

Conforto Ambiental

UNIDADE II - Conforto Térmico

2.1. Geometria de Insolação

2.2. Normas técnicas;

2.3. Projeto de edifício sustentável;

2.4. Imagens de projetos;

2.5. Acompanhamento do processo de estudo e elaboração de soluções de projeto.



CONFORTO TÉRMICO

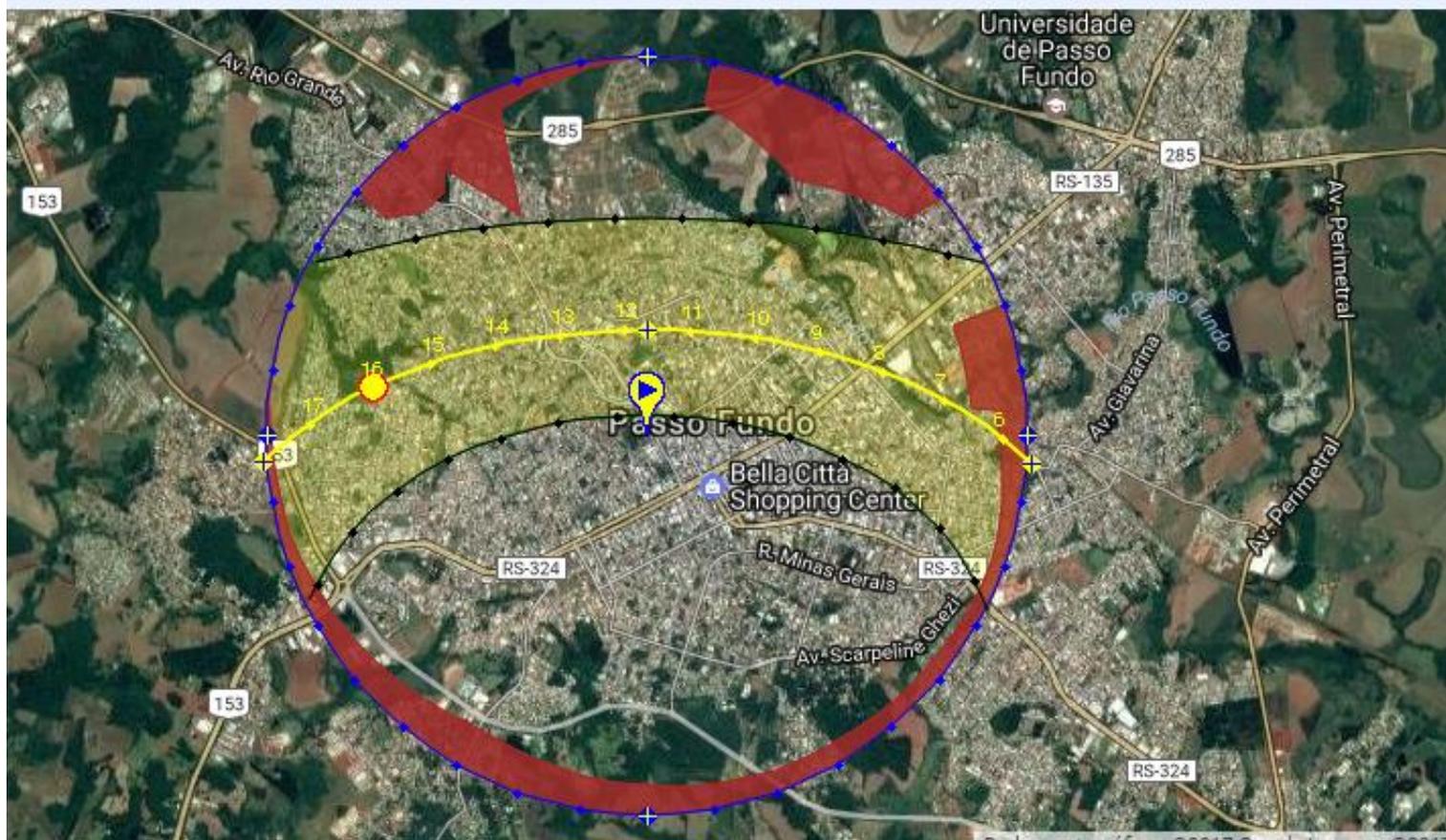
Normas técnicas

- ▶ ABNT NBR 6488, Componentes de construção – Determinação da condutância e da transmitância térmica - Método da caixa quente protegida
- ▶ ABNT NBR15220-2, Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações
- ▶ ABNT NBR 15220-3, Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social
- ▶ ABNT NBR 15220-4, Desempenho térmico de edificações – Parte 4: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida
- ▶ ABNT NBR 15575-1_2013 Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais

CONFORTO TÉRMICO

Geometria de Insolação

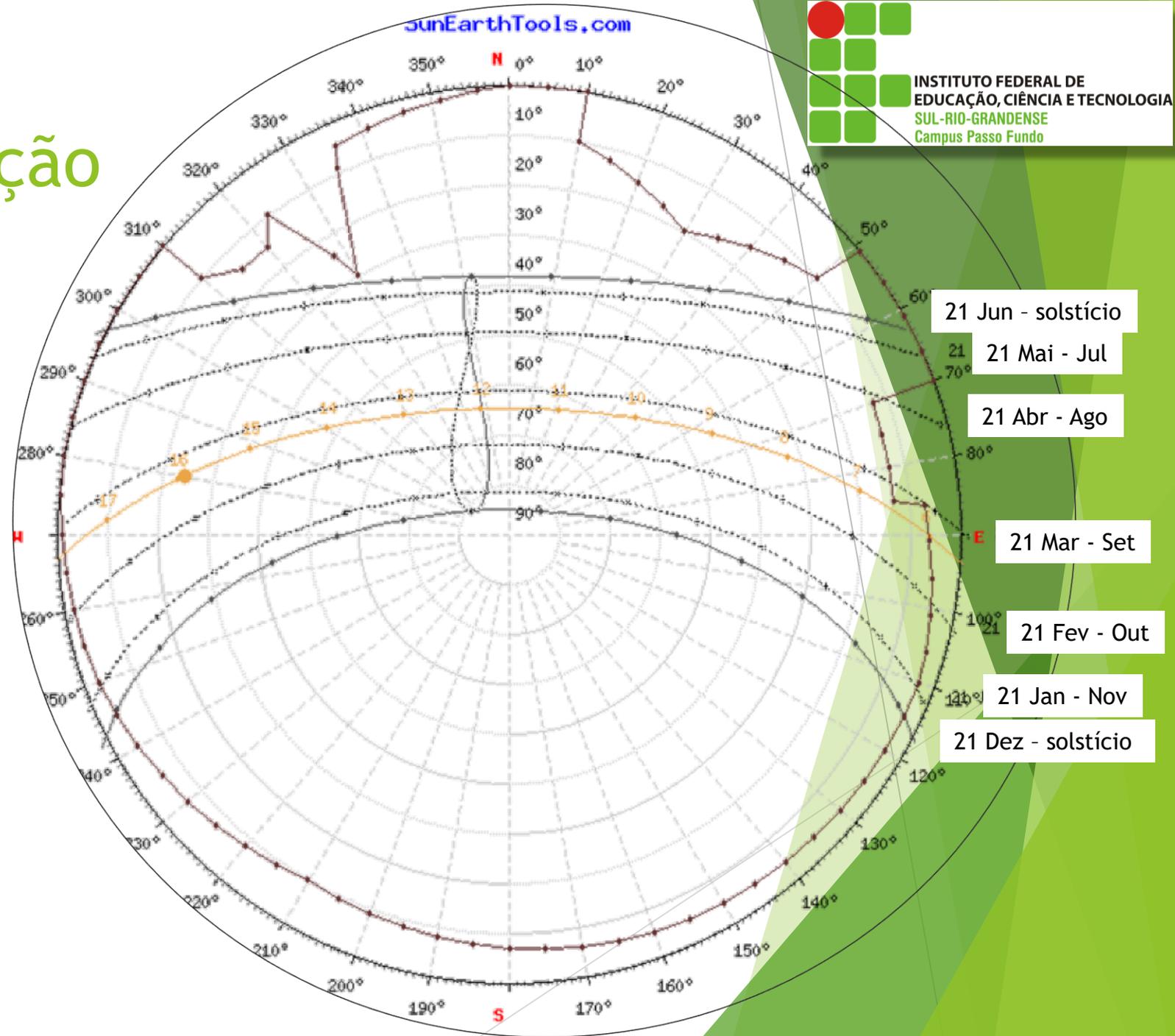
► https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php#top



CONFORTO TÉRMICO

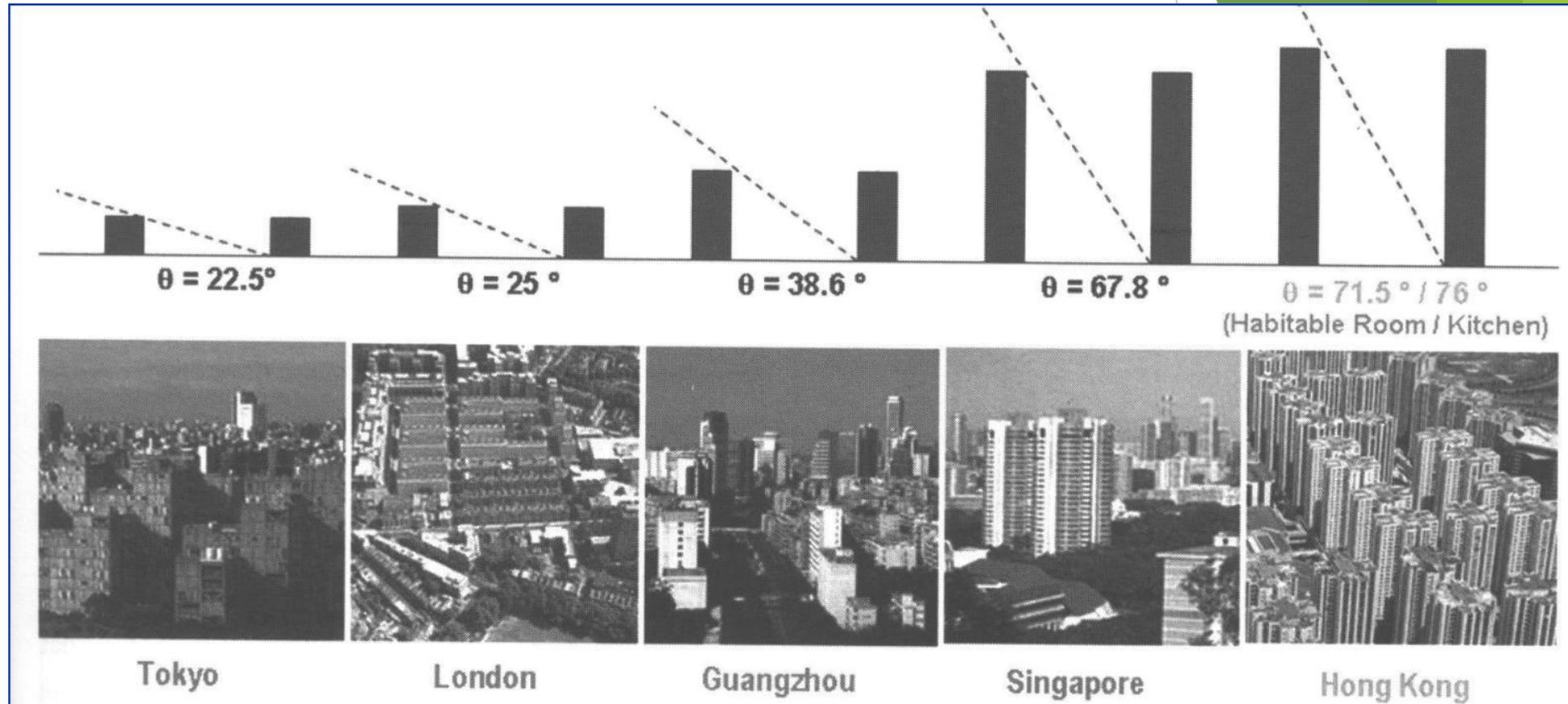
Geometria de Insolação

- ▶ Latitude: $28^{\circ} 15' 46''$ S
- ▶ Longitude: $52^{\circ} 24' 24''$ W
- ▶ Linhas Verticais = HORAS
- ▶ Horizontais = DIAS



CONFORTO TÉRMICO

Acesso ao sol

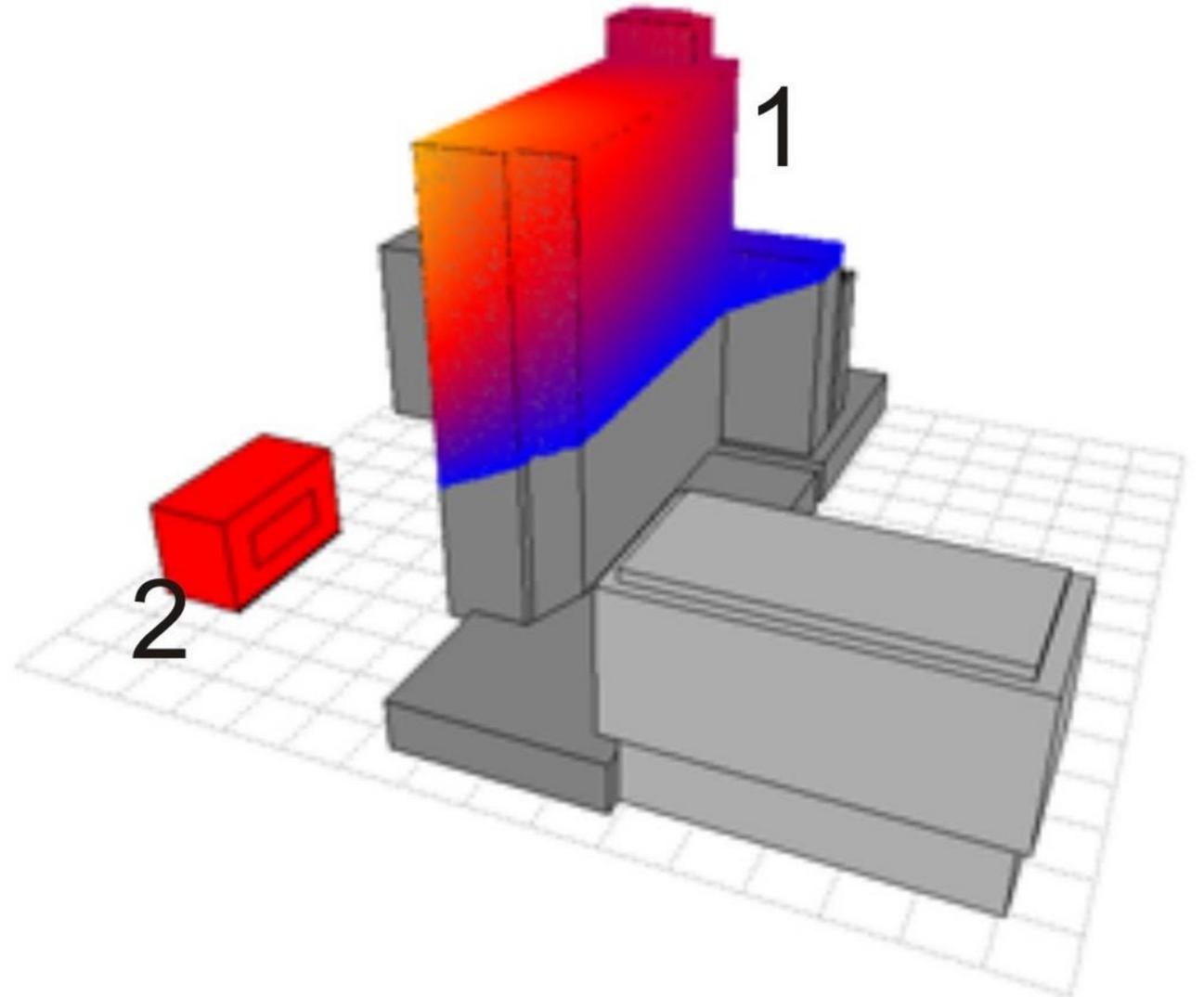
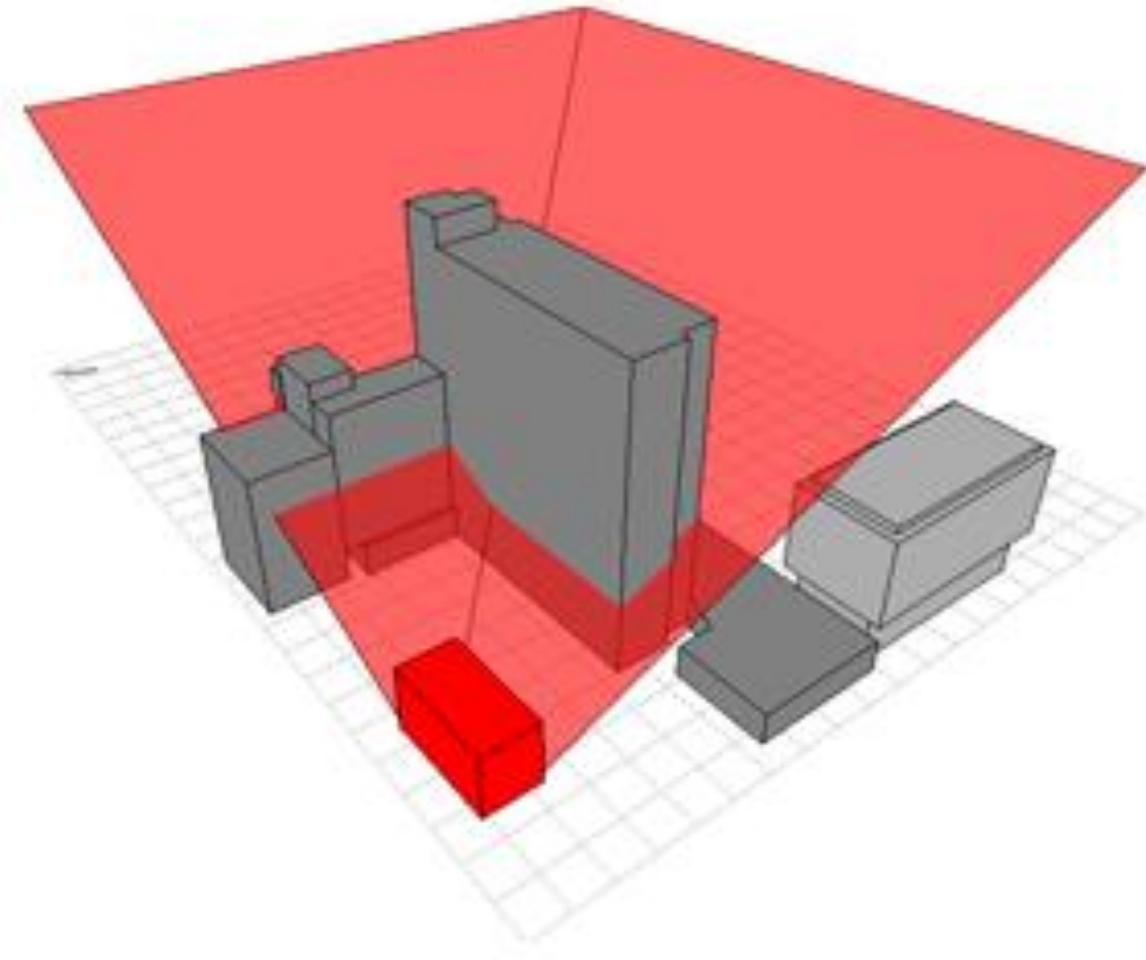


Source: Author

Figure 13.5 Vertical obstruction angle restrictions in different cities

CONFORTO TÉRMICO

Acesso ao sol





INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
SUL-RIO-GRANDENSE
Campus Passo Fundo



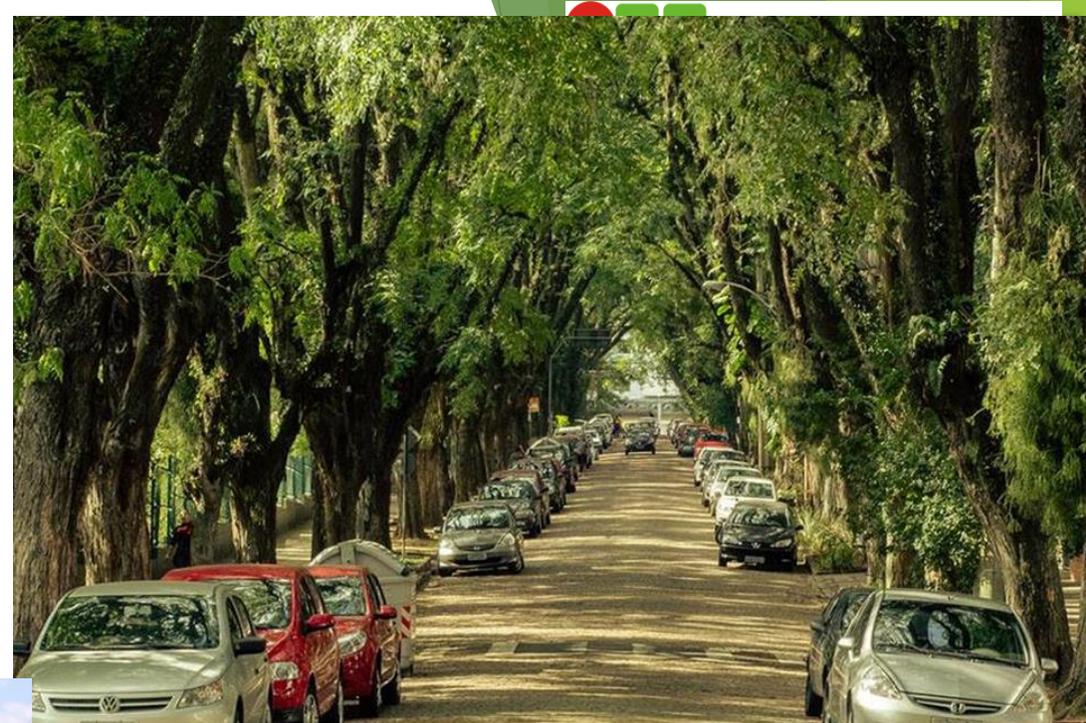
depositphotos

depositphotos





Temperatura
30°C



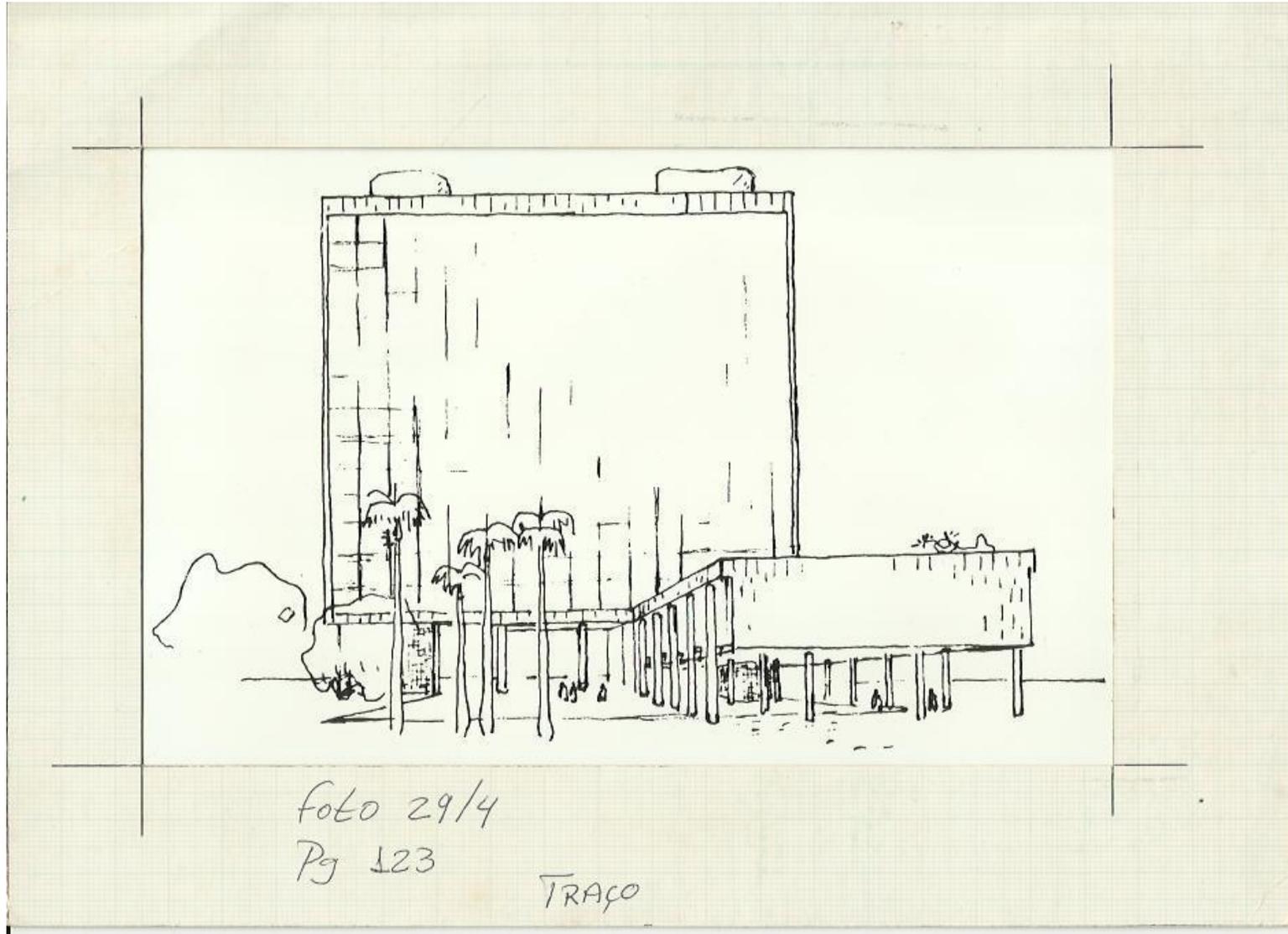
Carro de cor escura estacionado ao sol:
56°C

Carro estacionado a sombra:
27°C

Carro de cor clara estacionado ao sol:
48°C

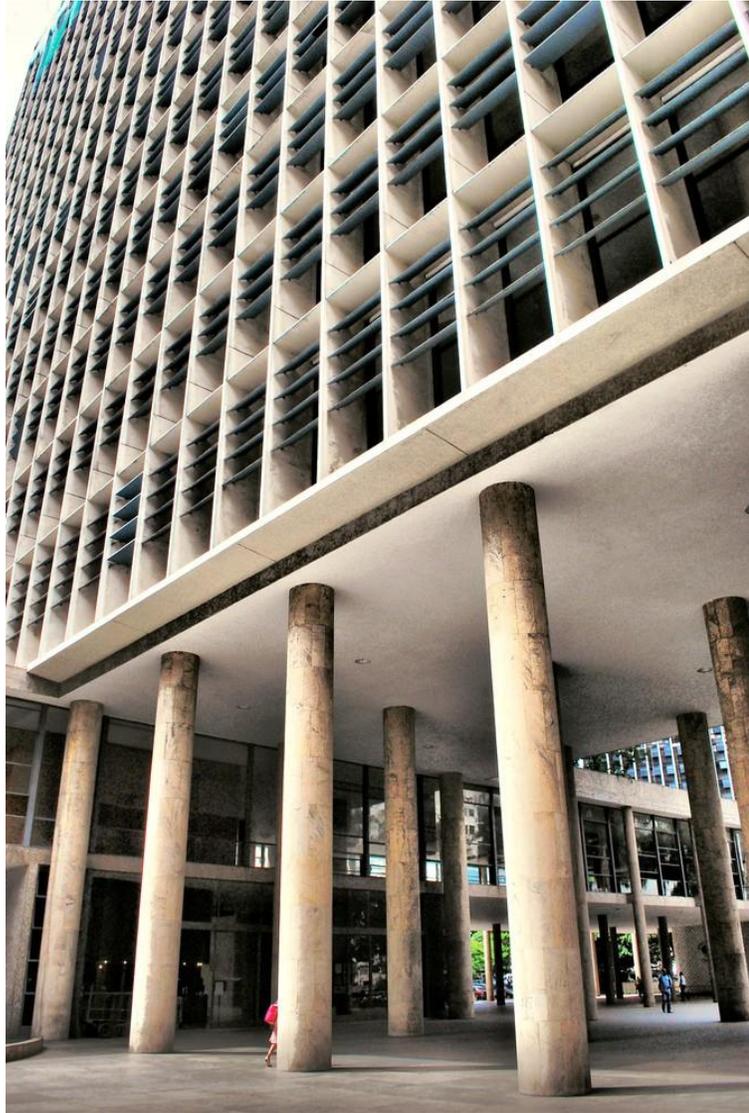
CONFORTO TÉRMICO

Estudo de Projeto



CONFORTO TÉRMICO

Estudo de Projeto



CONFORTO TÉRMICO

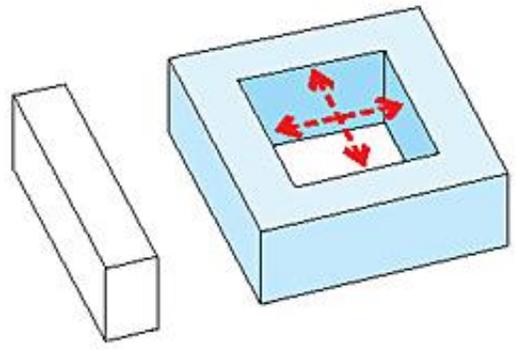
Estudo de Projeto



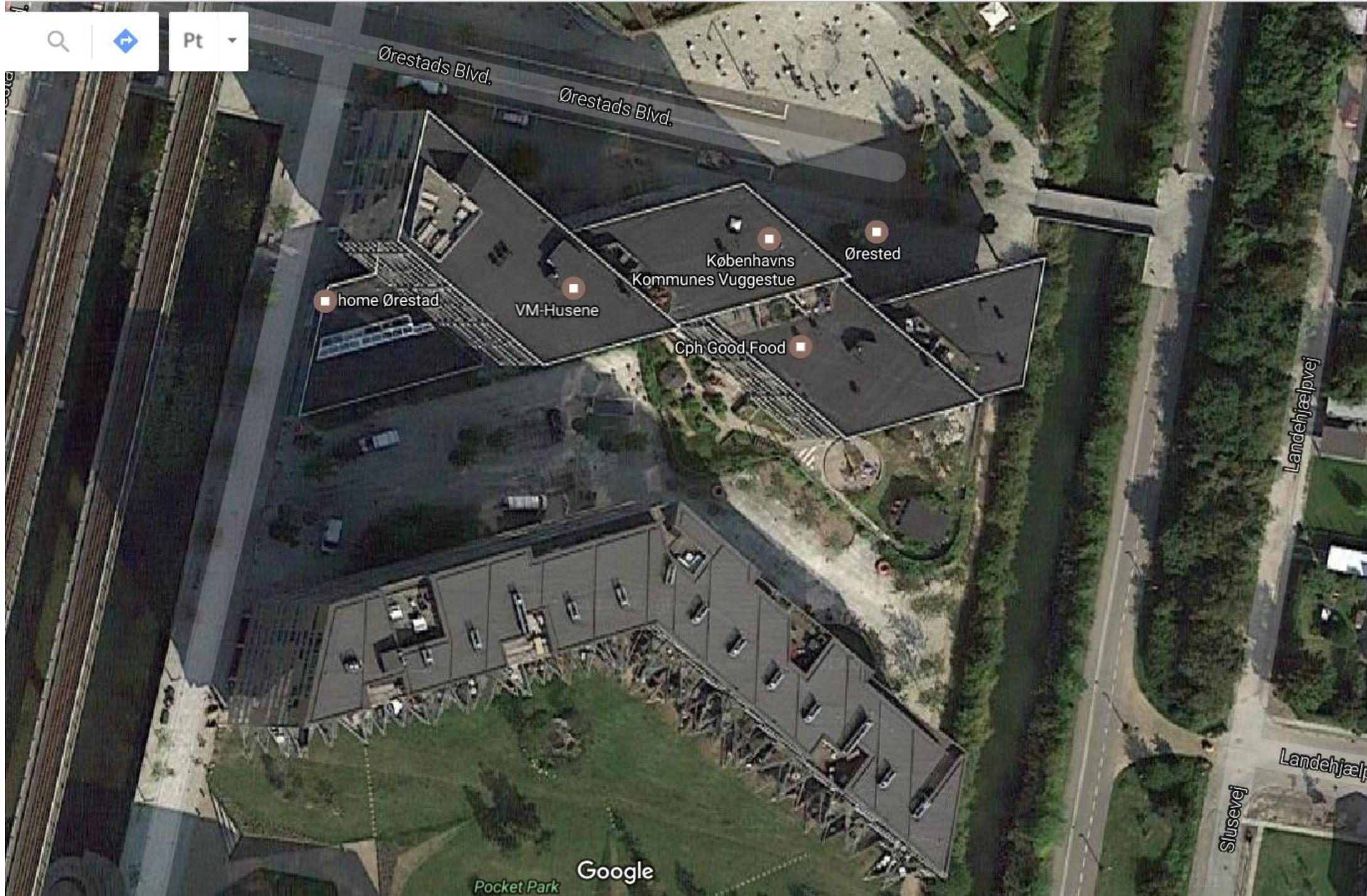
CONFORTO TÉRMICO

Estudo de Projeto





TRADITIONAL BLOCK



Search icons: magnifying glass, location pin, and 'Pt' dropdown menu.

Ørestads Blvd.
Ørestads Blvd.

home Ørestad

VM-Husene

Københavns
Kommunes Vuggestue

Ørested

Cph Good Food

Landehjælpervej

Landehjælpervej

Slusevej

Pocket Park
Google

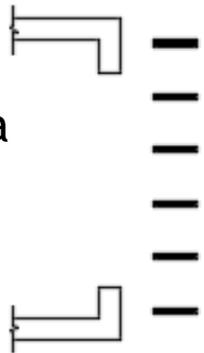
CONFORTO TÉRMICO

Estudo de Projeto



CONFORTO TÉRMICO

Planta Baixa



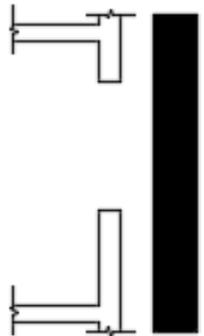
Planta Baixa



Planta Baixa



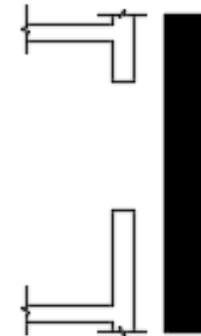
Corte



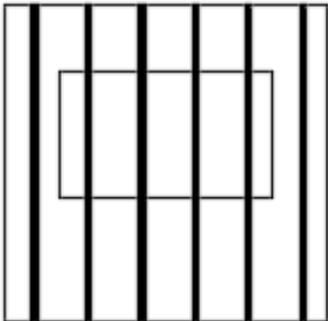
Corte



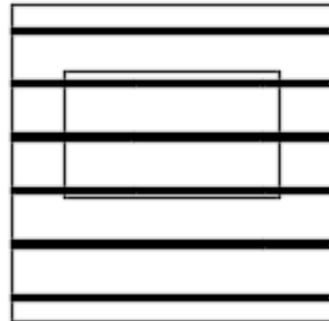
Corte



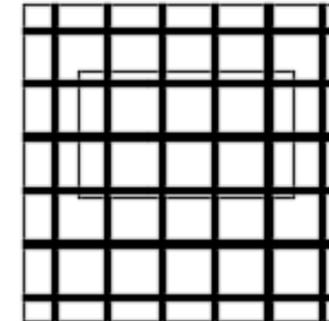
Fachada



Fachada



Fachada



CONFORTO TÉRMICO

Considerando a posição solar do dormitório de vocês, responda:

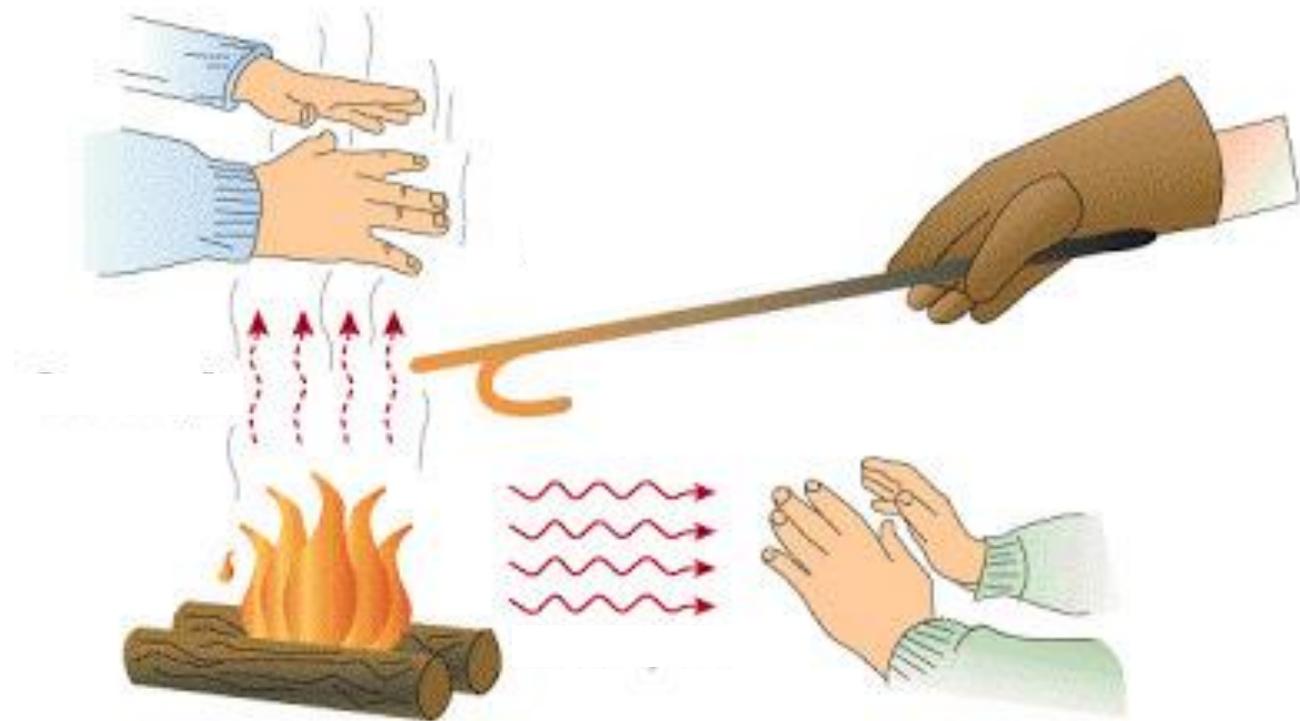
1. A janela esta posicionada a que direção? (norte, sul, sudeste, leste, nordeste)
2. Qual as dimensões do ambiente?
3. Qual o tamanho da abertura?
4. Que tipo de esquadria? Qual a abertura que proporciona a passagem solar?
5. Determine o azimute e ângulo do sol em relação ao horizonte as 14h do dia 21/03.
 1. Az= _____° Inclinação= _____°
6. Faça um desenho esquemático da incidência de sol, **desconsiderando** as construções do entorno, para as 14h dia 21/03.
7. Faça um desenho esquemático da incidência de sol, **considerando** as construções do entorno, para as 14h dia 21/03.
8. Gere um croqui do ambiente, informando a espessura das paredes, cobertura, materiais e cores.



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor

- ▶ Trocas Secas
 - ▶ São trocas de calor que envolve variação de temperatura.
 - ▶ Diferente de trocas Úmidas – tem agua no meio.
 - ▶ Tem 3 mecanismos:
 - ▶ Convecção
 - ▶ Radiação
 - ▶ Condução.



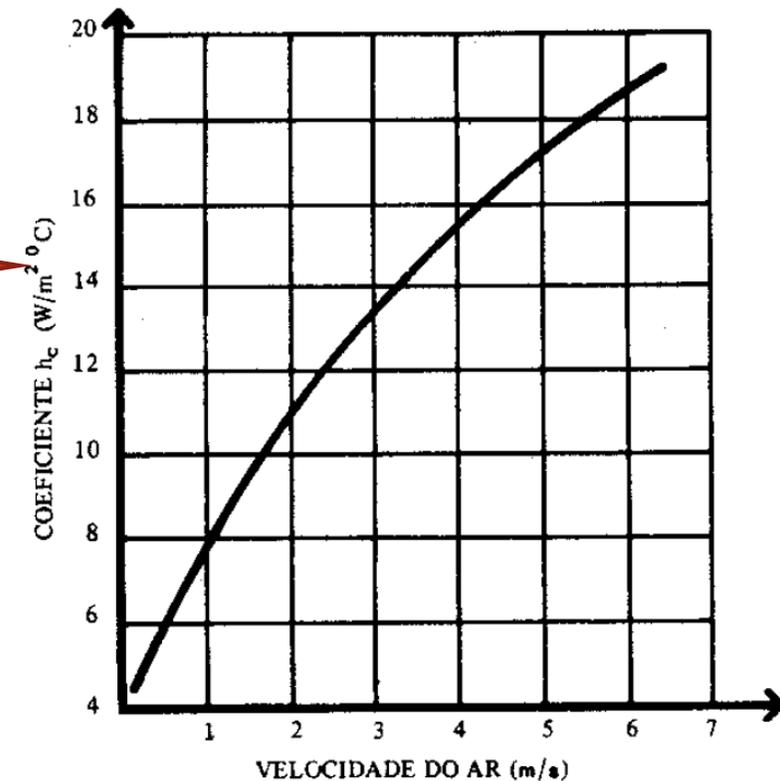
CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas secas

► Convecção

$$q_c = h_c (t - \theta) \quad (\text{W/m}^2)$$

- q_c - Intensidade de fluxo térmico por convecção (W/m²)
- h_c - coeficiente de trocas térmicas por convecção (W/m² °C)
 - Superfície horizontal (fluxo descendente) = 1,2
 - Superfície horizontal (fluxo ascendente) = 7
 - Superfície vertical
- t - temperatura do ar (°C)
- θ - temperatura da superfície do sólido (parede) (°C)
 - $t > \theta$ ou $\theta > t$



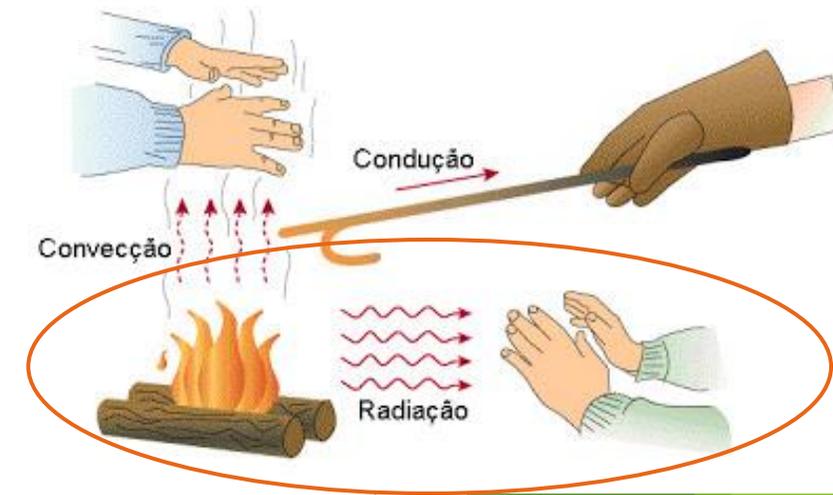
CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas secas

► Radiação

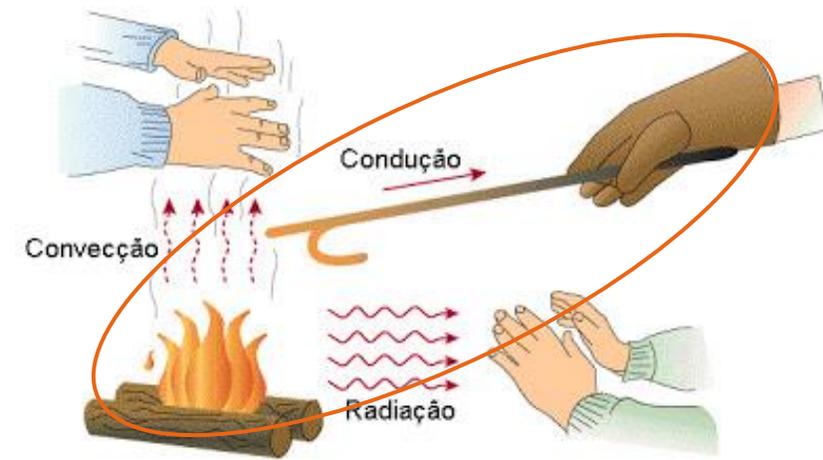
$$q_r = h_r (\theta - \theta_r) \quad (\text{W/m}^2)$$

- q_r - Intensidade de fluxo térmico por radiação (W/m^2)
- h_r - coeficiente de trocas térmicas por radiação ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
 - Para materiais de construção correntes, sem brilho metálico, pode-se adotar $5 \text{ W/m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$
- θ - temperatura da superfície da parede considerada ($^\circ\text{C}$)
- θ_r - temperatura radiante relativa as demais superfícies ($^\circ\text{C}$)



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas secas



► Condução

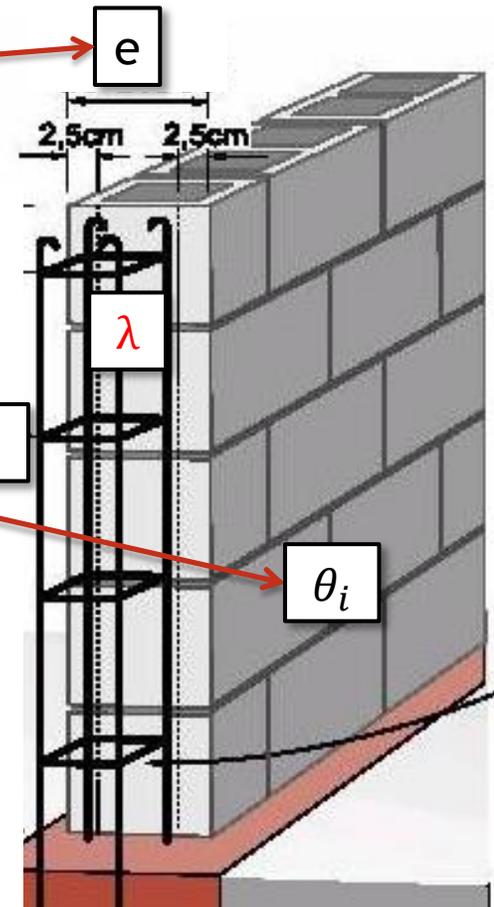
$$q_{cd} = \frac{\lambda}{e} (\theta_e - \theta_i) \quad (\text{W/m}^2)$$

- λ - Coeficiente de condutibilidade térmica do material (W/m °C)
- e - espessura da parede (m)
- θ_e - temperatura da superfície externa (°C)
- θ_i - temperatura da superfície interna (°C)

$$\frac{e}{\lambda} = r$$

- r = resistência térmica específica da parede (m² °C/W)

$$q_{cd} = \frac{(\theta_e - \theta_i)}{r} \quad (\text{W/m}^2)$$



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas secas

► Condução

- λ - Coeficiente e condutibilidade térmica do material (W/m °C)
 - densidade do material — a matéria é sempre muito mais condutora que o ar contido em seus poros;
 - natureza química do material — os materiais amorfos são geralmente menos condutores que os cristalinos;
 - a umidade do material — a água é mais condutora que o ar

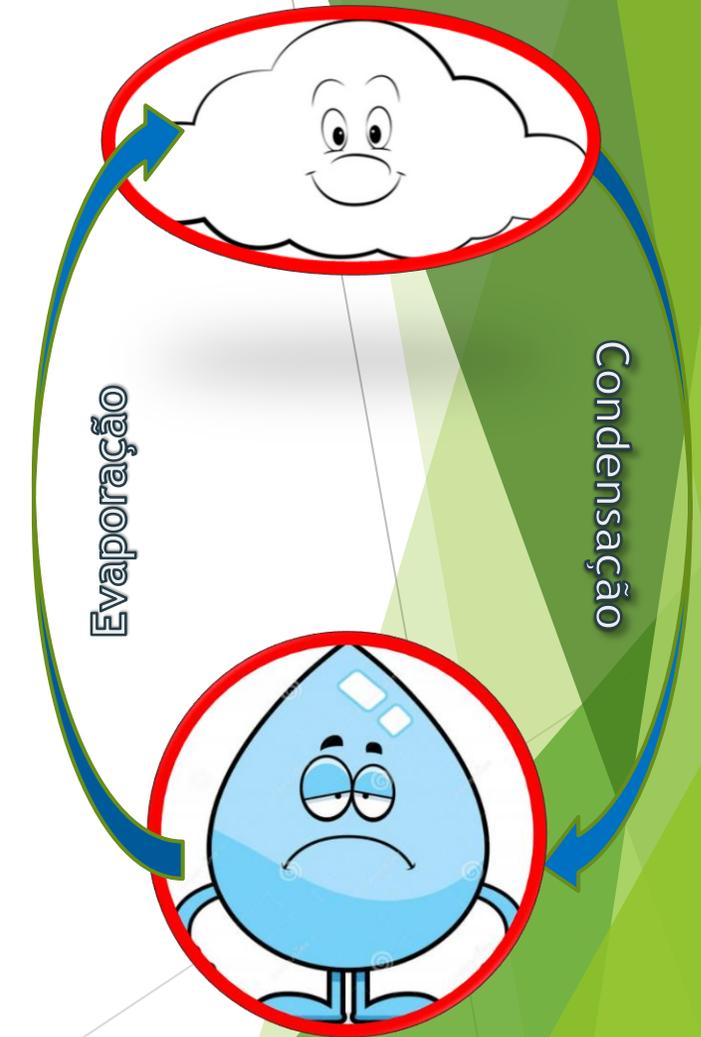
Material	λ (W/m°C)	d (kg/m ³)	c (J/kg°C)	
Água	0,58	1000	4187	
Algodão	0,06	80		
Amianto	0,15	580		
Amianto projetado	0,05	160		
Areia seca	0,49	1600	2093	
Areia úmida	2,35	variável	8374	
Argamassa de cal e cimento (ou de cimento)	0,65	1600	754	
	0,85	1800	754	
	1,05	2000	754	
Argamassa celular	0,30	600	1047	
	0,51	1000	1047	
	0,81	1400	1047	
Argamassa de gesso (ou de cal e gesso)	0,53	1000	837	
	0,70	1200	837	
Argila	0,72	1720		
Asfalto puro	0,70	2100		
Asfalto com areia	1,15	2100		
Borrachas sintéticas				
	— formofenólicas	0,40	1300	
	— mastique para junta	0,40	1350	
	— poliamida	0,40	1100	
	— policlorure de vinil	0,20	1350	
	— poliéster	0,40	1550	
— polietileno	0,40	1000		
Cerâmica	0,46	variável	837	
Cimento-amianto	0,65	1600		
	0,95	2000		
Cimento-amianto-celulose	0,46	1600		
Concreto aparente	1,65	2200	1005	
	1,91	2400	1005	
Concreto armado	1,75	2400	1005	

CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas úmidas

- ▶ Evaporação
 - ▶ Mudança de líquido para vapor.

- ▶ Condensação
 - ▶ Mudança de vapor em líquido.
 - ▶ A condensação em cozinhas e banheiros, nos horários de uso, é normal.
 - ▶ Problemática quando se dá em paredes e coberturas de baixa resistência térmica.
 - ▶ Elimina-se este problema com ventilação ou melhora-se a resistência.

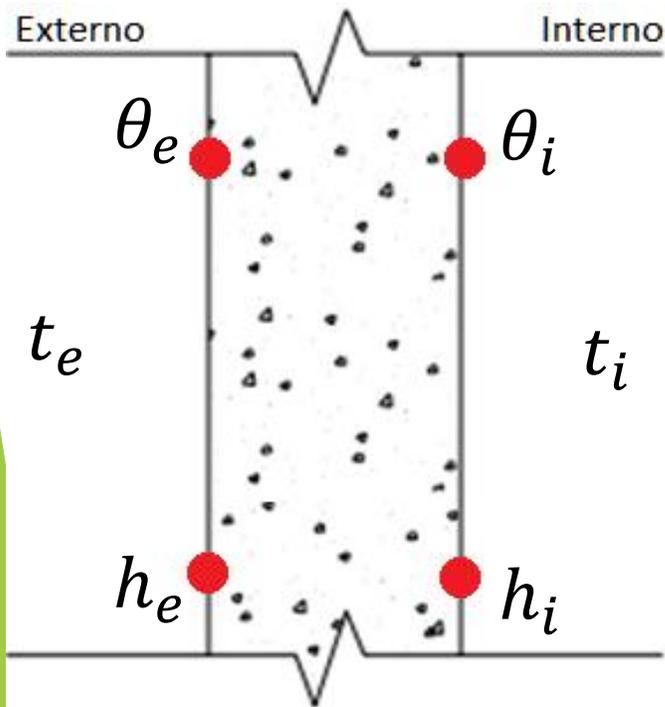


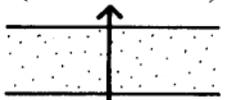
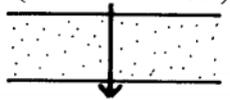
CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas úmidas

► Condutância térmica superficial

- A condutância térmica superficial engloba as trocas térmicas que se dão à superfície da parede.

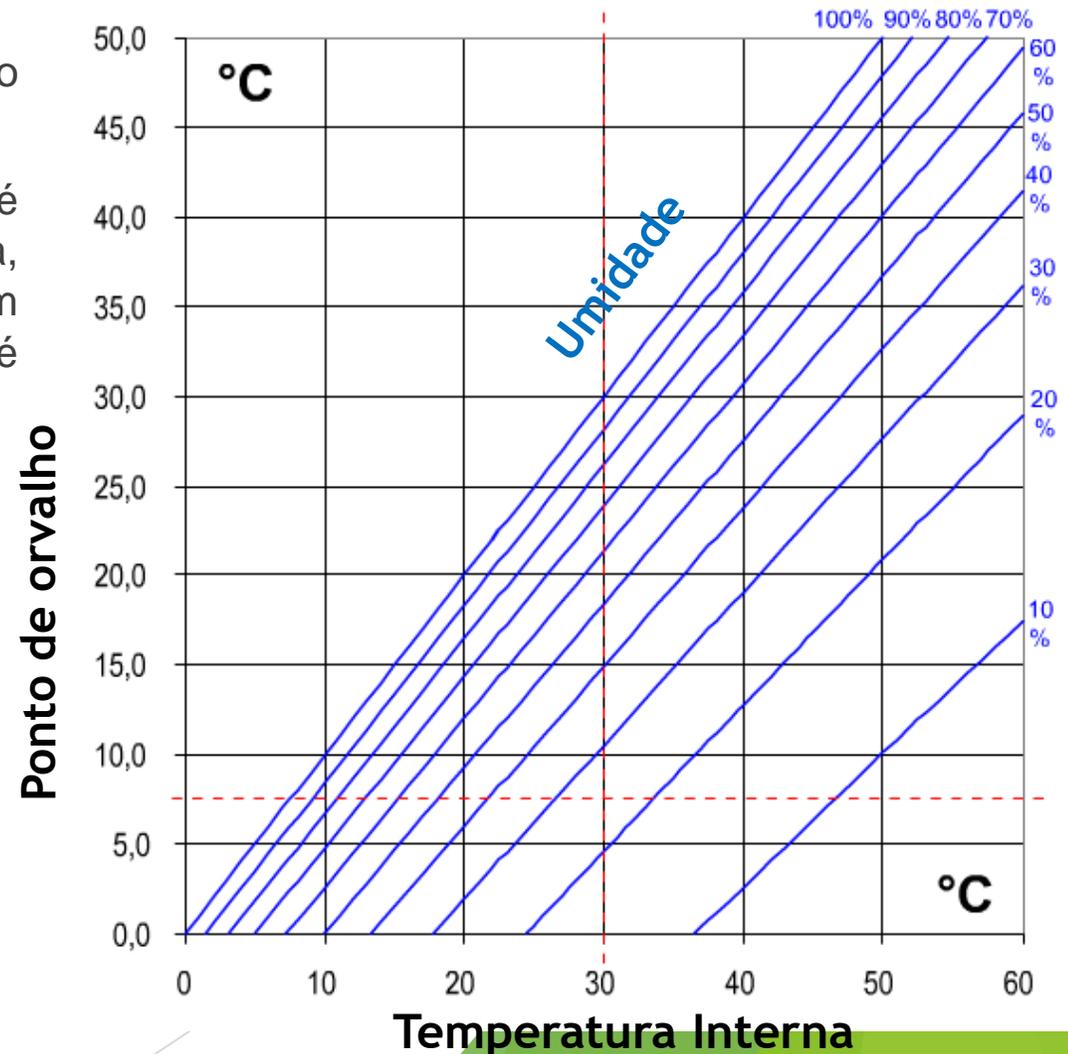


Posição das paredes e sentido do fluxo	Unidades	Paredes exteriores					Paredes interiores				
		h_i	$\frac{1}{h_i}$	h_e	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$	h_i	$\frac{1}{h_i}$	h_e	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
Parede vertical 	W/m ² °C	8	—	20	—	—	8	—	8	—	—
	m ² °C/W	—	0,12	—	0,05	0,17	—	0,12	—	0,12	0,24
Parede horizontal (fluxo ascendente) 	W/m ² °C	11	—	20	—	—	10	—	10	—	—
	m ² °C/W	—	0,09	—	0,05	0,14	—	0,10	—	0,10	0,20
Parede horizontal (fluxo descendente) 	W/m ² °C	6	—	20	—	—	6	—	6	—	—
	m ² °C/W	—	0,17	—	0,05	0,22	—	0,17	—	0,17	0,34

CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas úmidas

- ▶ Ponto de orvalho
 - ▶ A umidade relativa varia com a temperatura do ar, diminuindo com o aumento desta.
 - ▶ Quando o ar contendo uma certa quantidade de água é esfriado, sua capacidade de reter água é reduzida, aumentando a umidade relativa até se tornar saturado — com umidade 100%. A temperatura na qual esse ar se satura é denominada temperatura do ponto de orvalho.



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas úmidas

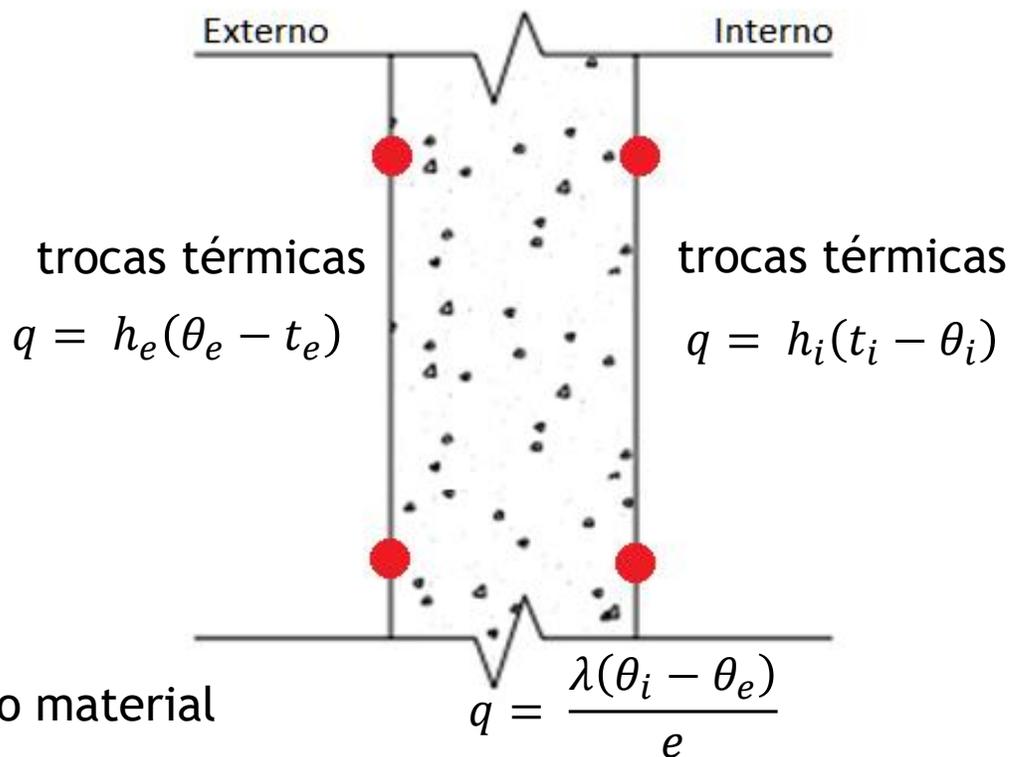
$$R = \left(\frac{t_e - t_i}{t_i - t_o} \right) \cdot \frac{1}{h_i} \quad (\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W})$$

- ▶ R - Resistencia térmica
- ▶ t_i — temperatura do ar interno ($^\circ\text{C}$);
- ▶ t_e — temperatura do ar externo ($^\circ\text{C}$);
- ▶ t_o — temperatura do ponto de orvalho relativa a t_i ($^\circ\text{C}$);
- ▶ h_i — coeficiente de condutância térmica superficial interna ($\text{W}/\text{m}^2\text{ } ^\circ\text{C}$).

CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - trocas úmidas

- ▶ Coeficiente Global de Transmissão Térmica (K)
 - ▶ K incorpora trocas térmicas superficiais, tanto por convecção, radiação e condução (através do material).
- ▶ Paredes Homogêneas



$$q = \frac{(\theta_e - t_e)}{\frac{1}{h_e}} \quad \color{red}{=} \quad q = \frac{(t_i - \theta_i)}{\frac{1}{h_i}} \quad \color{red}{=} \quad q = \frac{(\theta_i - \theta_e)}{\frac{e}{\lambda}}$$

$$q = K(\Delta t)$$

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \frac{e}{\lambda}$$

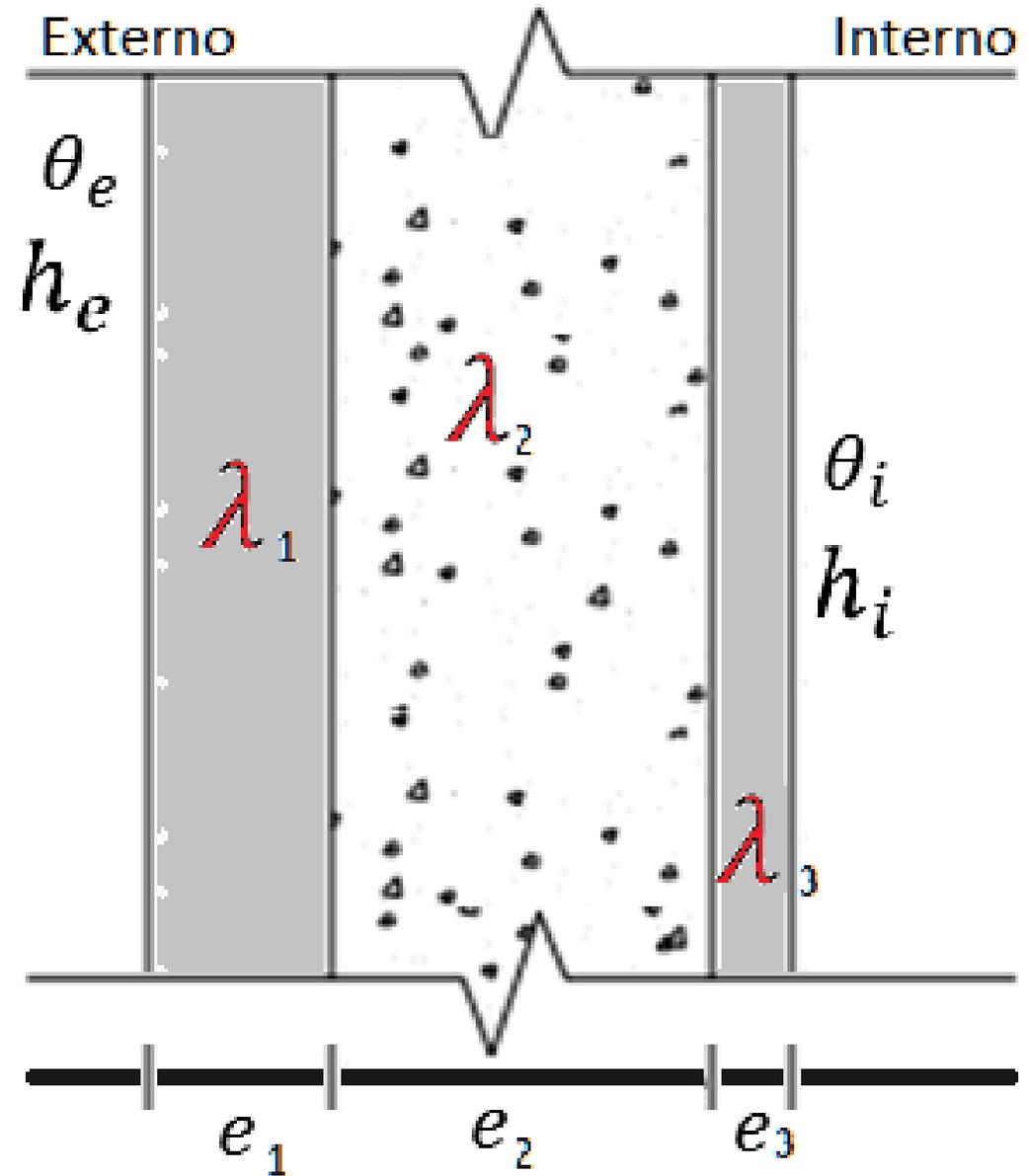
$$R = \frac{1}{K}$$

CONFORTO TERMICO

Trocas de calor

- Paredes heterogêneas

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{e_2}{\lambda_2}$$



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor

- Paredes heterogêneas com uma camada de ar

Posição Espaço de Ar	Direção e Sentido do Fluxo de Calor	Espessura do Espaço de Ar (cm)	Temperatura das faces		R_{ar} ($m^2\text{°C/W}$), para $\epsilon_r =$			
			Média ($^{\circ}\text{C}$)	Diferença ($^{\circ}\text{C}$)	0,82	0,47	0,20	0,11
vertical	horizontal	2 a 10	32	5,5	0,15	0,22	0,38	0,51
			10	5,5	0,18	0,26	0,41	0,54
horizontal	vertical ascendente	2 a 10	10	5,5	0,16	0,21	0,32	0,39
horizontal	vertical descendente	2	32	11	0,15	0,21	0,36	0,46
		4	32	11	0,16	0,26	0,48	0,66
		10	32	11	0,17	0,28	0,58	0,86

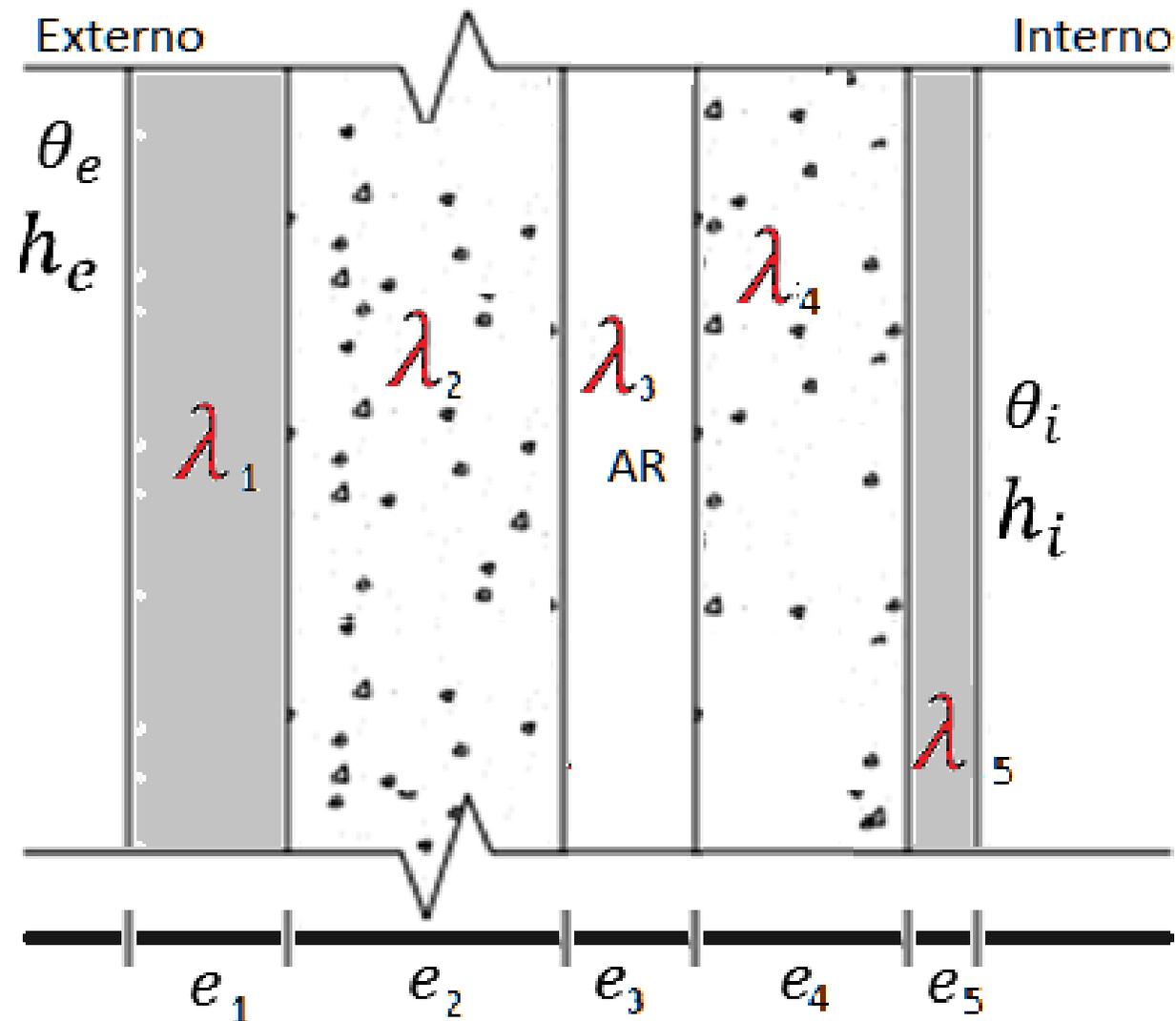
sendo:

$$\epsilon_r = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1}$$

para:

ϵ_r = emissividade térmica relativa

ϵ_1 e ϵ_2 = emissividade de cada uma das lâminas paralelas que confinam o espaço de ar



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - Exercícios

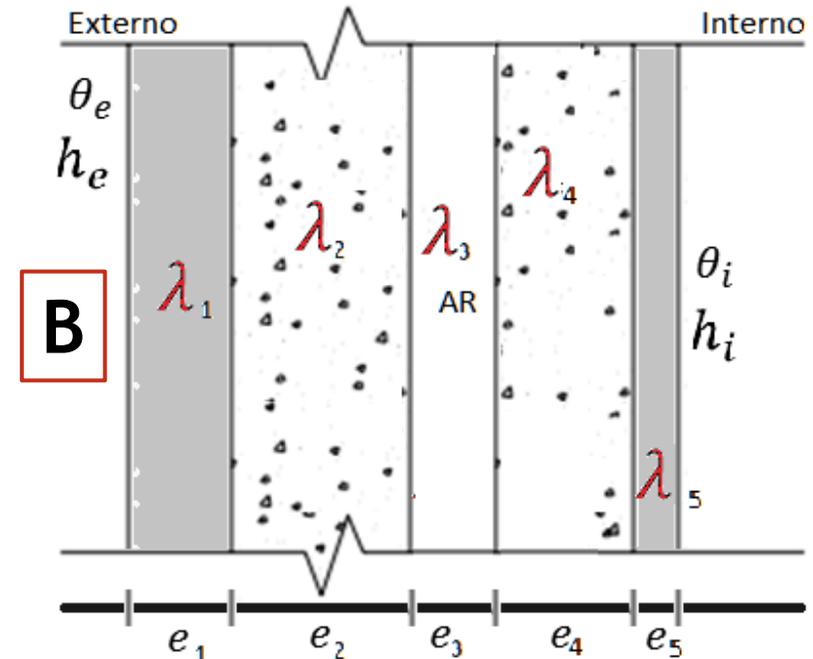
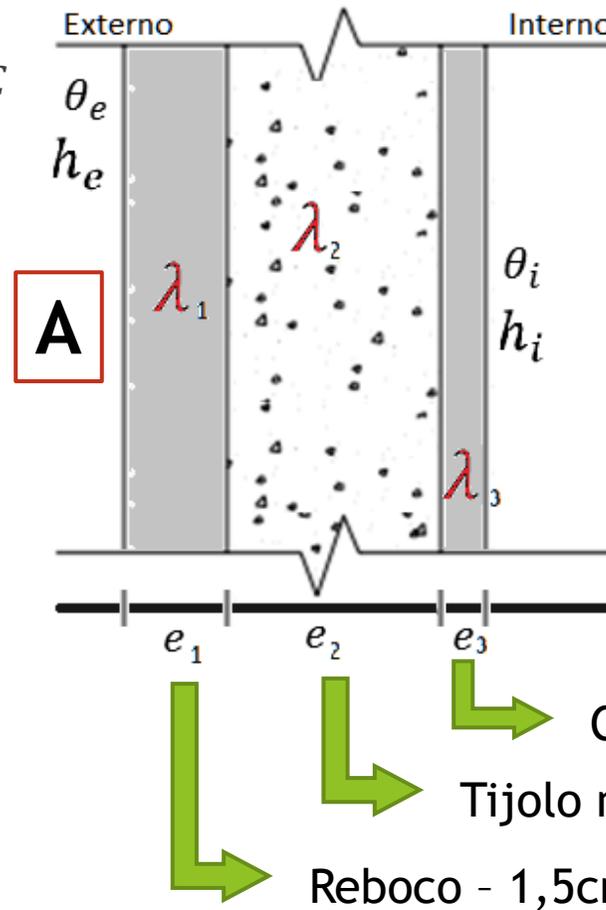
- ▶ Calcule o coeficiente global de transmissão térmica “K” dos seguintes fechamentos:
 - a. Painel de concreto armado com 8cm de espessura.
 - b. Parede de alvenaria com 11cm de espessura.
 - c. Parede de bloco de concreto, 8 furos, com espessura de 19cm.
 - d. Laje de concreto com 12 cm de espessura.
 - e. Telha de barro (horizontal) com espessura de 15cm.
 - f. Classifique, em ordem do melhor para o pior desempenho térmico.

CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - Exercício

► Compare o desempenho térmico dos fechamentos dados a seguir.

- a. $\lambda_{ar} = 0,27 \text{ w/m.}^\circ\text{C}$
- b. $\lambda_{madeira} = 0,12 \text{ w/m.}^\circ\text{C}$
- c. $\lambda_{tijolo} = 0,72 \text{ w/m.}^\circ\text{C}$
- d. $\lambda_{reboco} = 0,65 \text{ w/m.}^\circ\text{C}$
- e. $h_i, h_e = \text{ver tabelas}$



Cedro - 1cm

Tijolo maciço- 11cm

Reboco - 1,5cm

Reb - 1,5cm

Tijolo maciço- 11cm

AR- 1,5cm

Tijolo maciço- 11cm

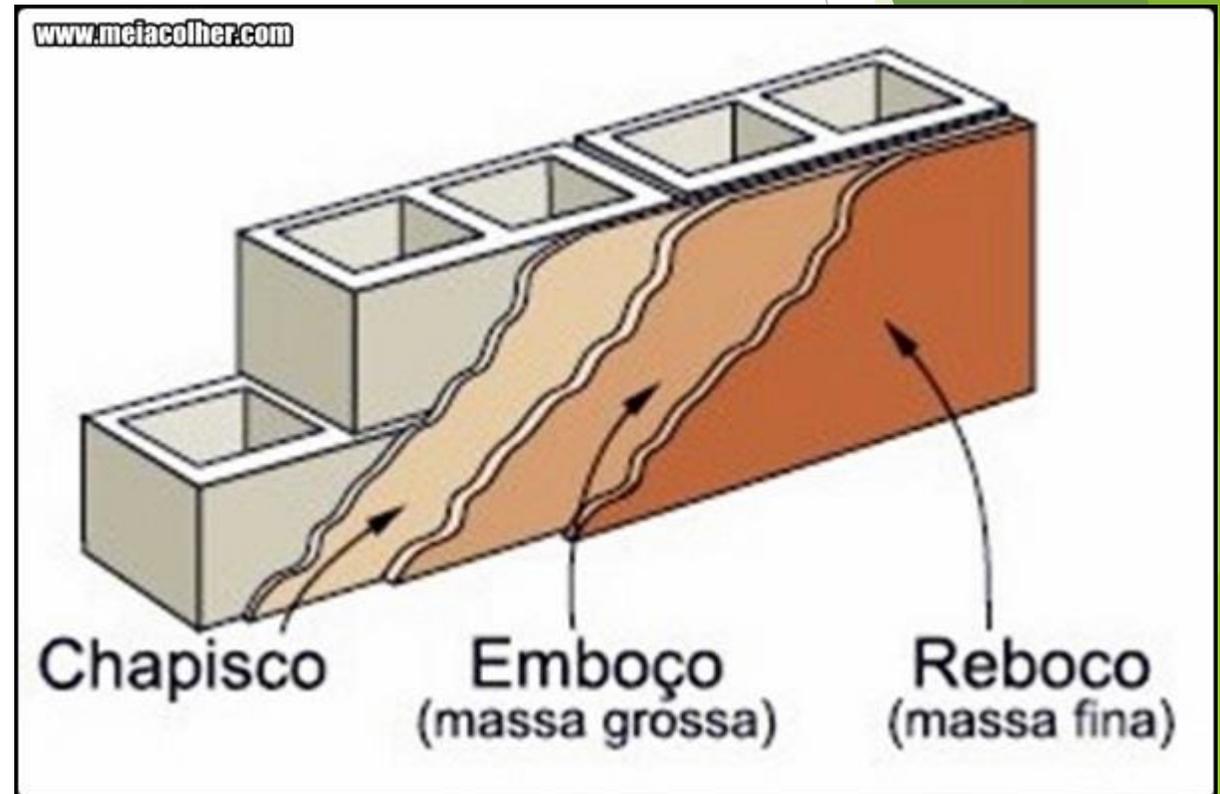
Reboco - 1,5cm

► Calcule os Ks e comente os resultados

CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - Exercício

- ▶ Qual a resistência térmica de uma parede de alvenaria constituída de:
 - ▶ 0,5 cm reboco
 - ▶ 2,0 cm emboço
 - ▶ 0,5 cm chapisco
 - ▶ 15,0 cm tijolo
 - ▶ 0,5 cm chapisco
 - ▶ 2,0 cm emboço
 - ▶ 0,5 cm reboco



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor

- Paredes heterogêneas verticais

$$K = \frac{K_1 A_1 + K_2 A_2 + K_n A_n}{A_1 + A_2 + A_n}$$



CONFORTO TERMICO

Trocas de calor - Exercício

- ▶ Calcule o coeficiente global de transmissão térmica do fechamento heterogêneo em superfícies dado a seguir (os dois tipos de paredes estão especificados com suas respectivas áreas):
 - ▶ Área 1:
 - ▶ 15 m²
 - ▶ 1,5 cm reboco
 - ▶ 20cm tijolo maciço
 - ▶ 1,5cm reboco
 - ▶ 1,5 cm cedro
 - ▶ Área 2
 - ▶ 40 m²
 - ▶ 1,5 cm reboco
 - ▶ 20cm tijolo maciço
 - ▶ 1,5cm reboco

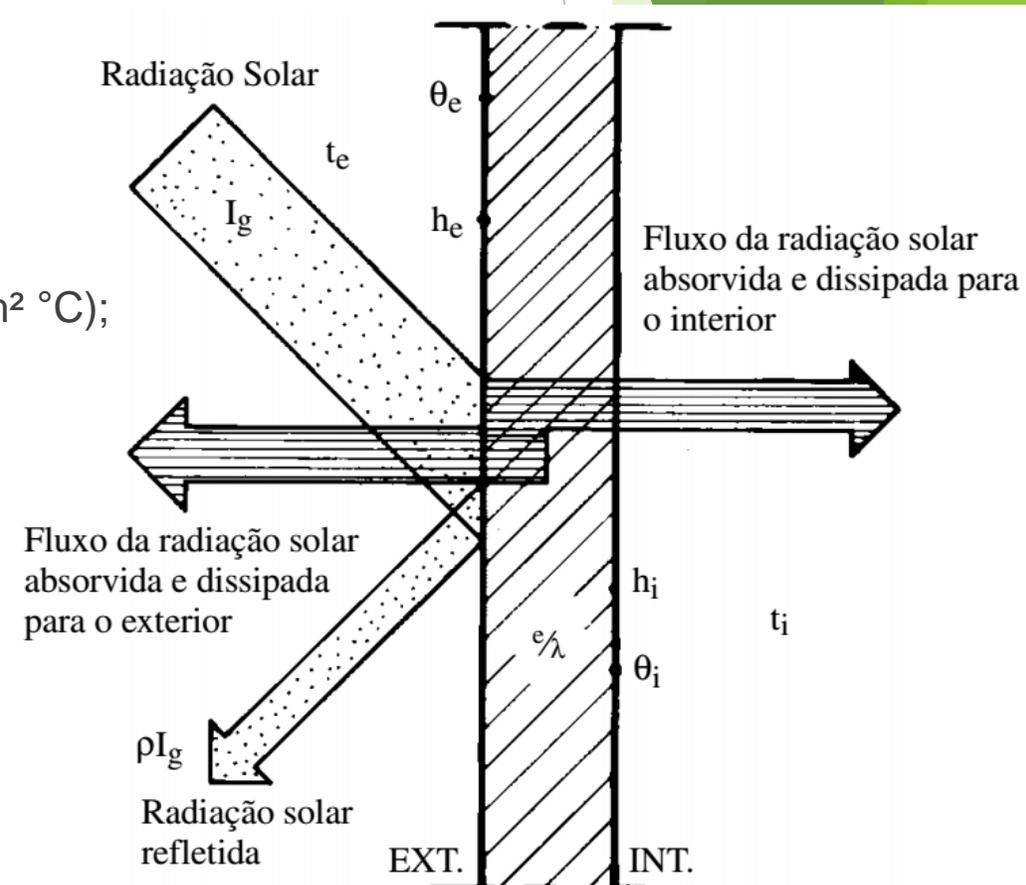
CONFORTO TERMICO

Trocas de calor

► Paredes opacas

- q – intensidade de fluxo térmico
- K — coeficiente global de transmissão térmica ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- t_e — temperatura do ar externo ($^\circ\text{C}$);
- α — coeficiente de absorção da radiação solar.
- I_g — intensidade da radiação solar incidente global (W/m^2);
- h_e — coeficiente de condutância térmica superficial externa ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- t_i — temperatura do ar interno ($^\circ\text{C}$);

$$q = K \left(t_e + \frac{\alpha I_g}{h_e} - t_i \right) \quad (\text{W}/\text{m}^2)$$



CONFORTO TERMICO

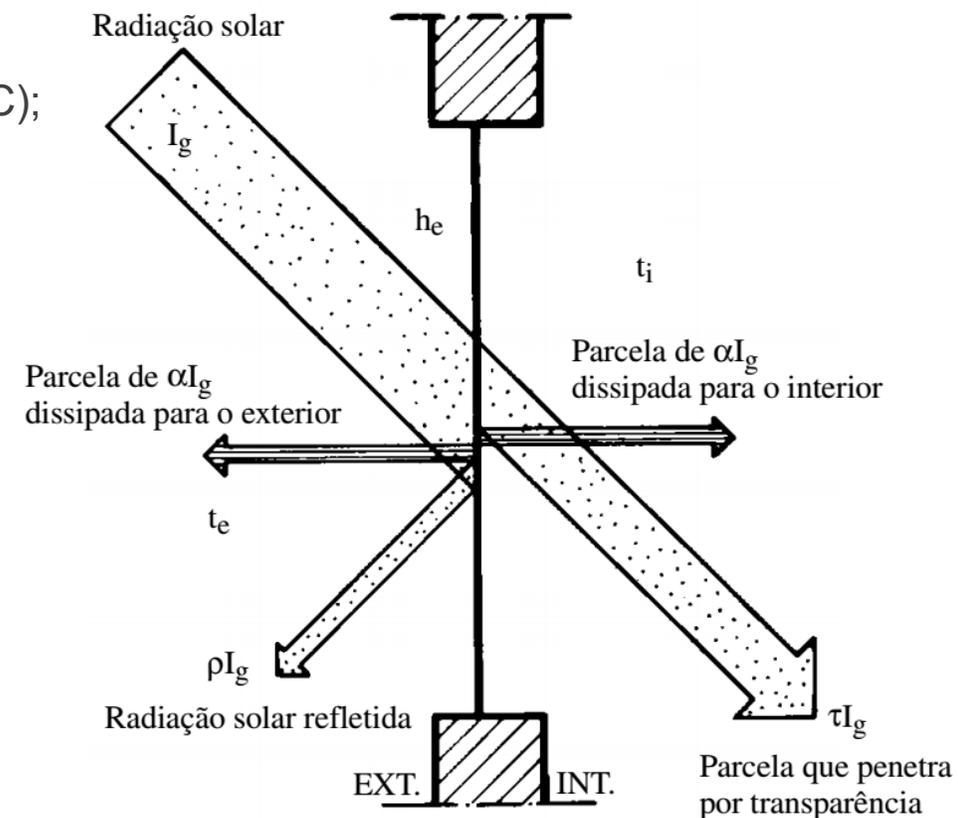
Trocas de calor

► Paredes translucidas

- q – intensidade de fluxo térmico
- α — coeficiente de absorção da radiação solar.
- K — coeficiente global de transmissão térmica ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- h_e — coeficiente de condutância térmica superficial externa ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$);
- τ – parcela que penetra por transparência
- I_g — intensidade da radiação solar incidente global (W/m^2);
- t_e — temperatura do ar externo ($^\circ\text{C}$);
- t_i — temperatura do ar interno ($^\circ\text{C}$);

$$\left(\frac{\alpha K}{h_e} + \tau\right) = S_{tr}$$

$$q = \left(\frac{\alpha K}{h_e} + \tau\right) I_g + K(\Delta t) \quad (\text{W/m}^2)$$



CONFORTO TERMICO

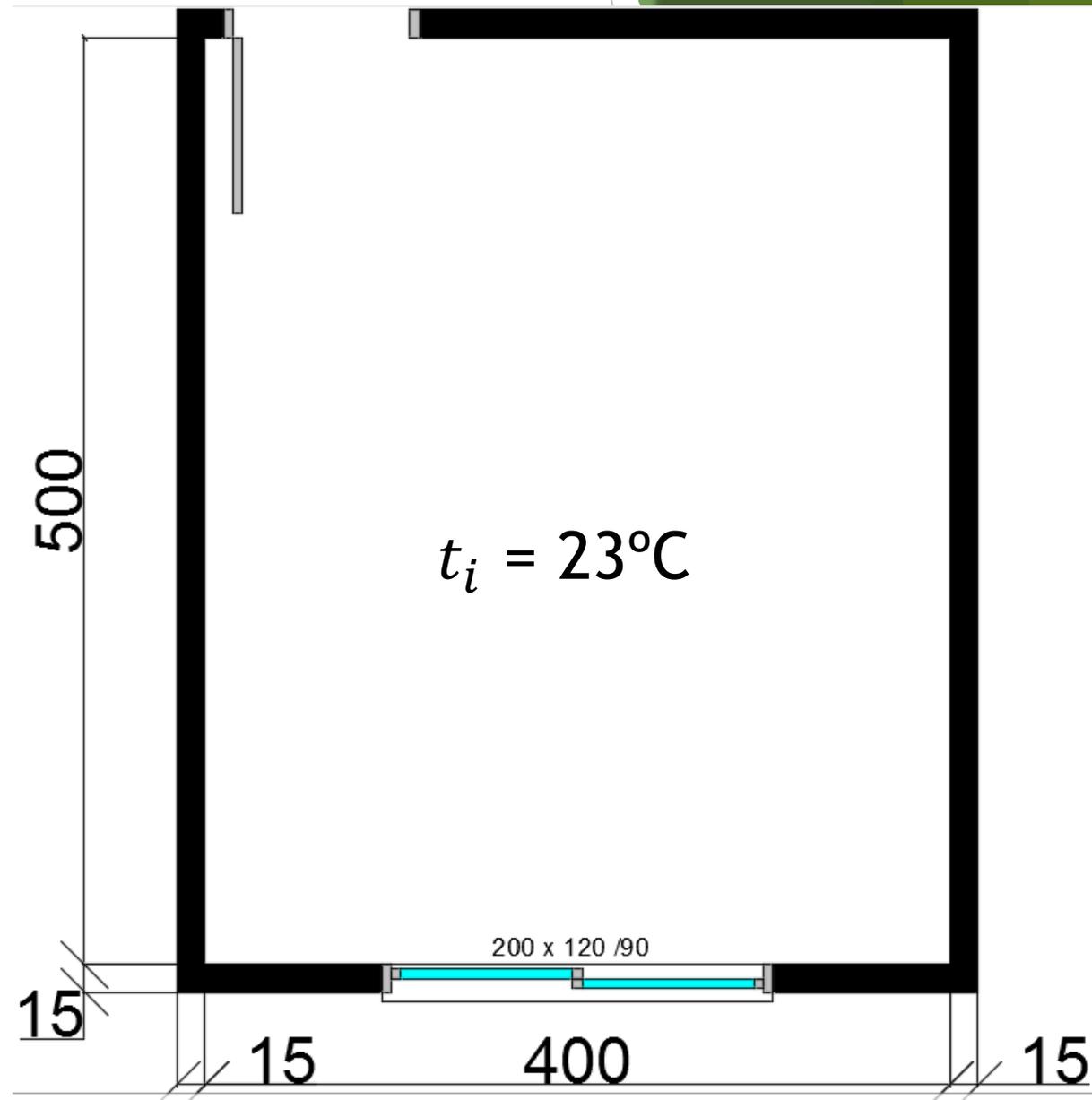
Trocas de calor - Exercício

- ▶ Determine o “q” da parede e da esquadria
- ▶ Pé direito = 3 m

$$q = K \left(t_e + \frac{\alpha I_g}{h_e} - t_i \right) \quad (\text{W/m}^2)$$

$$q = S_{tr} \cdot I_g + K(\Delta t) \quad (\text{W/m}^2)$$

$$t_e = 35^\circ\text{C}$$



CONFORTO TERMICO

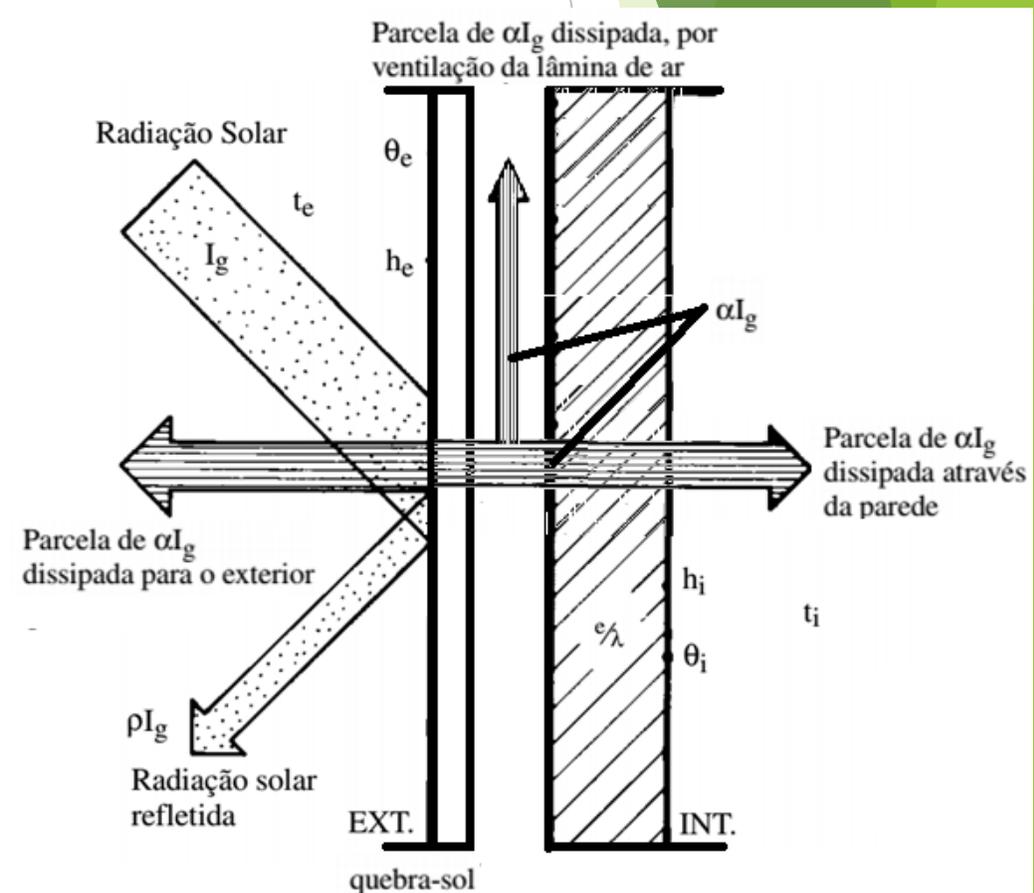
Trocas de calor

► Brises

$$q = K \left(t_e + \frac{\alpha I_g}{h_e} - t_i \right) \quad (\text{W/m}^2)$$

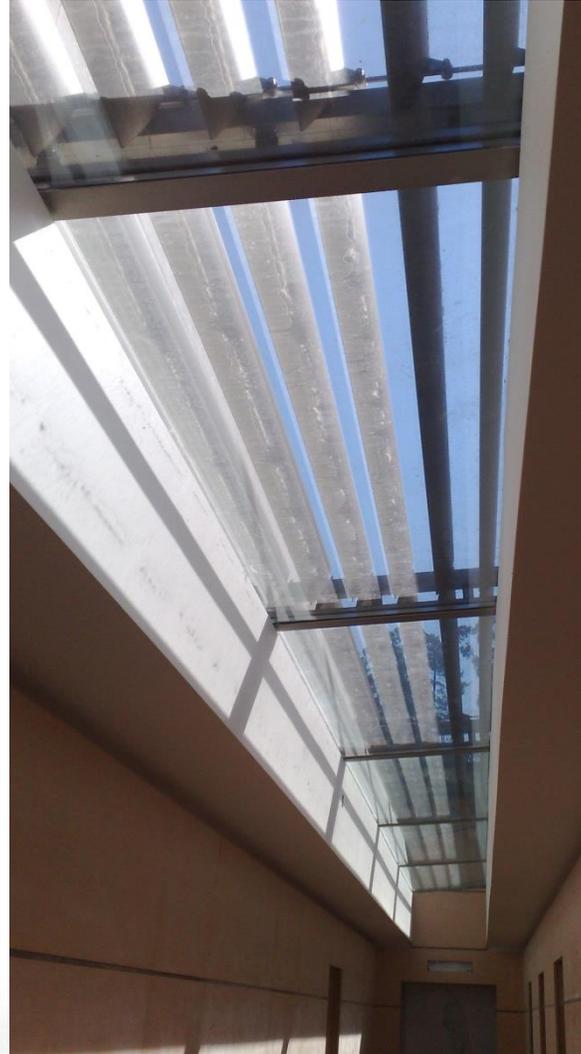
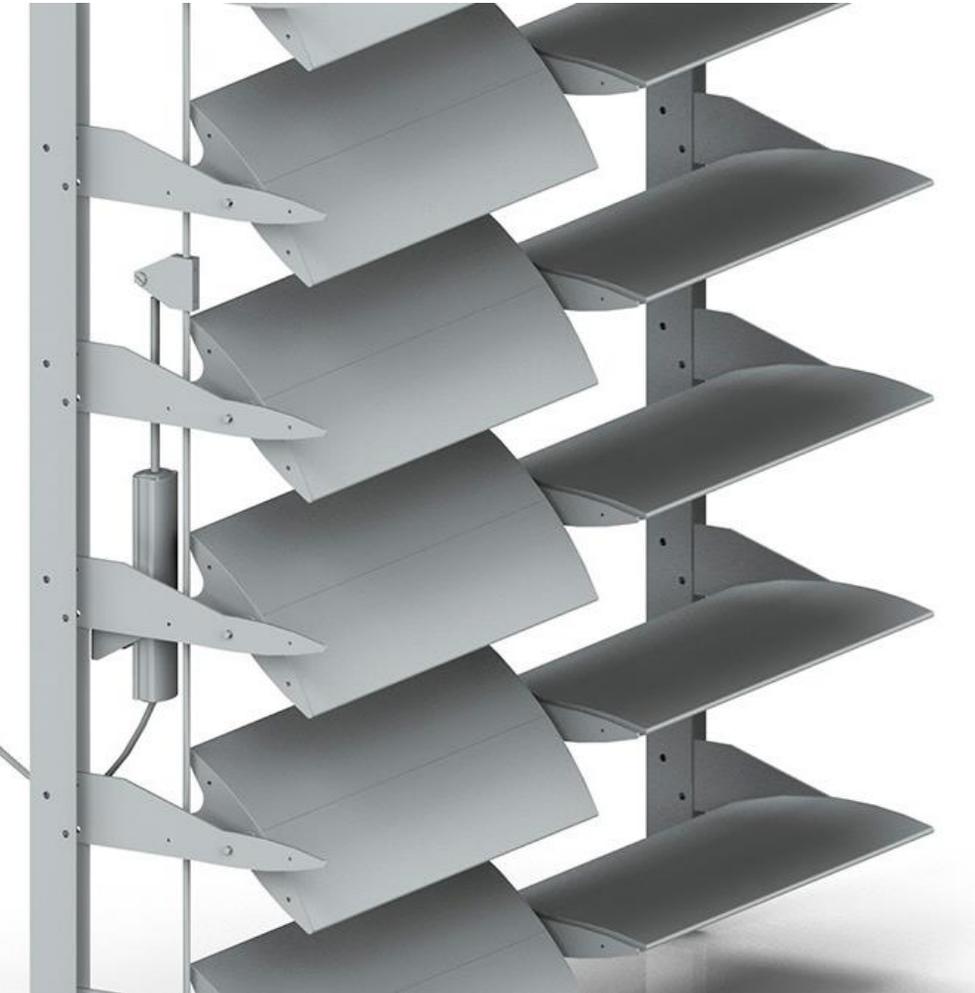
α

- **0,20 a 0,25** - quebra-sol contínuo, vertical, diante de parede vertical, a 30 cm, sem características especiais do material e acabamentos;
- **0,15 a 0,10** - quebra-sol contínuo, vertical, diante de parede vertical, a 30 cm, com $R \cong 0,6 \text{ m}^2\text{°C/W}$, face externa branca e face interna pouco emissiva;
- **0,15 a 0,20** - cobertura com sombreamento de um quebra-sol contínuo, a 30 cm;
- **0,05** - cobertura com sombreamento de quebra-sol contínuo, a 30 cm, face externa clara, face interna pouco emissiva, material isolante;
- **0,20 e 0,50** - beirais e quebra-sol de lâminas horizontais.



CONFORTO TERMICO

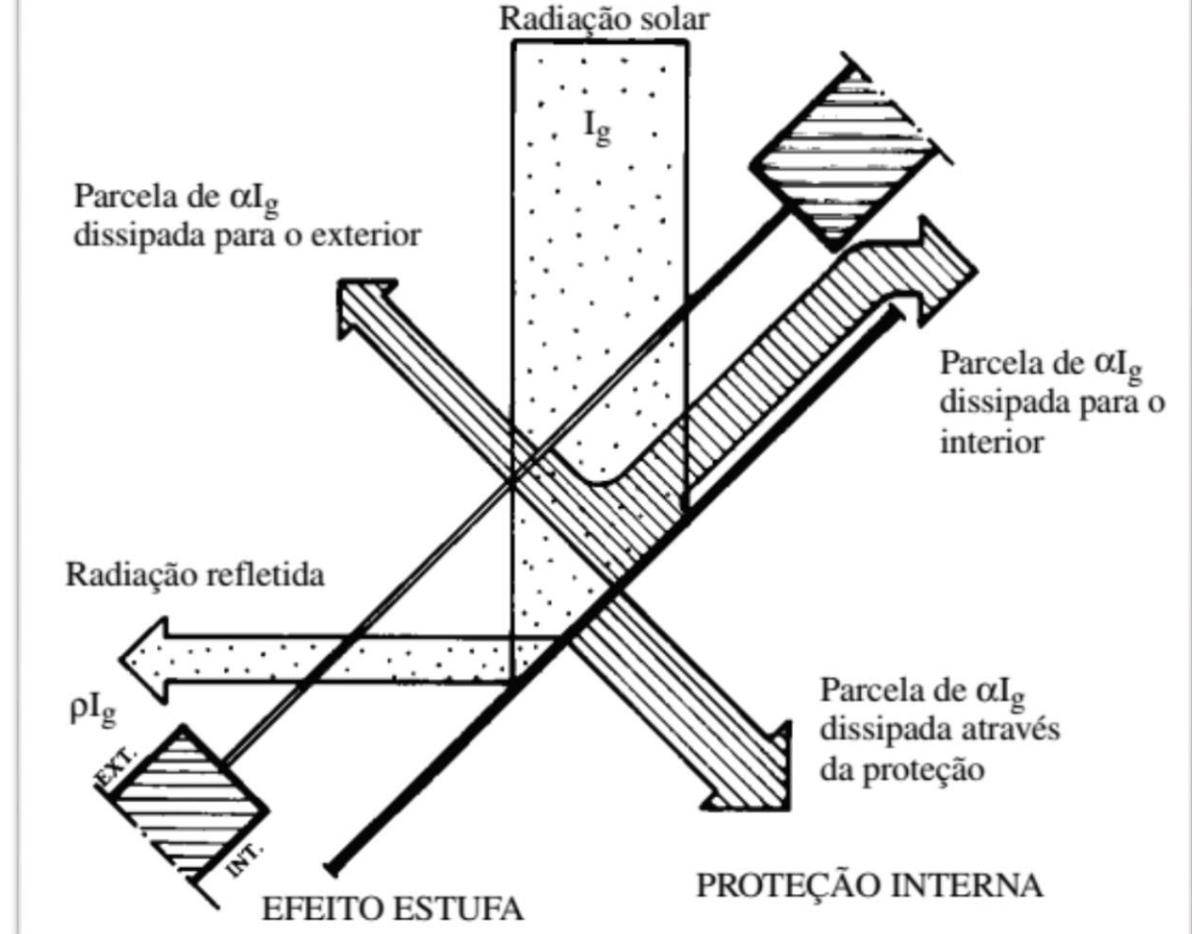
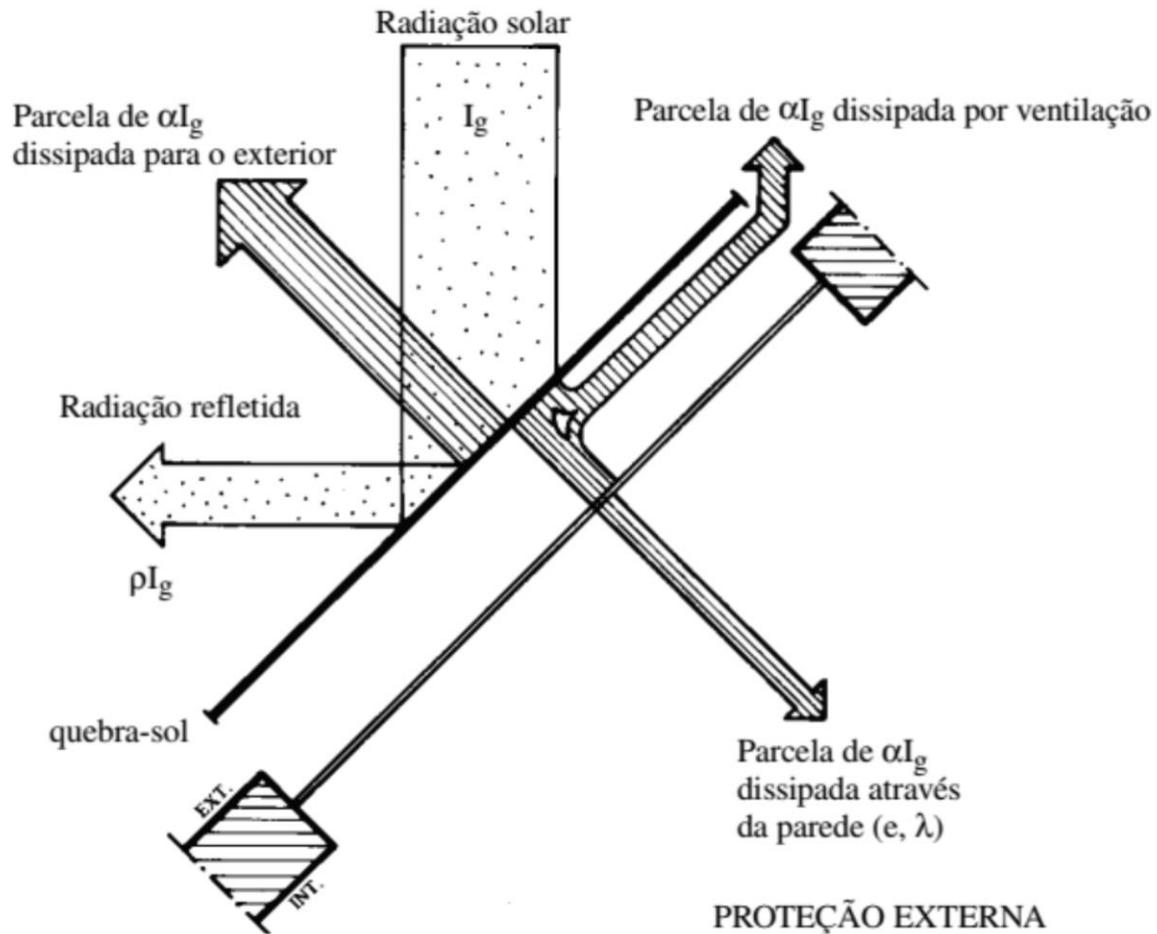
Trocas de calor



CONFORTO TERMICO

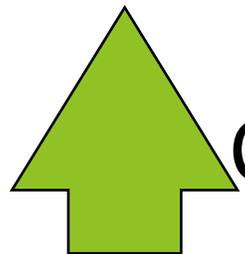
Trocas de calor

$$q = S_{tr} \cdot I_g + K(\Delta t) \quad (\text{W/m}^2)$$



CONFORTO TERMICO

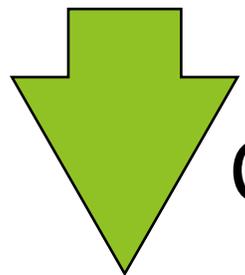
Trocas de calor



CONDUTIVIDADE TÉRMICA =

PÉSSIMO

ISOLANTE



CONDUTIVIDADE TÉRMICA =

ÓTIMO

ISOLANTE

CONFORTO TERMICO

- ▶ OK... Porem o que representa o “W”?
- ▶ Vamos rever o “SISTEMAS DE UNIDADES”

SISTEMA	TEMPO, t	COMPRIMENTO, L	MASSA, m	TEMPERATURA	FORÇA, F	ENERGIA, E	POTÊNCIA, P
S.I.	segundo, S	metro, M	quilograma, kg	Kelvin, K	Newton, N	Joule, J	Watt, W
INGLÊS	segundo, S	pé, Ft	libra- massa, lb	Fahrenheit, °F	libra-força, Lbf	lbf-ft (Btu)	Btu/h
MÉTRICO	segundo, s	metro, m	quilograma, 4 kg	celsius, °C	quilograma- força, kgf	Kg.m (kcal)	kcal/h

- ▶ **Kcal** é a energia requerida na forma de calor para elevar a temperatura de 1kg de água de 14,5 °F a 15,5 °F
- ▶ **Btu** é a energia requerida na forma de calor para elevar a temperatura de 1lb de água de 67,5 °F a 68,5 °F
 - ▶ $1W = 3.412141633 \text{ BTU/hr}$

Calculo Ganhando calor

- ▶ Dormitório de vocês
 - ▶ Dimensões
 - ▶ Cor da pintura externa
 - ▶ $\alpha = ???$
 - ▶ Materiais do involucro
 - ▶ Material cobertura

- ▶ Determinação do "k"

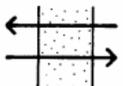
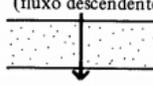
$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \frac{e}{\lambda} = R$$

Superfície	(α) Absorção para radiação solar	(α) e (ϵ) para temperatura entre 10 e 40°C
preto fosco	0,85 — 0,95	0,90 — 0,98
tijolo ou pedra ou telha cor vermelha	0,65 — 0,80	0,85 — 0,95
tijolo ou pedra cor amarela, couro	0,50 — 0,70	0,85 — 0,95
tijolo ou pedra ou telha cor amarela	0,30 — 0,50	0,40 — 0,60
vidro da janela	transparente	0,90 — 0,95
alumínio, ouro, bronze (brilhantes)	0,30 — 0,50	0,40 — 0,60
latão, alumínio fosco, aço galvanizado	0,40 — 0,65	0,20 — 0,30
latão, cobre (polidos)	0,30 — 0,50	0,02 — 0,05
alumínio, cromo (polidos)	0,10 — 0,40	0,02 — 0,04

Anexo 10 — Tabela 1 — Valores de Coeficientes de Absorção (α) e Emissividade (ϵ).
Fonte: Koenigsberger *et alii*⁽³⁴⁾.

Cor	(α)
branca	0,2 — 0,3
amarela, laranja, vermelha-clara	0,3 — 0,5
vermelha-escura, verde-clara, azul-clara	0,5 — 0,7
marrom-clara, verde-escura, azul-escura	0,7 — 0,9
marrom-escura, preta	0,9 — 1,0

Anexo 10 — Tabela 2 — Valores de Coeficiente de Absorção da Radiação Solar (α), específico de pintura.
Fonte: Croiset, M.⁽¹⁵⁾

Posição das paredes e sentido do fluxo	Unidades	Paredes exteriores				
		h_i	$\frac{1}{h_i}$	h_e	$\frac{1}{h_e}$	$\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}$
Parede vertical 	W/m ² °C	8	—	20	—	—
	m ² °C/W	—	0,12	—	0,05	0,17
Parede horizontal (fluxo ascendente) 	W/m ² °C	11	—	20	—	—
	m ² °C/W	—	0,09	—	0,05	0,14
Parede horizontal (fluxo descendente) 	W/m ² °C	6	—	20	—	—
	m ² °C/W	—	0,17	—	0,05	0,22

Calculo Ganhando calor

- Determinação dos “Q”

$$Q_{op} = A_{op} \times \frac{\alpha \cdot K}{h_e} \times I_g$$

$$Q_{cob} = A_{cob} \times \frac{\alpha \cdot K}{h_e} \times I_g$$

$$Q_{tr} = A_{tr} \times S_{tr} \times I_g$$

Tipo de Vidro	Fator Solar (S_{tr})
<i>Lâmina Única</i>	
Vidro comum transparente	0,86
Vidro cinza sombra	0,66
Vidro atérmico verde-claro	0,60
Vidro atérmico verde-escuro	0,49
<i>Vidro usado como proteção externa de vidro comum transparente</i>	
Vidro cinza-sombra	0,45
Vidro atérmico verde-claro	0,39
Vidro atérmico verde-escuro	0,22

- Determinação do ganho devido a ocupação

$$Q_e = n \cdot c_s$$

Atividade	Calor Metabólico	Calor Sensível	Calor Latente
durante o sono (basal)	80	40	40
sentado, em repouso	115	63	52
em pé, em repouso	120	63	57
sentado, cosendo à mão	130	65	65
escritório (atividade moderada)	140	65	75
em pé, trabalho leve	145	65	80
datilografando rápido	160	65	95
lavando pratos	175	65	110
confeccionando calçados	190	65	125
andando	220	75	145
trabalho leve, em bancada	255	80	175
garçom	290	95	195
descendo escada	420	140	280
serrando madeira	520	175	345
nadando	580	—	—
subindo escada	1280	—	—
esforço máximo	870 a 1400	—	—

Anexo 1 — Calor cedido ao ambiente (W), segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo
Fonte: Mesquita⁽⁴¹⁾

CONFORTO TERMICO

Ganho total de calor

- ▶ EQUIPAMENTOS: adota-se 60% da potência cedido ao ambiente, caso não seja a função do aparelho.

$$Q_{eq} = 60\% \cdot P$$



Aparelhos	Potência (W)
Aquecedor elétrico (tipo residencial)	1000 a 1500
Aquecedor elétrico (tipo comercial)	2000 a 6000
Ar-condicionado portátil (1 HP)	1200
Ar-condicionado portátil (2 HP)	2400
Aspirador de pó	250 a 800
Barbeador	8 a 12
Cafeteira	500 a 2000
Chuveiro elétrico	1500 a 4000
Exaustor	300 a 500
Ferro elétrico	400 a 850
Ferro elétrico a vapor	660 a 1200
Fogão elétrico	4000 a 6000
Geladeiras comerciais (1/2 a 1 HP)	450 a 1000
Geladeiras domésticas	150 a 300
Irradiador de calor	500 a 1000
Lavadora de pratos	600 a 1000
Lavadora de roupas	600 a 800
Liquidificador	120 a 250
Máquina de costura	60 a 90
Rádio	40 a 150
Secador de cabelos	350 a 1200
Secadora de roupas	4000 a 5000
Televisão	200 a 400
Torradeira	500 a 1200
Ventilador portátil	50 a 200

CONFORTO TERMICO

Ganho total de calor

▶ ILUMINAÇÃO:

$$Q_i = F \cdot P$$



▶ INCANDESCENTES: 10% luz, 90% calor.



▶ FLUORESCENTES: 25% luz + 25% calor radiante + 50% convecção e condução.

▶ O reator: 25% da potência nominal da lâmpada sob forma de calor.



▶ LED: 90% luz e 10% calor

EFICIÊNCIA	Menos			Mais
TIPO				
	COMUM	HALÓGENA	CFL	LED
CONSUMO	40 W	28 W	8 W	4 W
	60 W	42 W	12 W	6 W
	75 W	53 W	15 W	8 W
	100 W	70 W	20 W	10 W
DURABILIDADE	1 ano	1-3 anos	6-10 anos	15-25 anos
ECONOMIA	×	até 30%	até 80%	até 95%

Calculo

Perdendo calor

- ▶ Perda pela parede/cobertura

$$Q'_{op} = A_{op} \cdot K \cdot \Delta t$$

$$Q'_{cob} = A_{cob} \cdot K \cdot \Delta t$$

$$Q'_{tr} = A_{tr} \cdot K \cdot \Delta t$$

- ▶ Perda pela ventilação

$$Q'_{vent} = 0,35 \cdot N \cdot V \cdot \Delta t$$

- ▶ N = numero de trocas de ar (adotamos) 5 a 7
- ▶ V = volume do ambiente
- ▶ Ganhos - Perdas

$$\mathbf{EQUIPAMENTO + PESSOA + ILUMINAÇÃO + SOLAR = PAREDE_{OPACA} + PAREDE_{TRANSLUCIDA} + VENTILAÇÃO}$$

INÉRCIA TÉRMICA

- ▶ Objetivo: cálculo do fator de inércia "m"
- ▶ Considerar:
 - ▶ Superfícies equivalentes pesadas
 - ▶ Revestimentos
 - ▶ Cálculo do fator de inércia
 - ▶ Variável 2: "m"

$$t_{i_{max}} = \bar{t}_e + (1 - m)E + (1 - m)\Delta t$$

Elongação

$$E = \frac{A}{2}$$

Amplitude

$$A = \frac{T_{e_{max}} - T_{e_{min}}}{2}$$

$$T_{e_{max}} = \frac{T_d + T_s}{2}$$

$$T_{e_{min}} = \frac{t_d + t_s}{2}$$

Ts – média das máximas anuais do mês mais quente – coluna 4;
 Td – média das máximas diárias do mês mais quente – coluna 2;
 ts – média das mínimas anuais do mês mais quente – coluna 5;
 td – média das mínimas diárias do mês mais quente – coluna 3.

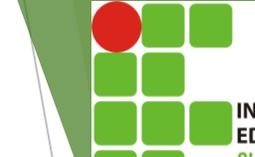
Td td Ts ts UR

Estado	Cidade	Latit.	Longit.	Altit.	Mês	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Rio Grande do Sul	Passo Fundo	28°16'	52°24'	676 m	março	20,3	26,3	15,9	31,2	10,8	76	120
					junho	13,2	18,5	9,3	23,2	2,9	82	149
					setembro	15,6	21,6	10,7	27,1	5,0	75	160
					dezembro	21,8	28,3	16,1	32,0	11,6	68	133

(1) – Média aritmética mensal da temperatura em °C
 (7) – Total mensal da chuva caída (precipitação) em mm.

INÉRCIA TÉRMICA

Croiset



$$\left(\frac{1}{K}\right) = \frac{e}{\lambda}$$

Resistência térmica do revestimento (m°C/W)

	inferior a 0,15	entre 0,15 e 0,50	superior a 0,50
Parede pesando + de 200 kg/m ²	1	2/3	0
Parede pesando entre 200 e 100 kg/m ²	2/3	1/3	0
Parede pesando entre 100 e 50 kg/m ²	1/3	0	0
Parede pesando mais de 50 kg/m ²	0	0	0

$$\frac{e}{2} \times d$$

$$\text{Superfícies equivalentes pesadas} = \frac{\text{Area} \times \text{coeficiente}}{\text{Area do piso}}$$

- inferior a 0,5 m = 0,4
- entre 0,5 e 1,5 m = 0,6
- superior a 1,5 e sem cumprir a condição definida para inércia forte m = 0,8
- superior a 1,5 e se a metade das paredes pesar mais de 300 Kg/m² m = 1,0

$$t_{i_{max}} = \bar{t}_e + (1 - m)E + (1 - m)\Delta t$$

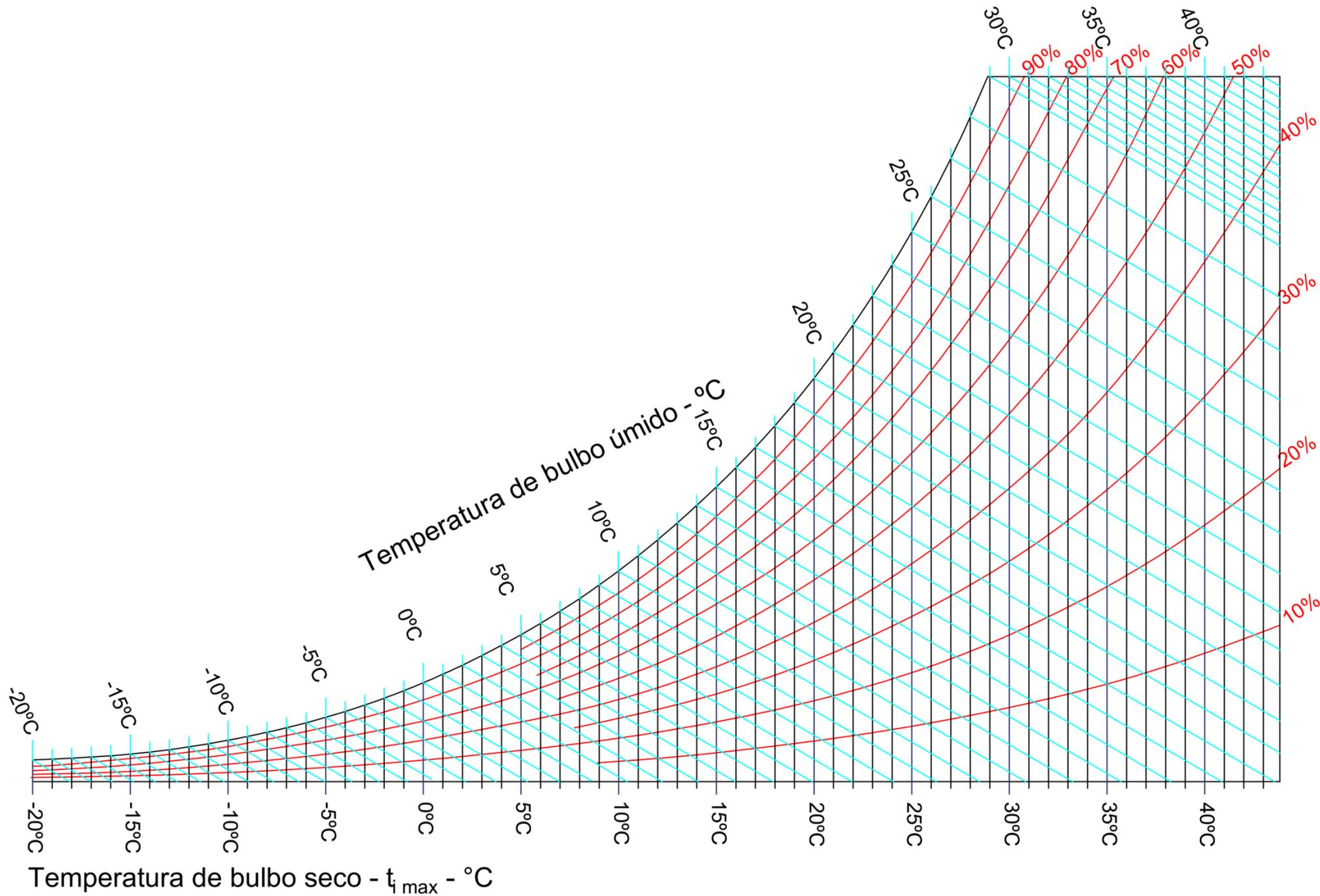
Temperatura Efetiva

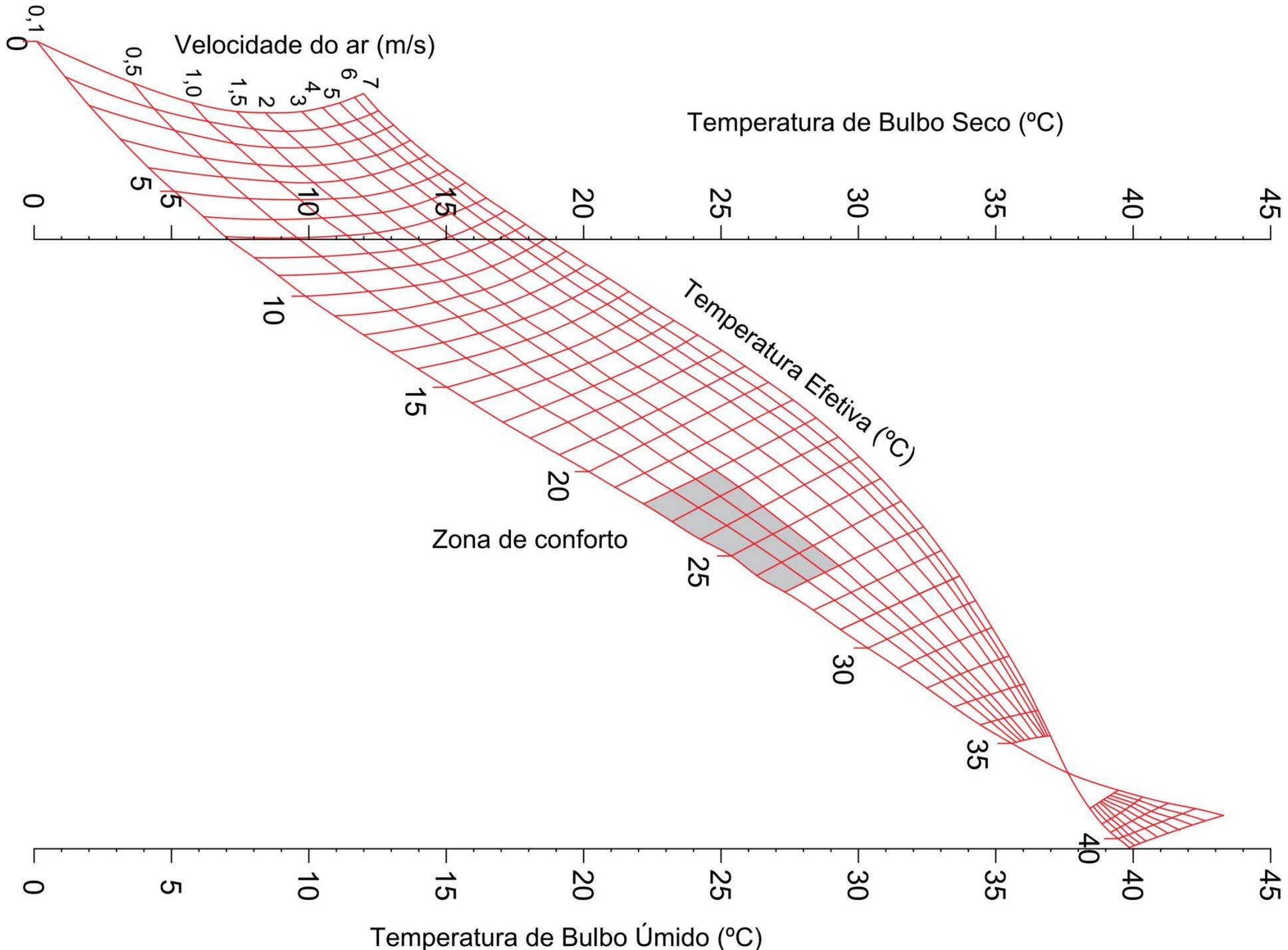
$$\bar{t}_e = \frac{T_{e\ max} + T_{e\ min}}{2}$$

$$\Delta t = t_i - t_e$$

$$t_{i\ max} = \bar{t}_e + (1 - m)E + (1 - m)\Delta t$$

- ▶ $t_{i\ max}$ ▶ *Temperatura de bulbo seco — T.B.S.*
- ▶ *Umidade Relativa do Ar — U.R.*
 - ▶ *Passo Fundo — entre 75 % e 85 %*
- ▶ *Temperatura de bulbo úmido — T.B.U. — pode ser calculada através da Carta Psicrométrica:*





Resumo das características climáticas do estado

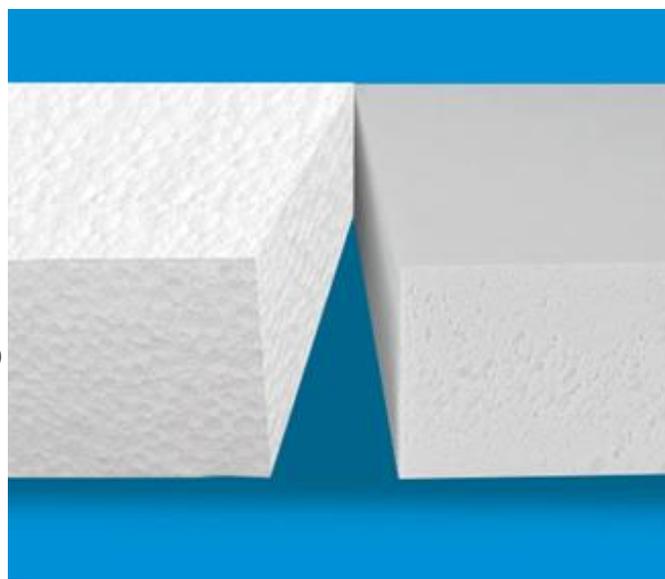
As principais características climáticas do estado do Rio Grande do Sul podem ser sintetizadas conforme segue:

- ▶ Estações do ano: bem caracterizadas, com verão quente, inverno frio e outono mais frio do que a primavera.
- ▶ Temperatura média: em nível anual, varia de 14,0 °C a 20,0 °C, com o mês mais quente (janeiro) entre 18,0 °C e 26,5 °C e o mês mais frio (julho) entre 9,5 °C a 15,8 °C.
- ▶ Temperaturas extremas: máximas absolutas superiores a 33,0 °C e inferiores a 43,0 °C; as mínimas absolutas já atingiram 8,5 °C abaixo de zero.
- ▶ Chuva anual: totais anuais médios superiores a 1.100 mm e inferiores a 2.500 mm, com variação entre 79 e 140 dias com chuva. Chove mais na metade norte do estado, em relação à parte sul.
- ▶ Umidade relativa do ar: entre 75 % e 85 %.
- ▶ Ventos predominantes: sudeste (SE), como primeira direção, e nordeste (NE), como segunda direção.
- ▶ Regiões mais quentes: Baixo Vale do Uruguai, Depressão Central e Missões.
- ▶ Regiões mais frias: Serra do Nordeste, Planalto e Serra do Sudeste.

CONFORTO TERMICO

Inercia térmica

- ▶ Os que apresentam alta resistência são chamados de materiais isolantes, tais quais:
 - ▶ poliestireno extrudado
 - ▶ poliestireno expandido
 - ▶ Rockwool – lã mineral
 - ▶ Lã de vidro
 - ▶ Poliuretano - espuma
 - ▶ Painéis Sanduíche
 - ▶ Outros produtos
 - ▶ Eco soluções



TECNOLOGIA



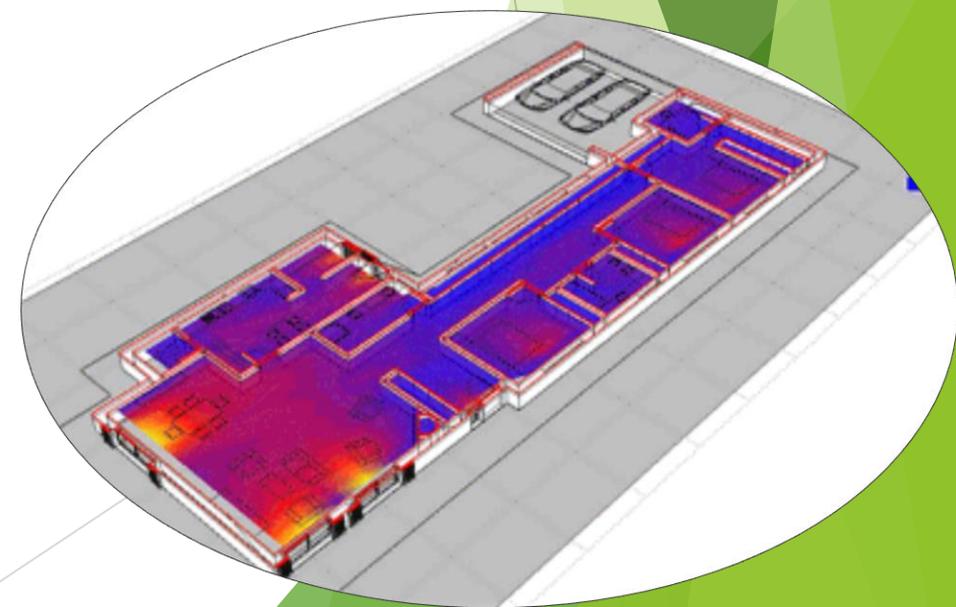
CONFORTO TERMICO

Inercia térmica

- ▶ A inércia térmica está relacionado ao processo de transferência de calor entre os ambientes externos e internos através de elementos sólidos.
- ▶ É a capacidade que os elementos estruturais (paredes, portas, janelas...) de armazenar calor.
- ▶ Vantagens:
 - ▶ A inércia térmica ajuda no atraso e diminuição dos picos de calor.

Inercia Baixa → Temperatura Externa \approx Interna

Inercia Alta → Temperatura Externa \neq Interna



CONFORTO TERMICO

Inercia térmica

- ▶ Há quem afirme que a “Inércia térmica” é a peça principal do conforto.
- ▶ O que é Inércia térmica?
 - ▶ Todos os materiais resistem a passagem de calor através deles.
 - ▶ Alguns tem muita baixa resistência, como os metais,
 - ▶ Outro tem força média, tais como materiais de construção (gesso, argamassa, tijolos, ...).

