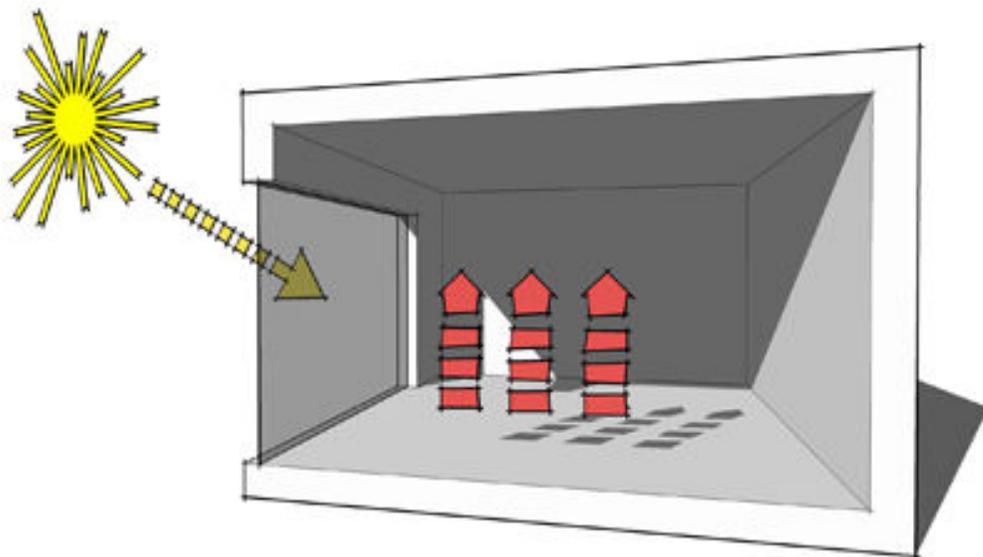


- Estratégias de projeto ou utilização do edifício que **REDUZEM** a necessidade de fornecer ou extrair calor.
- Diferem da eficiência energética dos sistemas, que se trata de usar **MENOS** energia para fornecer/extrair a mesma necessidade de calor.
- Um edifício passivo pode também ser visto como energeticamente eficiente, quando pensado como um **SISTEMA**.

CONCEITO



**GANHO SOLAR**



- Captação solar e armazenamento no espaço ocupado;
- Na orientação sul (no hemisfério norte) os ganhos solares são superiores às perdas térmicas;
- Dimensionamento de acordo com a capacidade de armazenamento térmico;
- Sombreamento para prevenção de sobreaquecimento;
- Oclusão noturna.

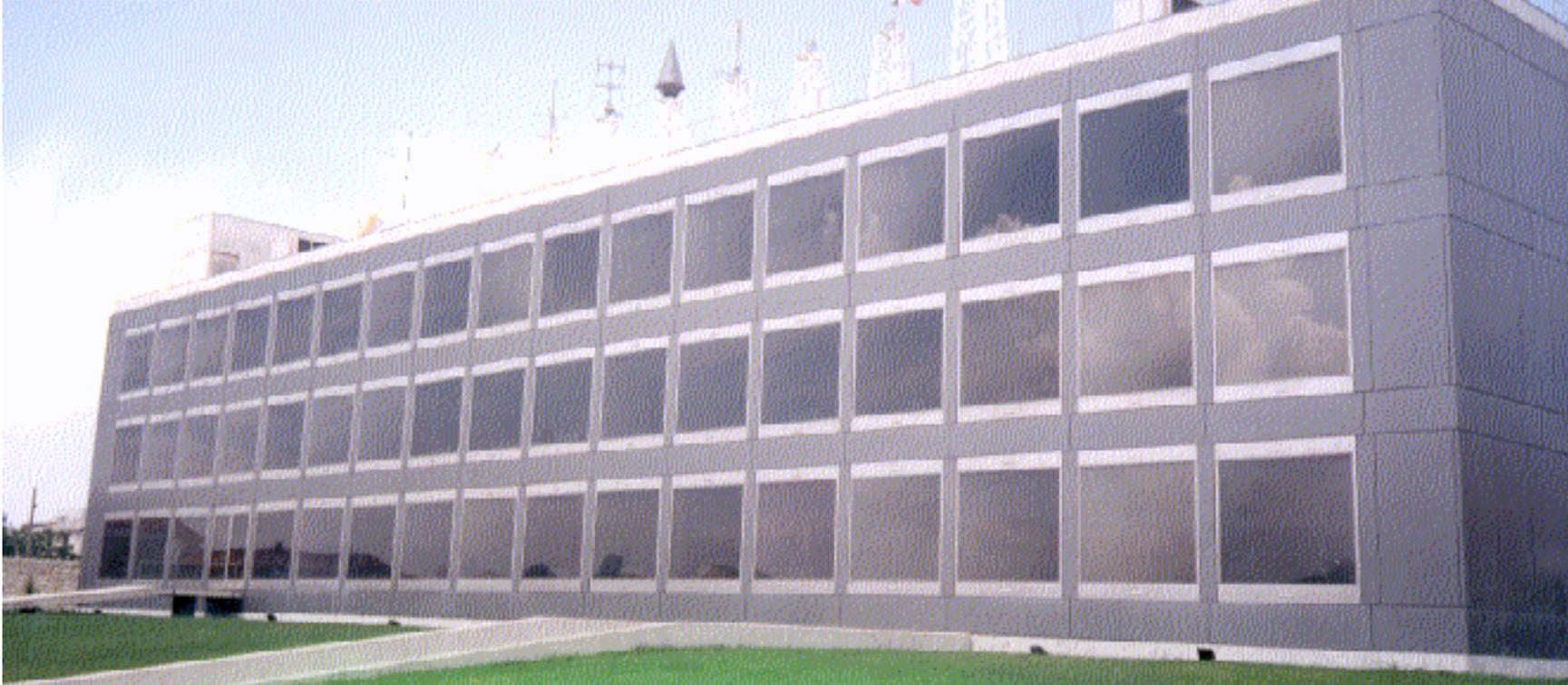
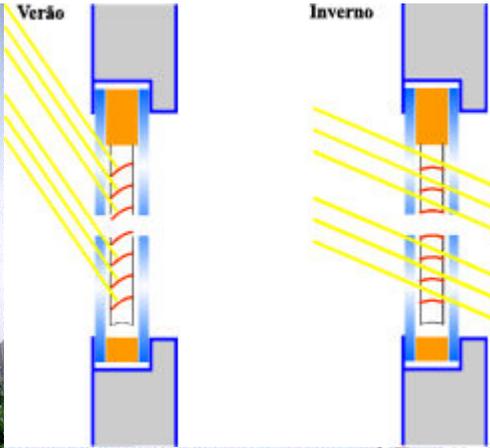
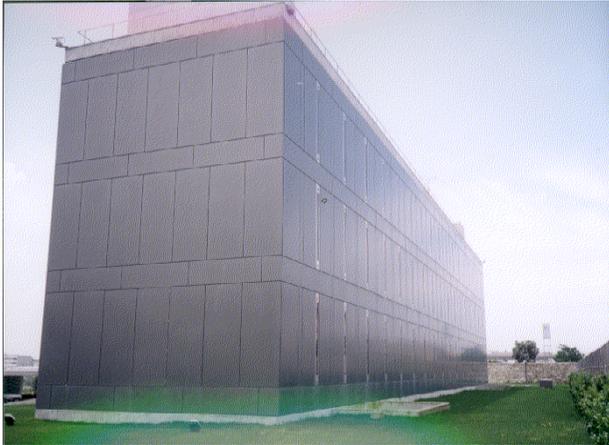
## GANHO DIRETO



**Centro de Recuperação Infantil de Ferreira do Zézere, 1985**  
**Arq. Francisco Moita**

**GANHO DIRETO**

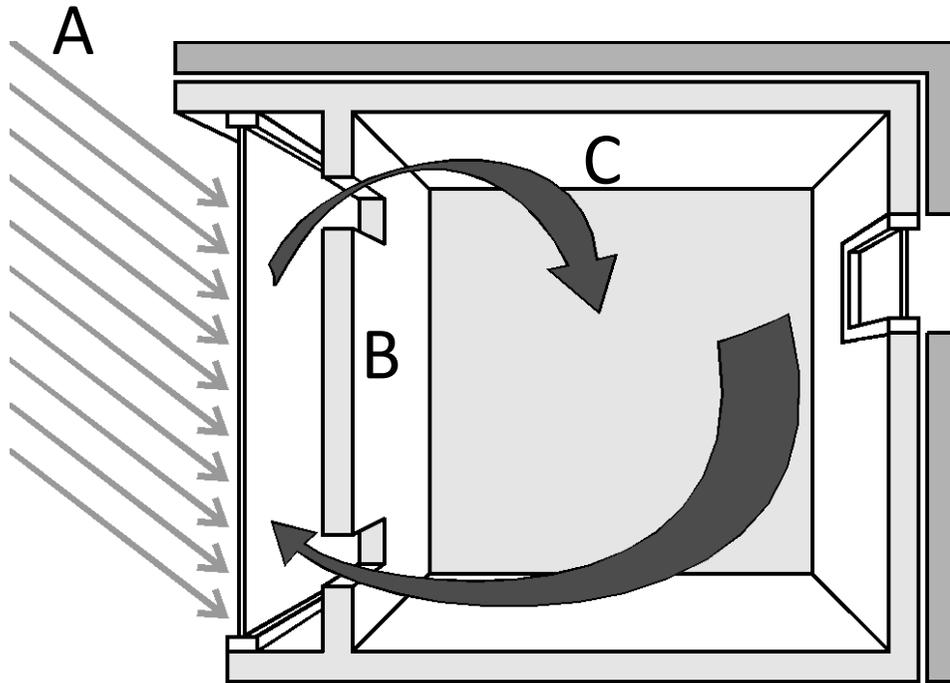




**Instituto de Comunicações de Portugal no Porto, 1994**  
**Arq<sup>os</sup>. José Manuel Gigante e João Álvaro Rocha**

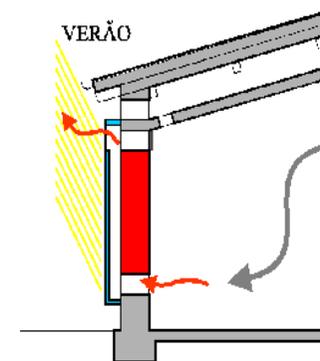
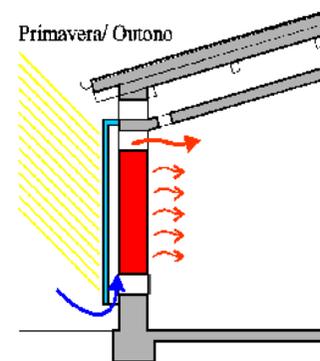
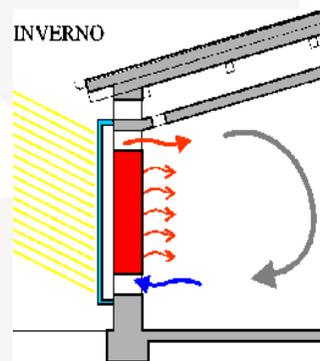
**GANHO DIRETO**





- Massa térmica posiciona-se entre a captação solar e o espaço ocupado;
- A energia coletada é, posteriormente, transferida para o espaço por transmissão de calor ou ventilação;
- Paredes de armazenamento: ventiladas ou não ventiladas, paredes de água;
- Requer sombreamento no verão e, preferencialmente, oclusão noturna.

Casa Shafer em Porto Santo, 1988  
Arqº. Guther Ludewig



# GANHO INDIRETO





**Condomínio Jade em Nafarros (Sintra), 1990**  
**Arq<sup>a</sup>. Livia Tirone**

**GANHO INDIRETO**

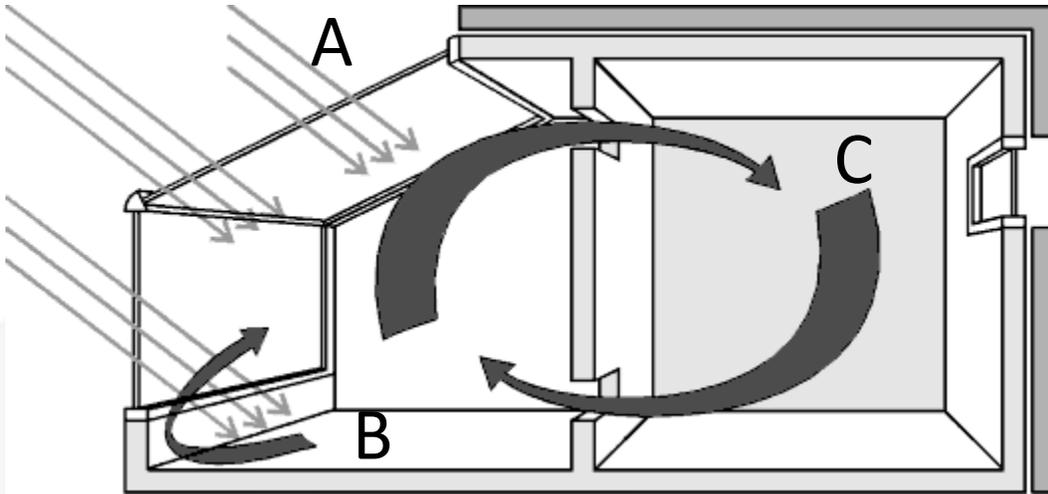




**Centro Infantil de Mértola, 1982**  
**Arq. Fernando Varanda**

**GANHO INDIRETO**



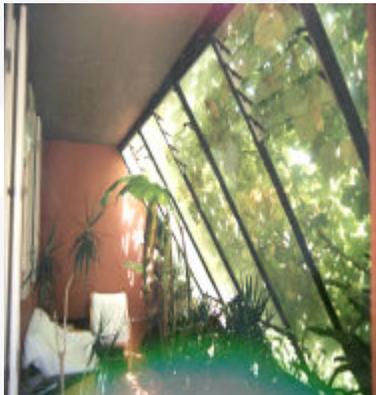


- Captação solar e armazenamento estão separados do espaço ocupado;
- A estufa atua como uma zona tampão entre o exterior e o interior;
- Providencia uma extensão do espaço habitado em algumas épocas do ano;
- Requer sombreamento no verão.

GANHO SEPARADO



**Vale Rosal (Charneca da Caparica), 1986**  
**Arqº. Fausto Simões**



**GANHO SEPARADO**



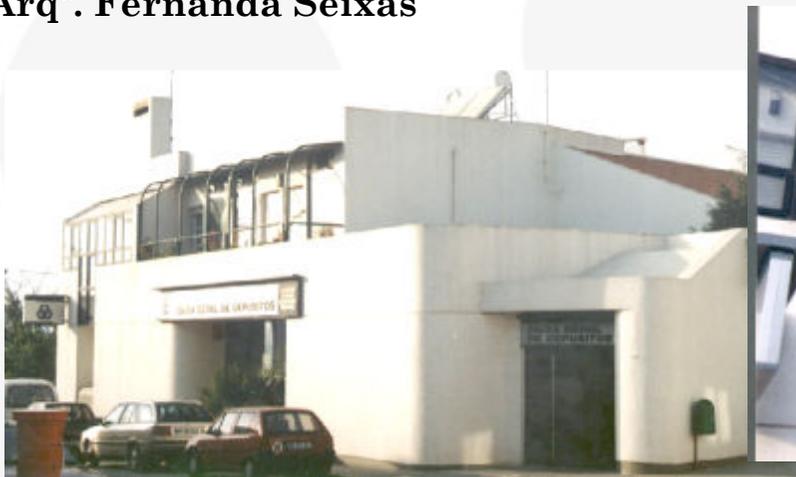


**Porto, 1988,  
Arq<sup>a</sup>. Fernanda Seixas**

**Arq. Francisco Moita**



**GANHO SEPARADO**



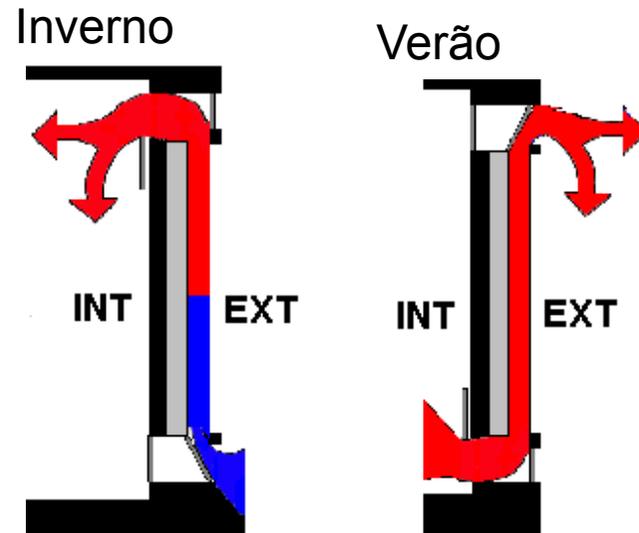
**Pedrógão Grande, 1984,  
Arq<sup>o</sup>. Nuno Leónidas**



# ESTRATÉGIAS DE VENTILAÇÃO



Escola do Crato, 1988  
Arqº. Luís Virgílio Cunha, Arqª. Rosa Bela Costa

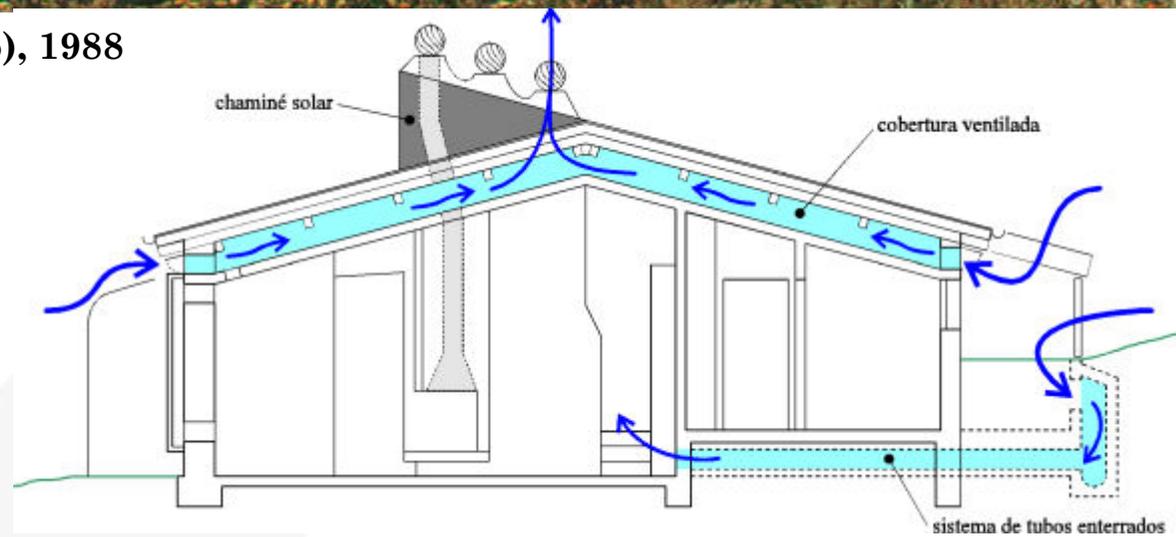


COLETORES A AR





Casa Shafer (Porto Santo), 1988  
Arq°. Guther Ludwig

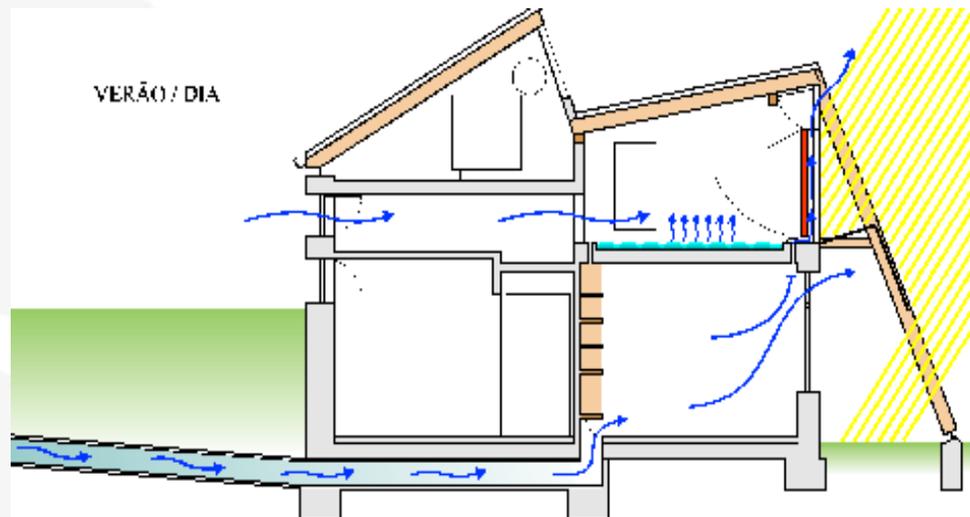


ARREF. PASSIVO





**Casa Solar (Porto Santo), 1985**  
**Arqº. Gunther Ludewig**



**ARREF. PASSIVO**

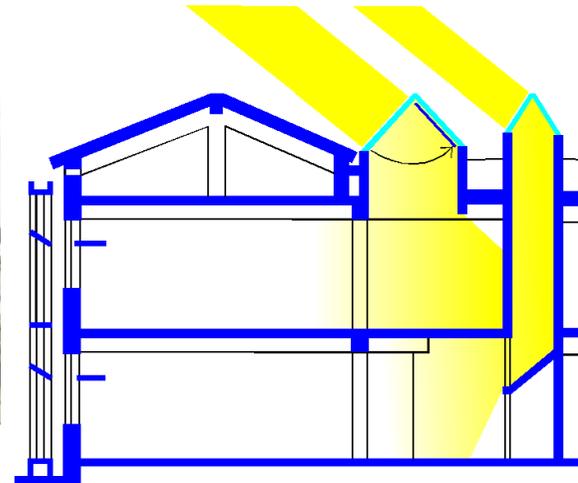
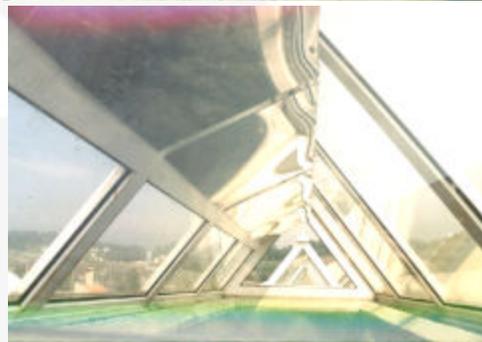




**ILUMINAÇÃO NATURAL**



**Escola Secundária de Valongo do Vouga, 1993**  
**Arqºs. João Mateus, Jorge Gouveia e Luís Virgílio Cunha**



**ILUM. NATURAL**

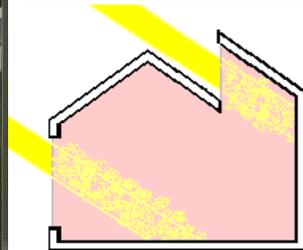
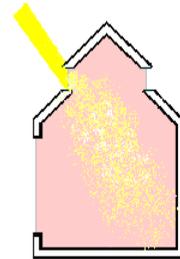




Arq. Francisco Moita



Centro da Biomassa para a Energia, 1992  
Arq. Francisco Moita



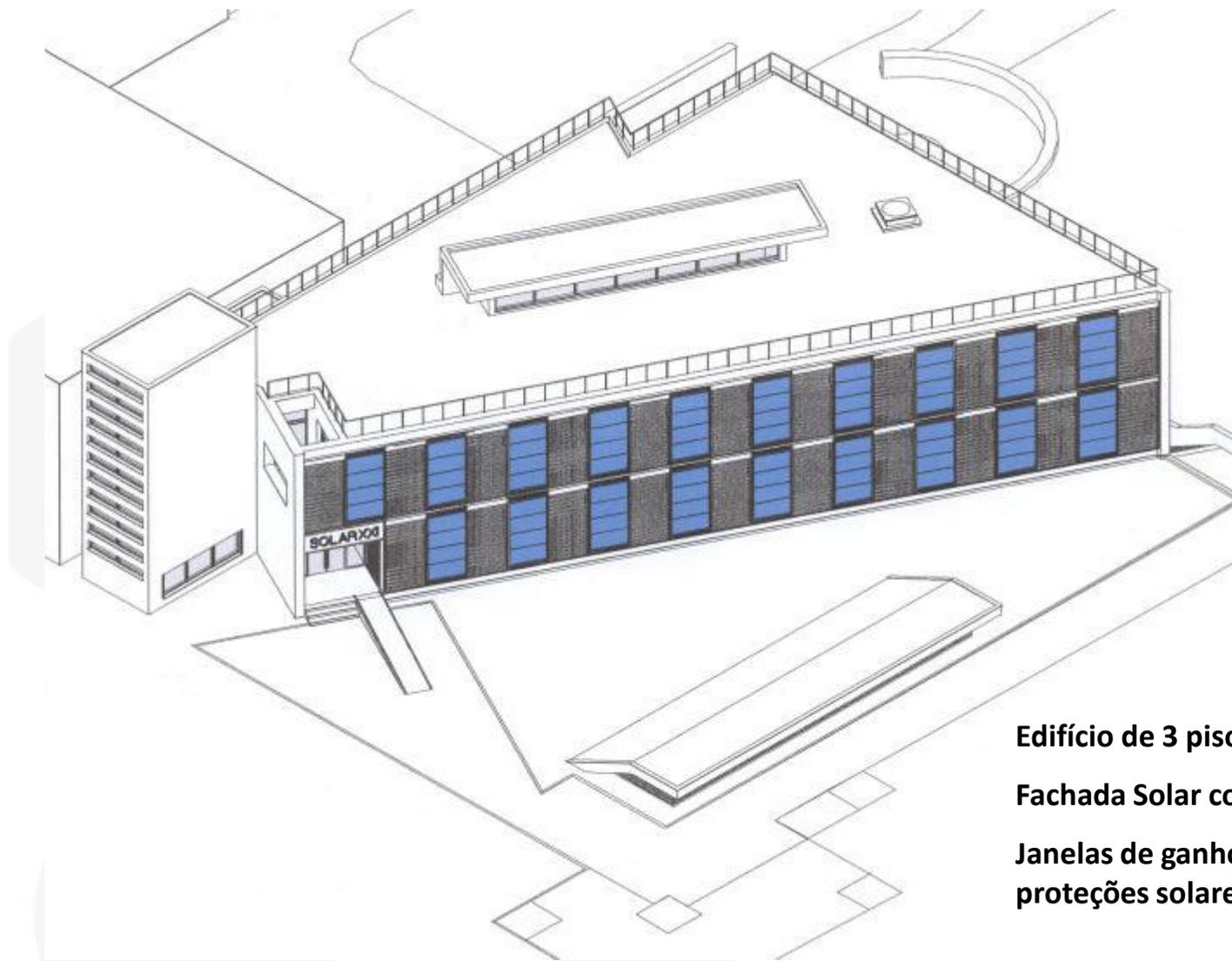
ILUM. NATURAL





**SOLAR XXI**





# SOLAR XXI

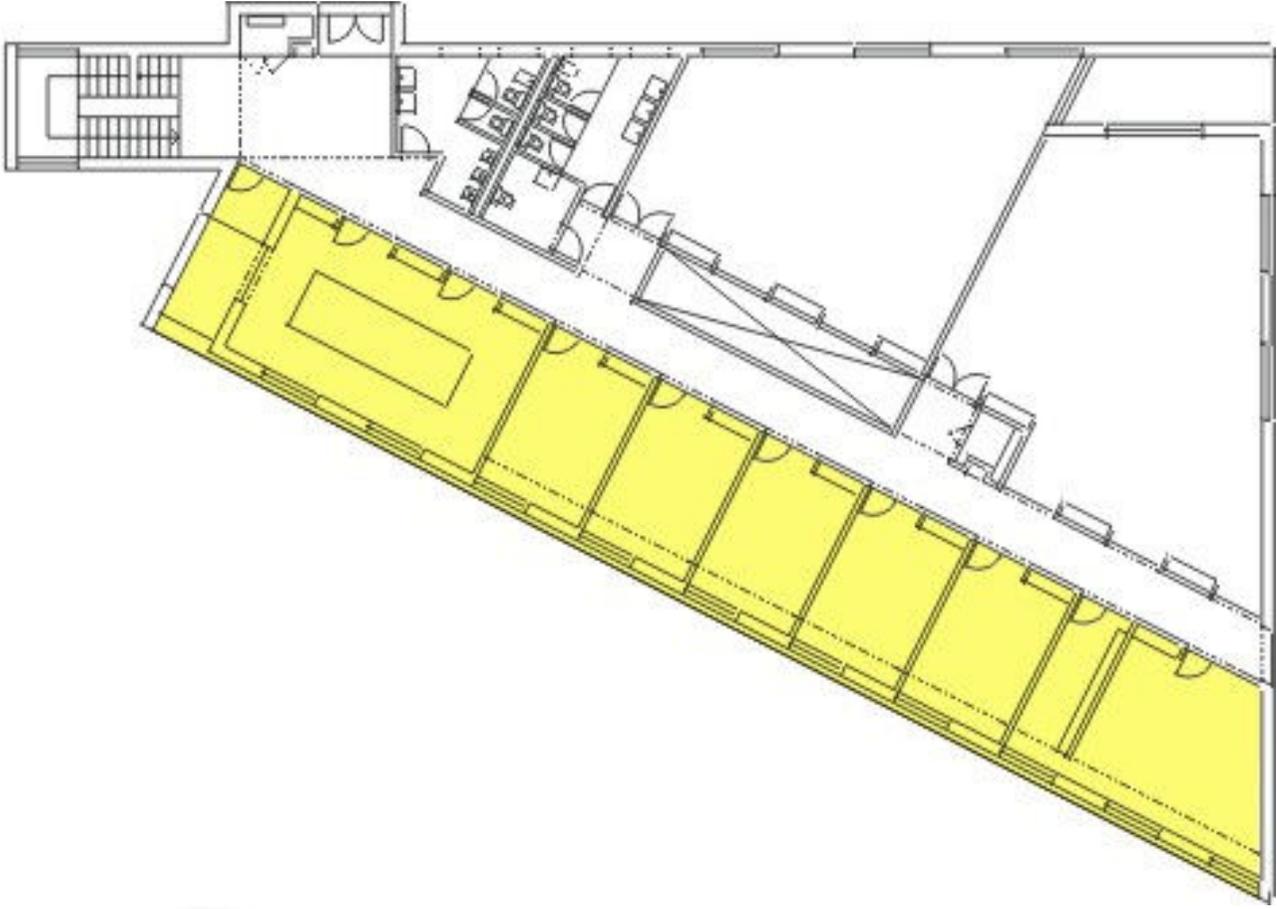
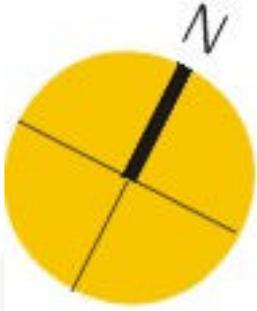
**Edifício de 3 pisos com 1500 m<sup>2</sup>**  
**Fachada Solar com 100 m<sup>2</sup> de PV**  
**Janelas de ganho directo com**  
**proteções solares exteriores.**

**Arqs. Pedro Cabrito e Isabel Diniz, 2006**





25 de maio de 2005 – Campus do Lumiar, Lisboa



# SOLAR XXI



**5 de maio de 2005 – Campus do Lumiar, Lisboa**



Fachadas nascente e norte

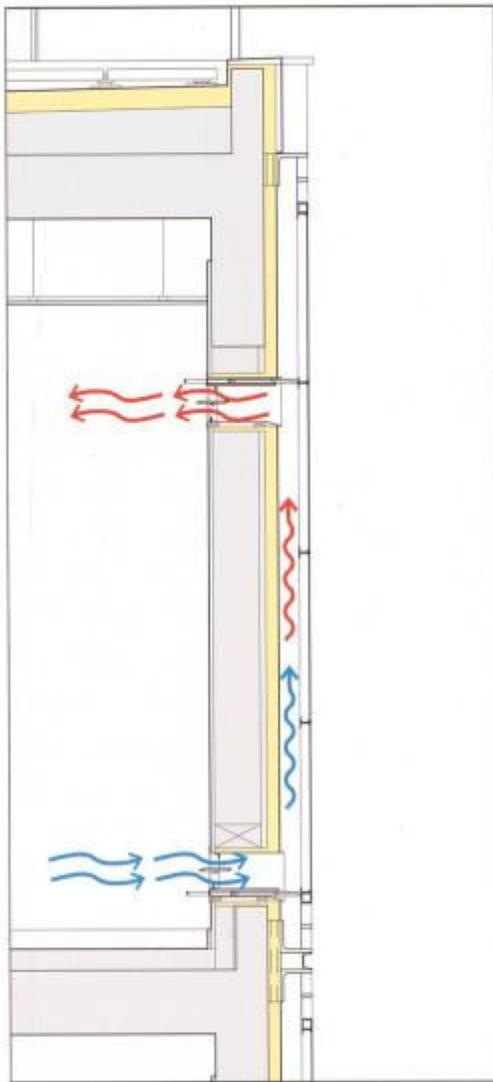


Poço de luz e ventilação

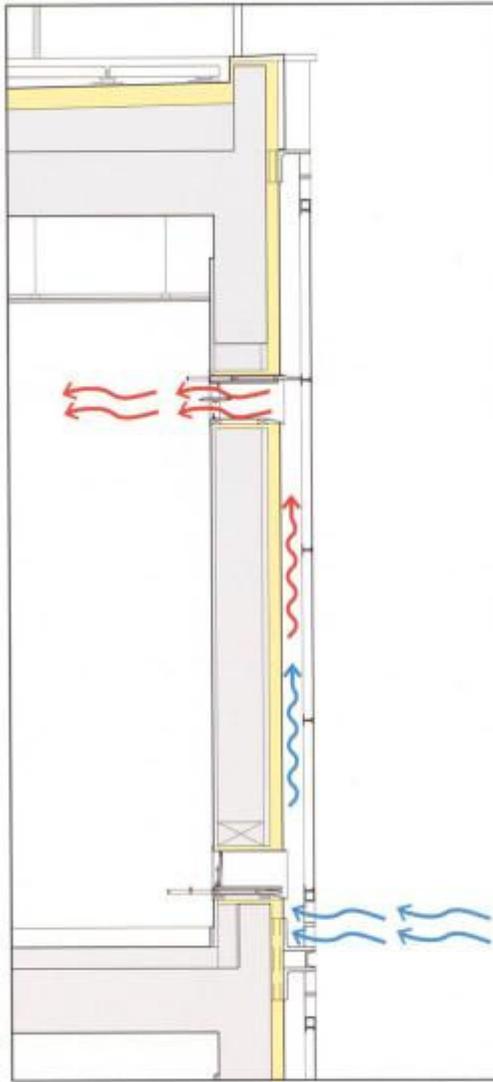




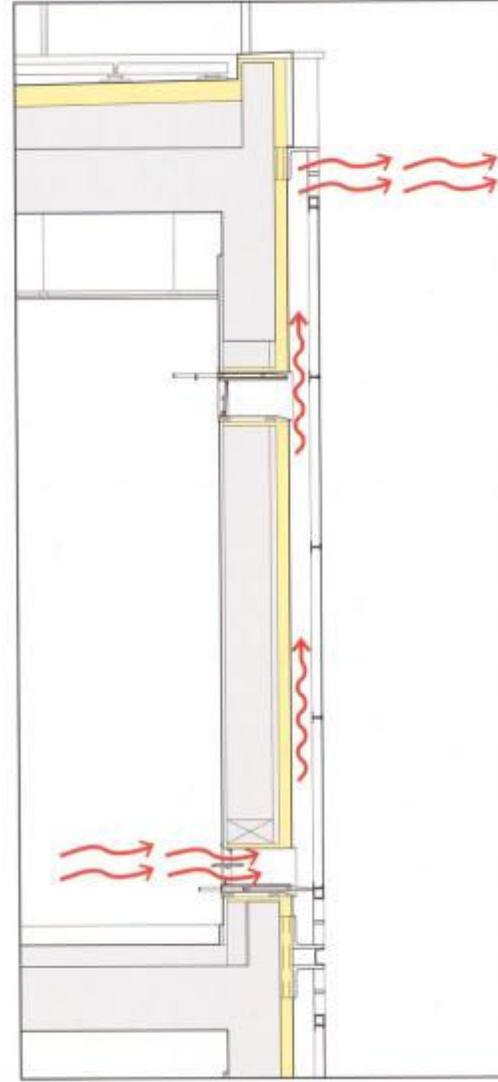
Recuperação de calor do PV



inverno



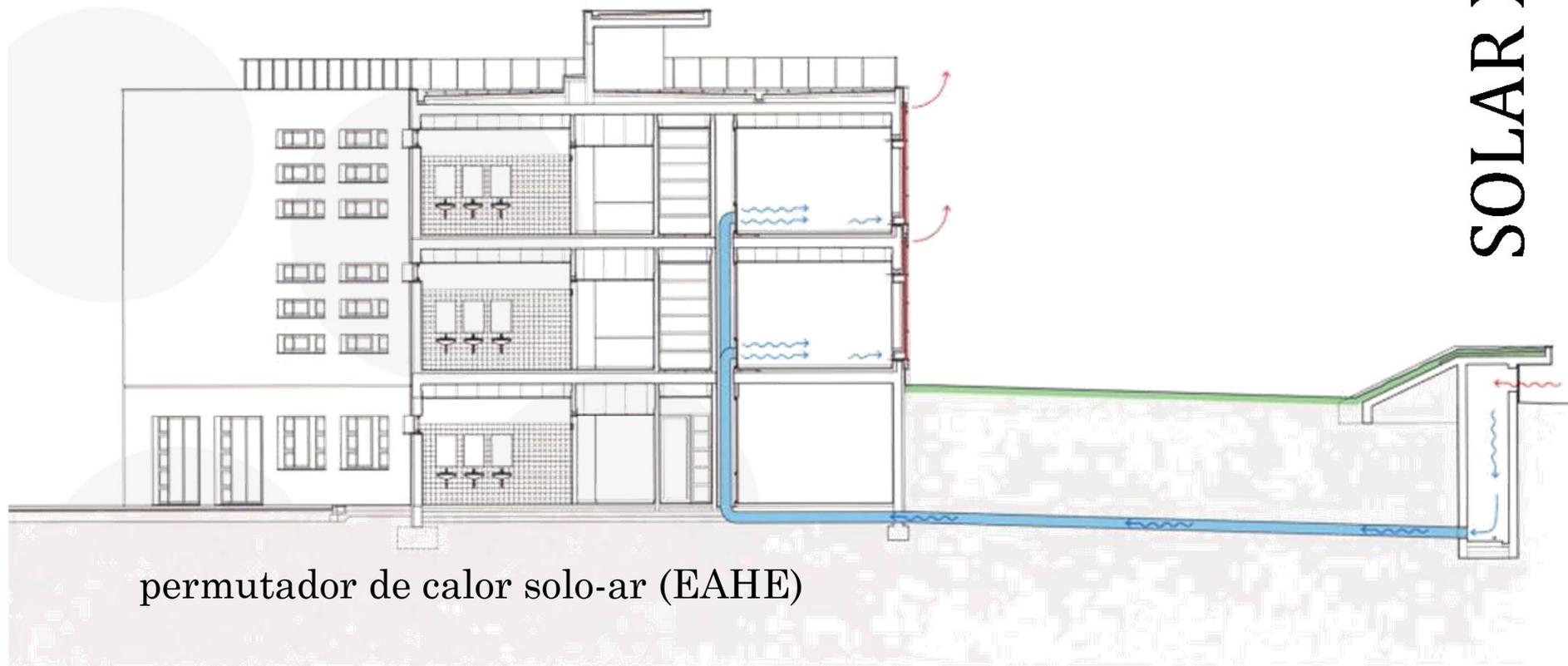
primavera/outono



verão

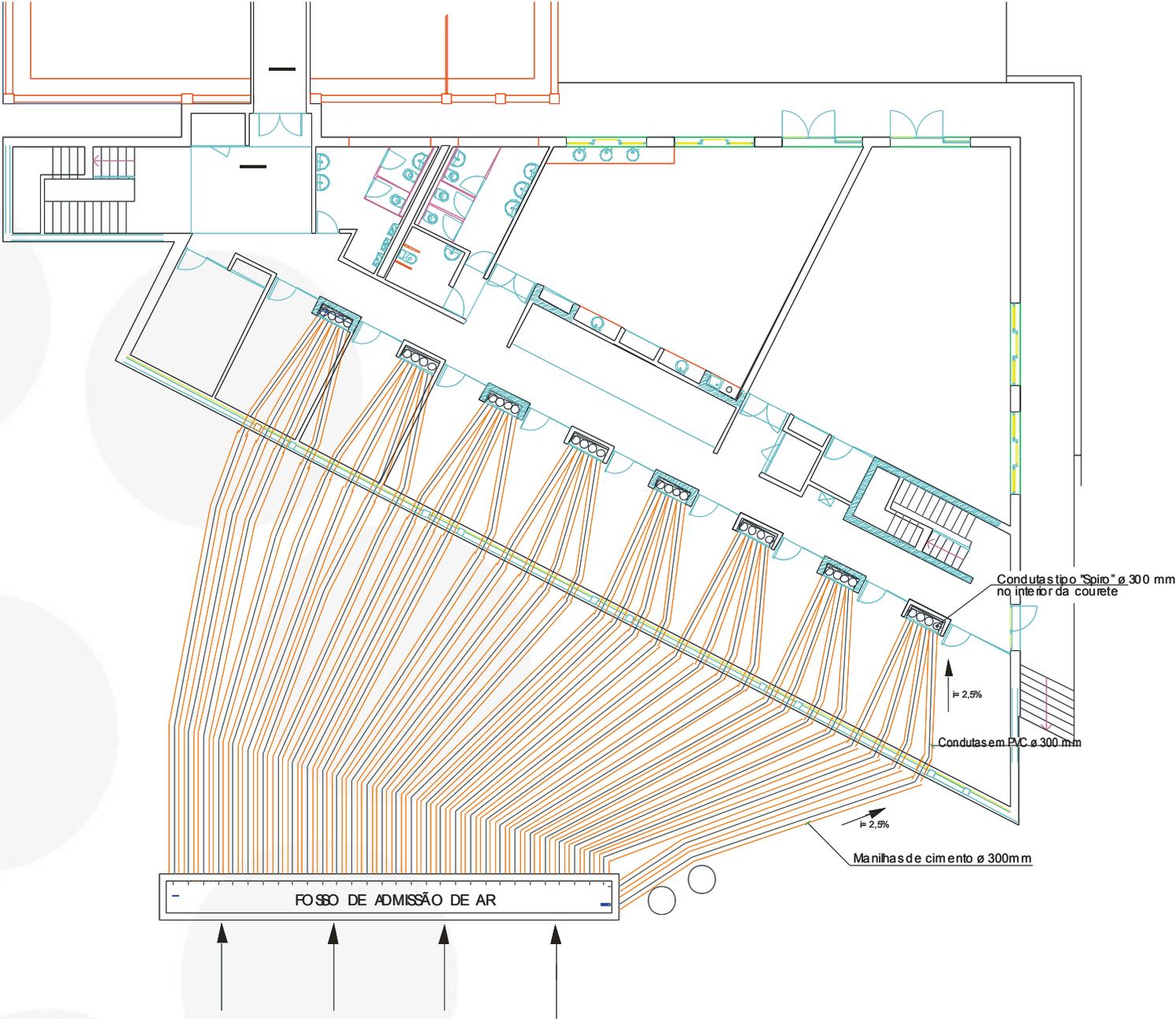
SOLAR XXI





SOLAR XXI

# permutador de calor solo-ar (EAHE)



SOLAR XXI

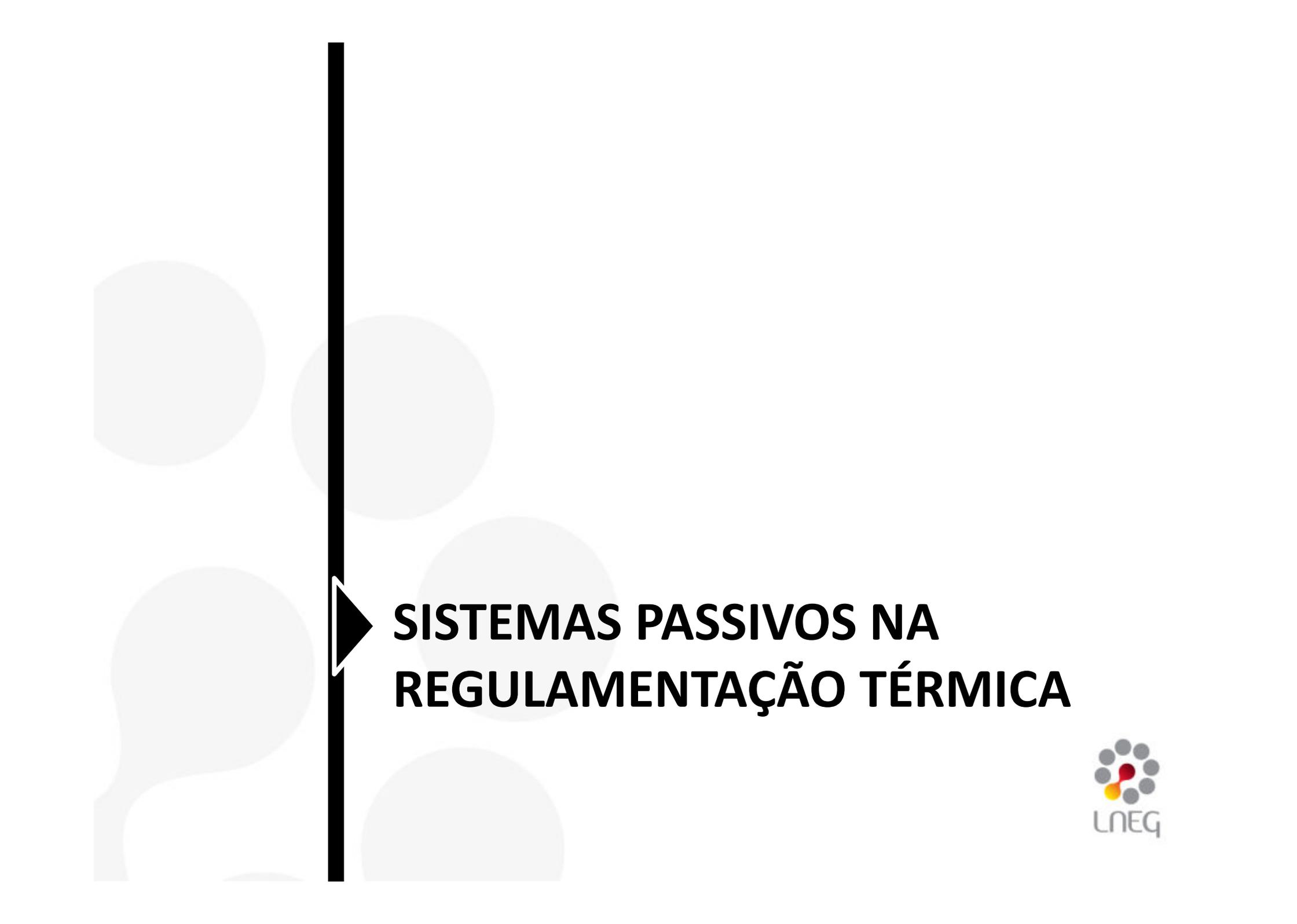




Instalação dos tubos







**SISTEMAS PASSIVOS NA  
REGULAMENTAÇÃO TÉRMICA**

## RCCTE



**ganho direto**  
**inércia térmica**  
**isolamento térmico**



**ganho indireto (método SLR)**  
**ganho separado**  
**coletores a ar**  
**chaminé solar**  
**permutador de calor solo-ar**

## MÉTODO SLR

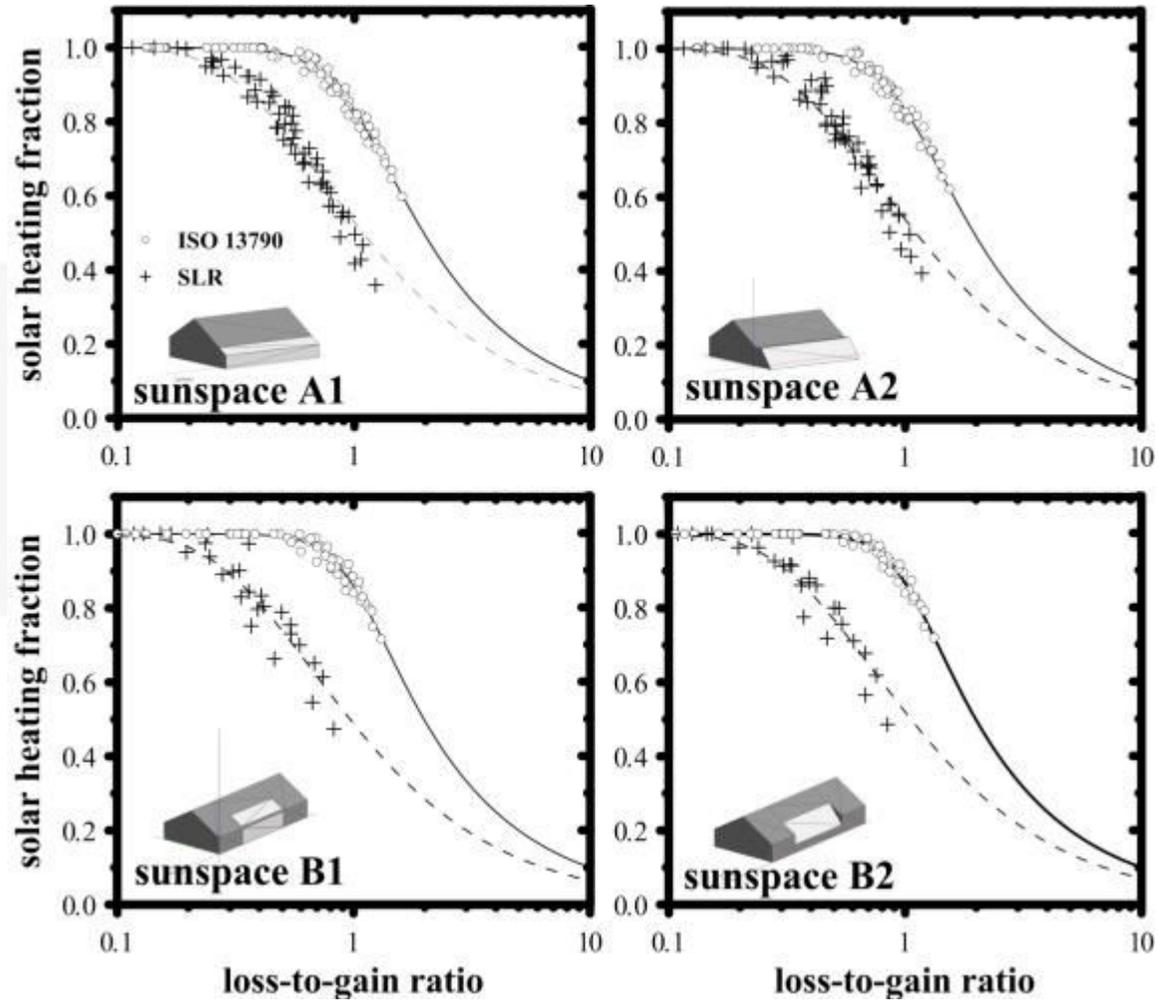


Existem correlações SLR para sistemas de ganho direto e indireto (paredes de armazenamento).

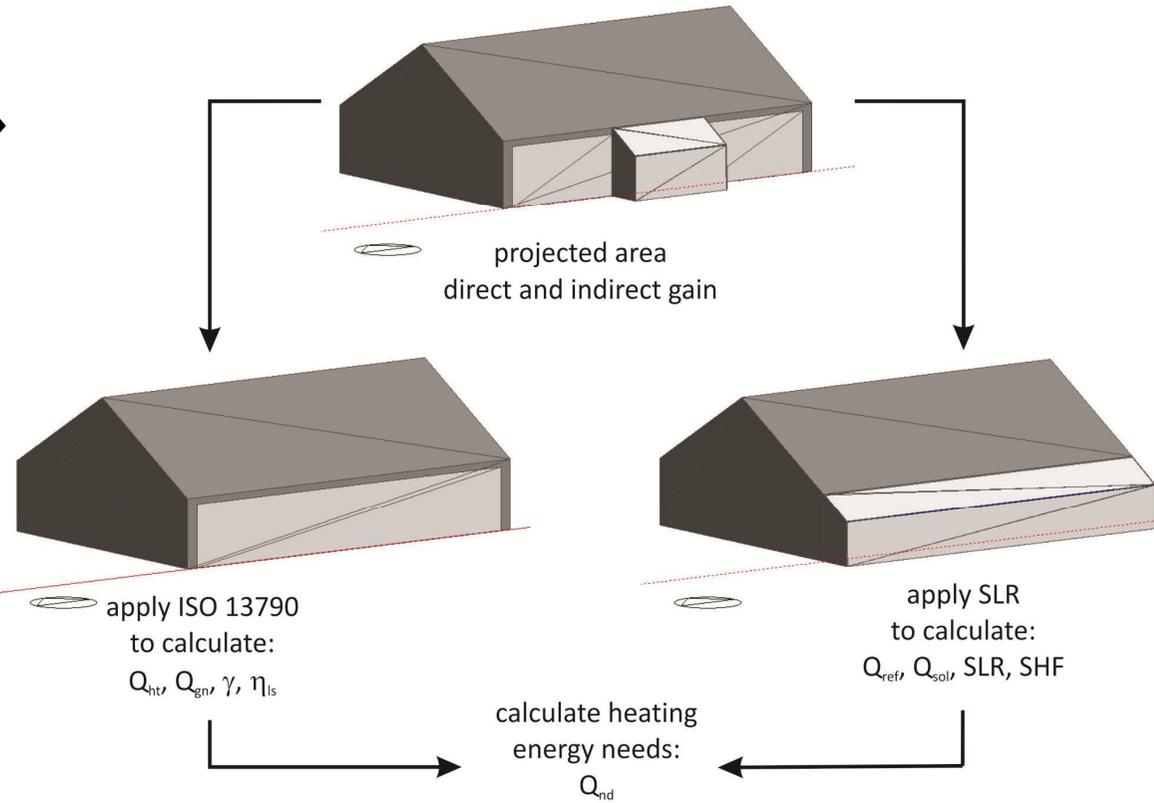


SLR não contabiliza transferência de calor (perdas) pelo elemento de ganho.

No SLR os ganhos internos são subtraídos às necessidades brutas de aquecimento.



# MÉTODOS SLR



# MÉTODO SLR



**Correlações SLR para sistemas de ganho separado.**



**Métodos simplificados para contabilizar as estratégias de ventilação (e.g. coletores a ar, chaminé solar, permutador de calor solo-ar).**





MJN Oliveira Panão and HJP Gonçalves (2012)

***Solar Load Ratio and ISO 13790 methodologies: indirect gains from sunspaces***

Energy and Buildings (aceite para publicação).

MJN Oliveira Panão and HJP Gonçalves (2011)

***Solar XXI building: proof of concept or a concept to be proved?***

Renewable Energy, vol 36, pp. 2703-2710.

MJN Oliveira Panão and HJP Gonçalves (2011).

***Methodological development of seasonal cooling energy needs by introducing ground cooling systems***

in Conference Proceedings of the 27<sup>th</sup> International Conference on Passive and Low Energy Architecture, Architecture and Sustainable Development,

Vol I, pp. 645-650. Louvain-la-Neuve, Belgium, 13-15 setembro 2011.

MJN Oliveira Panão, HJP Gonçalves and PMC Ferrão (2008)

***Optimization of the urban building efficiency potential for mid latitude climates using genetic algorithm approach***

Renewable Energy, vol. 33, pp. 887-896.

OBRIGADO PELA ATENÇÃO



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

