

Fórum AsBEA &



Encontro Regional



Yawatz
Engenharia

Atendimento aos requisitos de desempenho térmico e lumínico no projeto de arquitetura

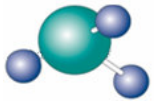
Fernando Simon Westphal

Engenheiro Civil, Dr. Eng.

Yawatz Engenharia

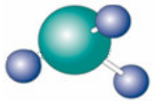
fernando@yawatz.com.br

(11) 5092-5586 | 7737-7483



Introdução

- NBR 15575: norma de desempenho
 - Desempenho térmico
 - Método prescritivo
 - Simulação
 - Medição
 - Desempenho lumínico
 - Método prescritivo
 - Simulação
 - Medição

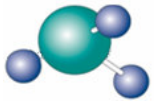


Yawatz
Engenharia

Introdução



Fernando Simon Westphal, Dr. Eng.



NBR 15575: Desempenho Térmico

Procedimento 1

Prescritivo →

NBR 15575-4 - paredes

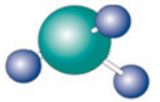
NBR 15575-5 - cobertura

Procedimento 2

Simulação → Anexo A

Procedimento 3

Medição → Anexo A

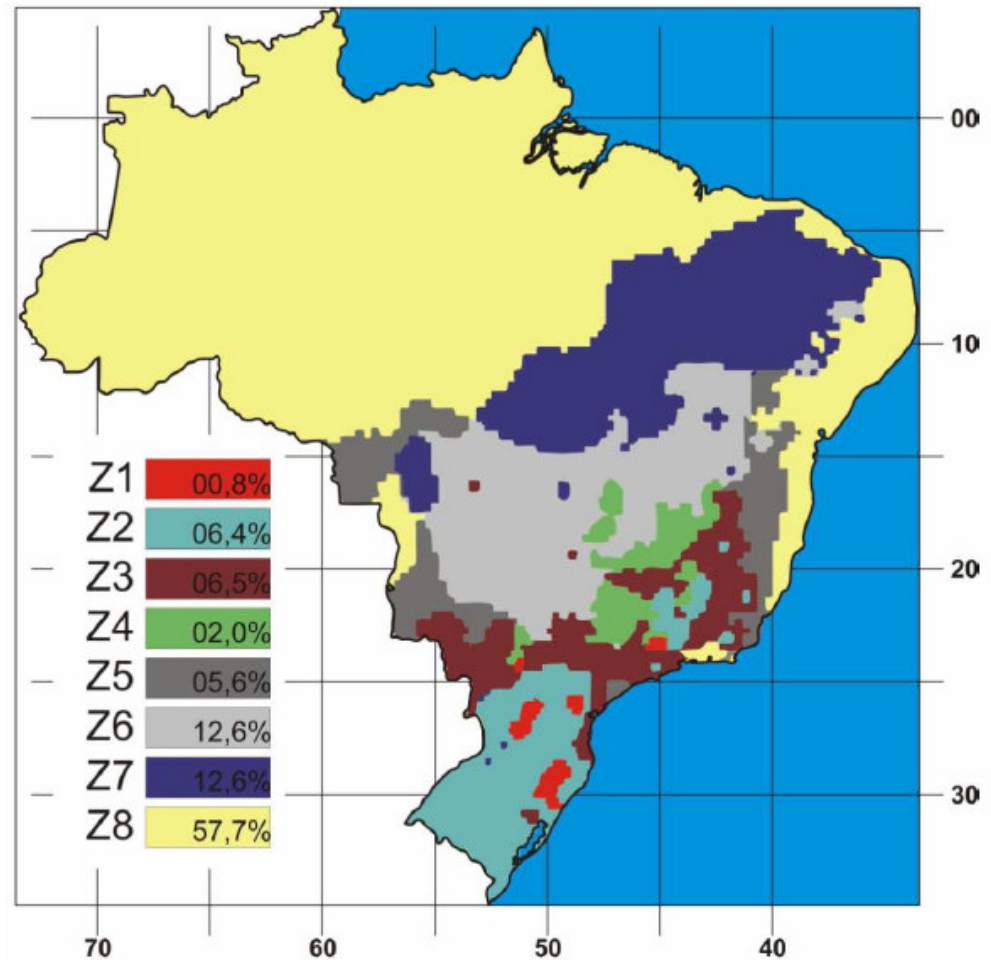


Yawatz
Engenharia

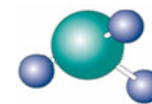
NBR 15220 – Zonas bioclimáticas

Zoneamento bioclimático
brasileiro

8 zonas

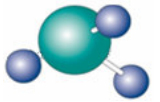


Fernando Simon Westphal, Dr. Eng.



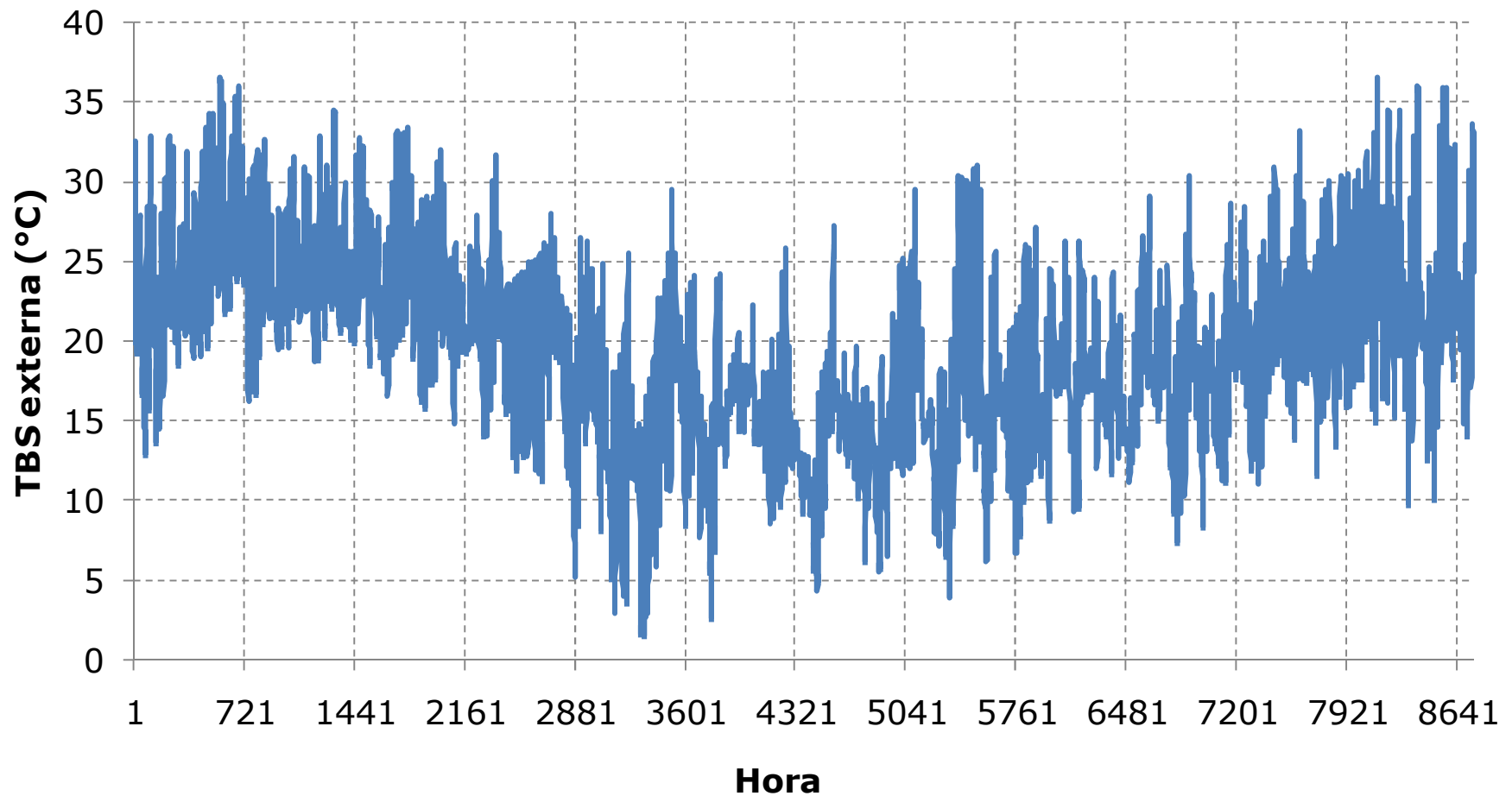
NBR 15220 - Diretrizes e estratégias

ZB	Cidade	Paredes	cobertura	Aberturas	Estratégias importantes
1	Curitiba	Externas leves Internas pesadas	Leve isolada	Permitir sol no inverno	Necessidade de aquec.
2	Santa Maria-RS	Externas leves Internas pesadas	Leve isolada	Permitir sol no inverno Ventilação cruzada	Necessidade de aquec.
3	São Paulo Florianópolis Belo Horizonte	Externas leves refletoras Internas pesadas	Leve isolada	Permitir sol no inverno Ventilação cruzada e aquecimento solar	Massa térmica para aquecimento
4	Brasília	Externas e internas pesadas	Leve isolada	Sombrear aberturas Ventilação seletiva	Resfriamento evaporativo Massa térmica para aquecimento
5	Santos	Externas leves Internas pesadas	Leve isolada	Sombrear aberturas Ventilação cruzada	Não temos arquivo climático
6	Campo Grande	Externas e internas pesadas	Leve isolada	Sombrear aberturas Ventilação seletiva	Resfriamento evaporativo Massa térmica para aquecimento
7	Cuiabá Petrolina-PE	Externas e internas pesadas	Cobertura pesada	Aberturas pequenas Sombrear aberturas Ventilação seletiva	Resfriamento evaporativo Massa térmica para aquecimento
8	Rio de Janeiro Salvador Fortaleza	Leve refletora	Leve refletora	Aberturas grandes Sombrear aberturas Ventilação permanente	Necessidade de AC

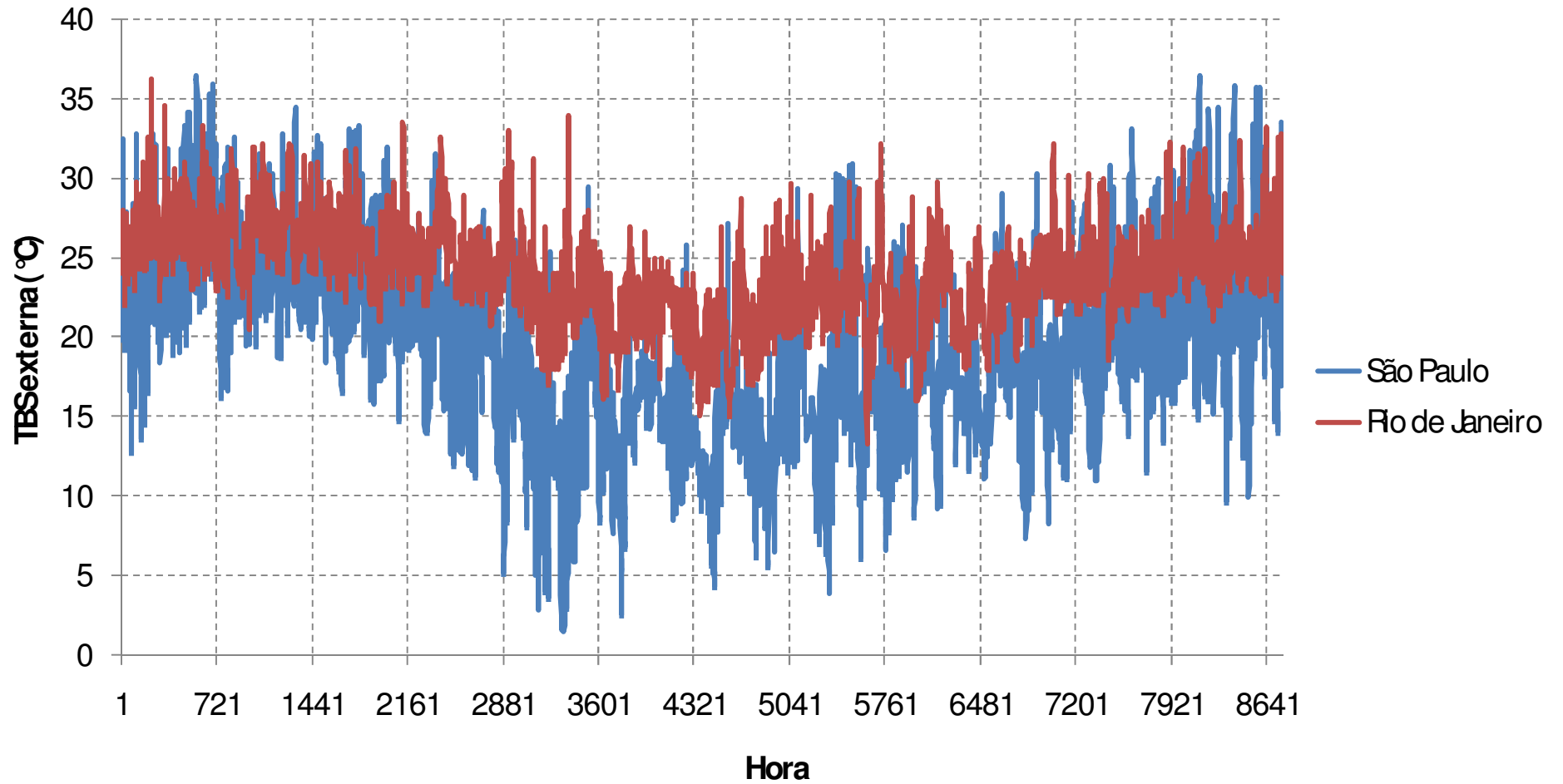


Clima: São Paulo

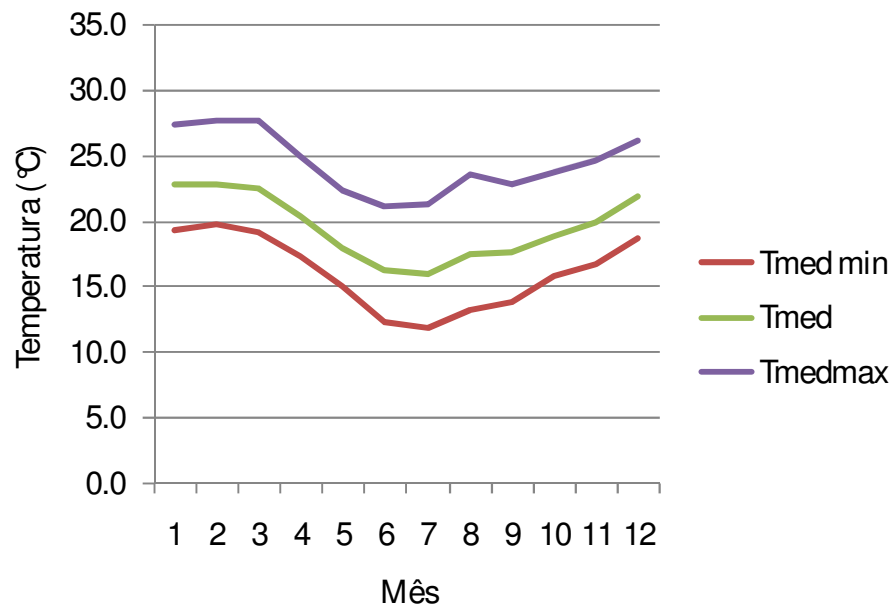
Temperatura Externa - São Paulo - Congonhas



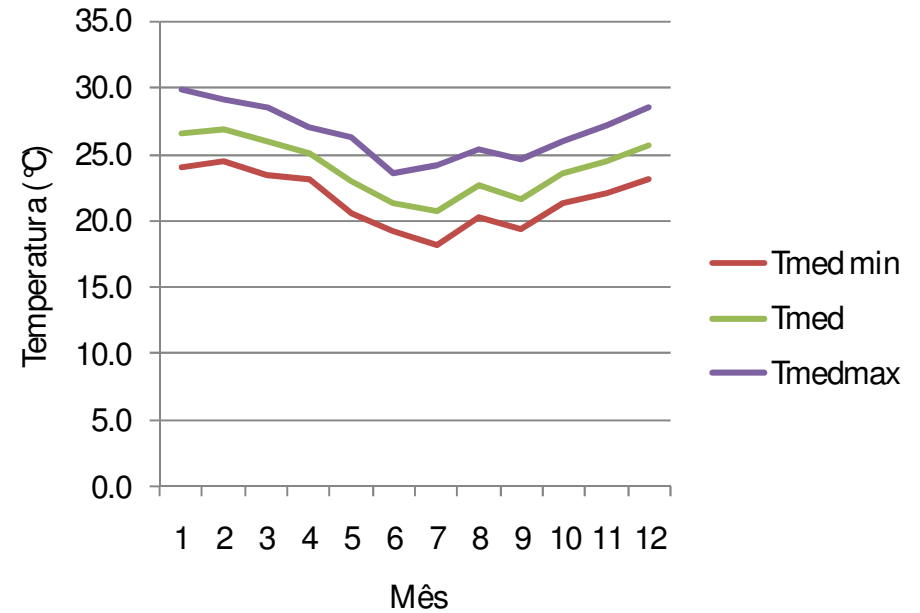
Clima: São Paulo x Rio de Janeiro



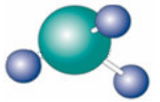
Clima: São Paulo x Rio de Janeiro



São Paulo



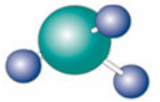
Rio de Janeiro



Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

U = Transmitância térmica = **W**/m².K

CT = Capacidade térmica = **J**/m².K



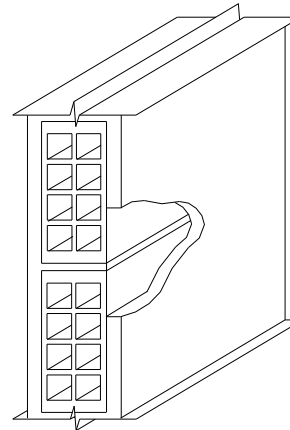
Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Transmitância térmica

Zonas 1 e 2
Teresópolis (RJ)
Campos do Jordão (SP)
Piracicaba (SP)
Curitiba (PR)
Ponta Grossa (PR)
São Joaquim (SC)
Santa Maria (RS)
Pelotas (RS)

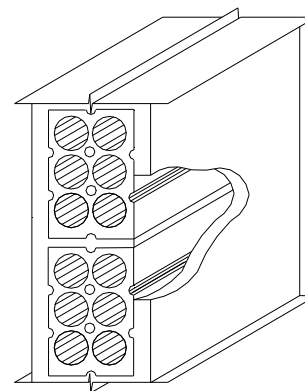


$$U \leq 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



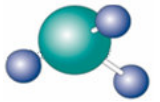
Tijolo 8 furos

$$U = 2,49 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



Tijolo 6 furos

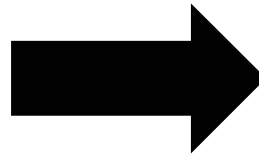
$$U = 2,28 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



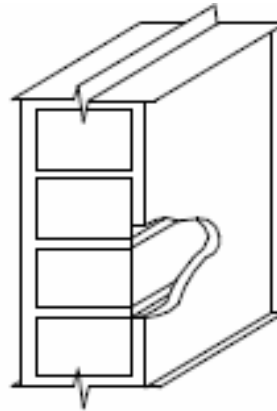
Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Transmitância térmica

Zonas 1 e 2
Teresópolis (RJ)
Campos do Jordão (SP)
Piracicaba (SP)
Curitiba (PR)
Ponta Grossa (PR)
São Joaquim (SC)
Santa Maria (RS)
Pelotas (RS)

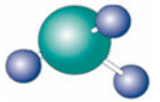


$$U \leq 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



Tijolo maciço

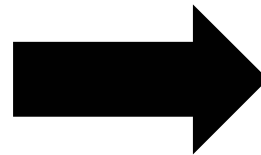
$$U = 3,13 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



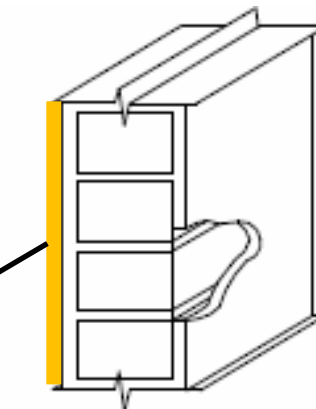
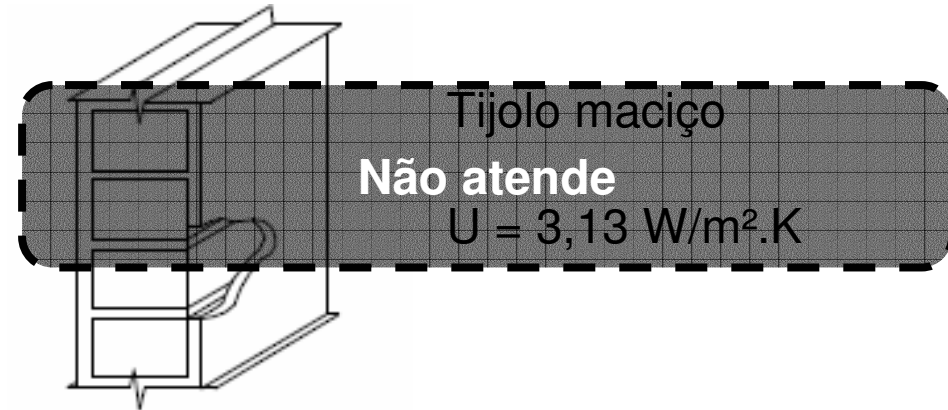
Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Transmitância térmica

Zonas 1 e 2
Teresópolis (RJ)
Campos do Jordão (SP)
Piracicaba (SP)
Curitiba (PR)
Ponta Grossa (PR)
São Joaquim (SC)
Santa Maria (RS)
Pelotas (RS)



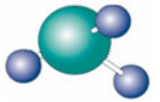
$$U \leq 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



isolante

Tijolo maciço + isolante

$$U = 1,75 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Transmitância térmica

Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8

São Paulo

Florianópolis

Belo Horizonte

Brasília

Santos

Campo Grande

Cuiabá

Rio de Janeiro

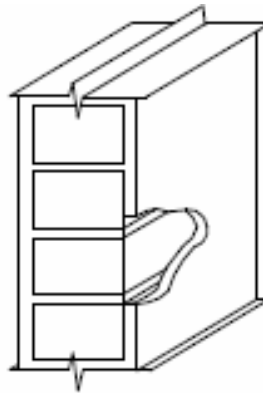
Salvador

Fortaleza



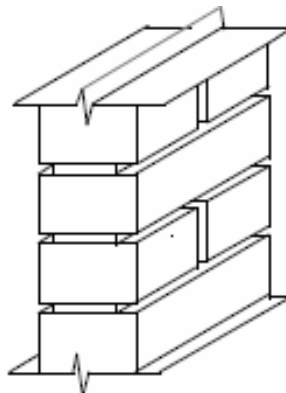
Cor escura : $U \leq 2,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Cor clara : $U \leq 3,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$



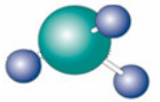
Tijolo maciço

$U = 3,13 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Tijolo maciço aparente

$U = 3,70 \text{ W/m}^2.\text{K}$



Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Capacidade térmica

Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7

Campos do Jordão (SP)

Piracicaba (SP)

Curitiba (PR)

São Joaquim (SC)

Pelotas (RS)

São Paulo

Florianópolis

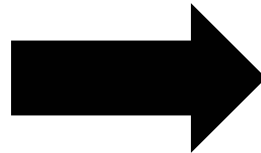
Belo Horizonte

Brasília

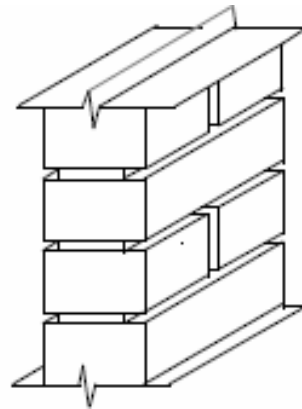
Santos

Campo Grande

Cuiabá

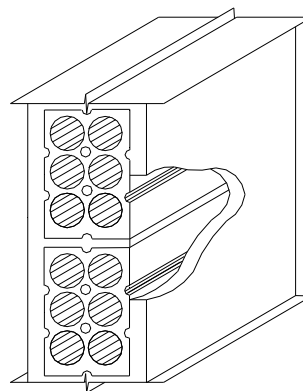


CT : $\geq 130 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$



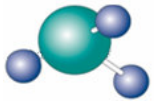
Tijolo maciço aparente

CT = $149 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$



Tijolo 6 furos

CT = $168 \text{ kJ/m}^2.\text{K}$

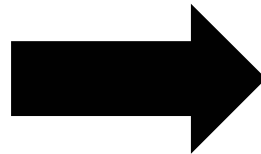


Yawatz
Engenharia

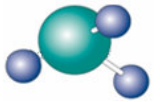
Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Capacidade térmica

Zona 8
Rio de Janeiro
Salvador
Fortaleza



CT : sem exigência



Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

Aberturas para ventilação

Zonas 1 a 6
Campos do Jordão
Curitiba
São Paulo
Florianópolis
Belo Horizonte
Brasília

Aberturas médias
 $A \geq 8\%$ Apiso

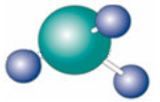
Zonas 7
Cuiabá
Petrolina (PE)

Aberturas pequenas
 $A \geq 5\%$ Apiso

Zonas 8
Rio de Janeiro
Salvador
Fortaleza

Aberturas grandes
 $A \geq 15\%$ Apiso

Aplica-se a: salas, cozinhas e dormitórios



Yawatz
Engenharia

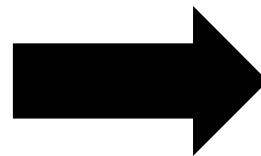
Desempenho Térmico: método prescritivo - paredes

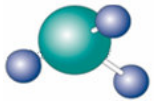
Sombreamento das aberturas

Para qualquer região climática

Janelas de dormitórios devem ter dispositivos de sombreamento externo ao vidro

Exemplo: venezianas





Desempenho Térmico: método prescritivo - coberturas

Zonas 1 e 2



$$U \leq 2,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Zonas 3 a 6



$$\text{Cor clara: } U \leq 2,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

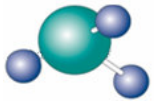
$$\text{Cor escura : } U \leq 1,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Zonas 7 e 8

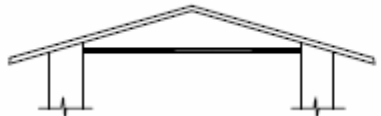



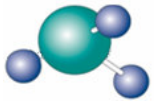
$$\text{Cor clara : } U \leq 2,3 \text{ FV}$$

$$\text{Cor escura : } U \leq 1,5 \text{ FV}$$

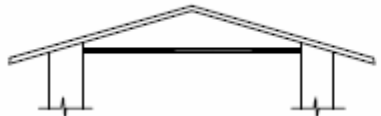



Desempenho Térmico: método prescritivo - coberturas

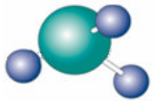
		U [W/m ² .K]	CT [kJ/m ² .K]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458



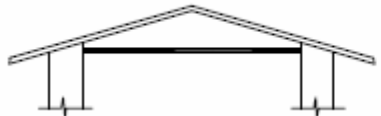

Desempenho Térmico: método prescritivo - coberturas

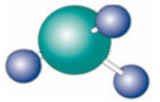
		U [W/m ² .K]	CT [kJ/m ² .K]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32
Ok! Atende			
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm	1,84	458
Não atende!			

CT > 150 → colocar isolamento térmica, exceto para zona 7

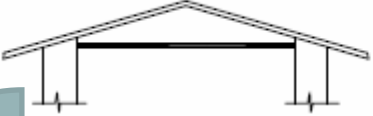



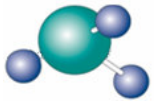
Desempenho Térmico: método prescritivo - coberturas

		U [W/m ² .K]	CT [kJ/m ² .K]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32
Ok! Atende			
	Cobertura de telha de barro com laje de concreto de 20 cm Espessura da telha: 1,0 cm + 2,5 cm de lã de vidro	0,86	458
Ok! Atende			



Desempenho Térmico: método prescritivo - coberturas

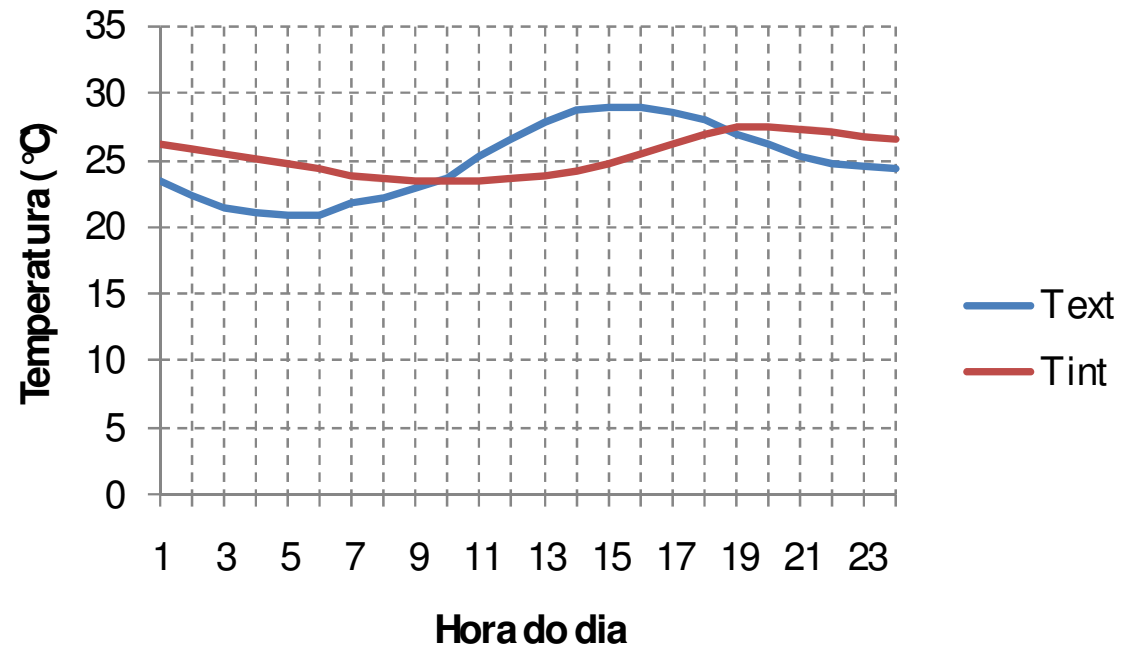
		U [W/m ² .K]	CT [kJ/m ² .K]
	Cobertura de telha de barro com forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	2,00	32
Ok! Atende			
+ 2,5 cm de lã de vidro			
	Cobertura de telha de barro com 2,5 cm de lã de vidro sobre o forro de madeira Espessura da telha: 1,0 cm Espessura da madeira: 1,0 cm	0,95	33
Ok! Atende			

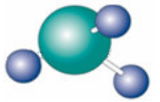


Desempenho Térmico: medição e simulação

Verão: valores máximos de temperatura

Temperatura interna deve ser menor ou igual a temperatura externa

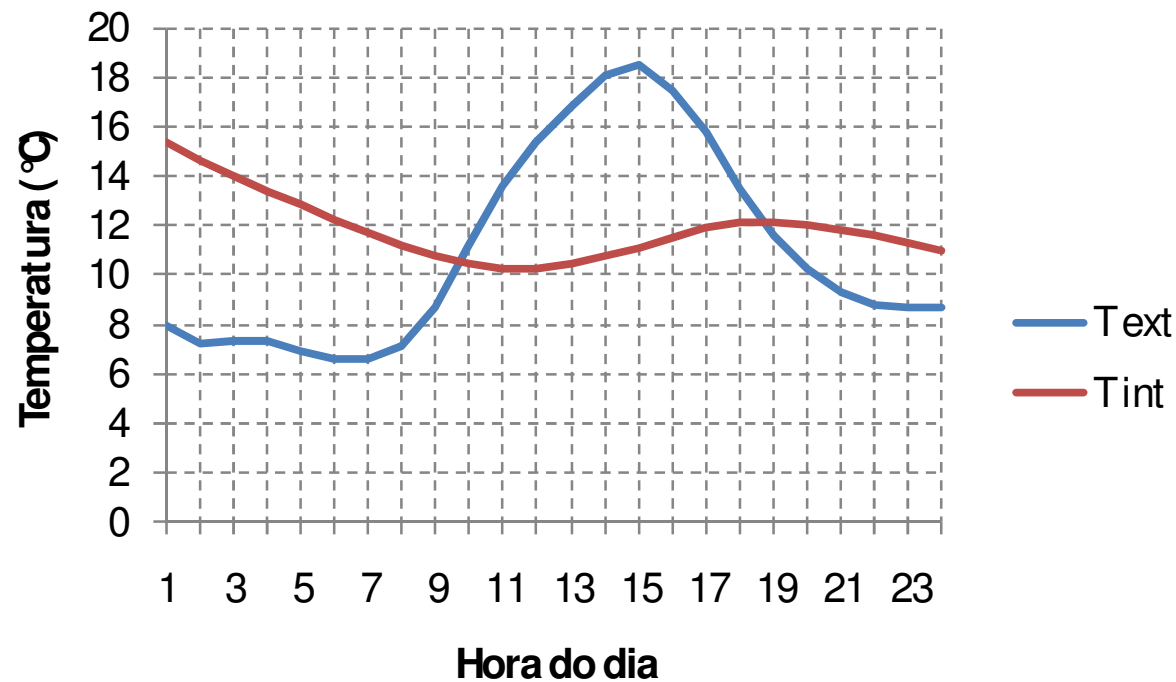


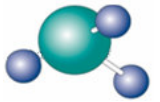


Desempenho Térmico: medição e simulação

Inverno: valores mínimos de temperatura

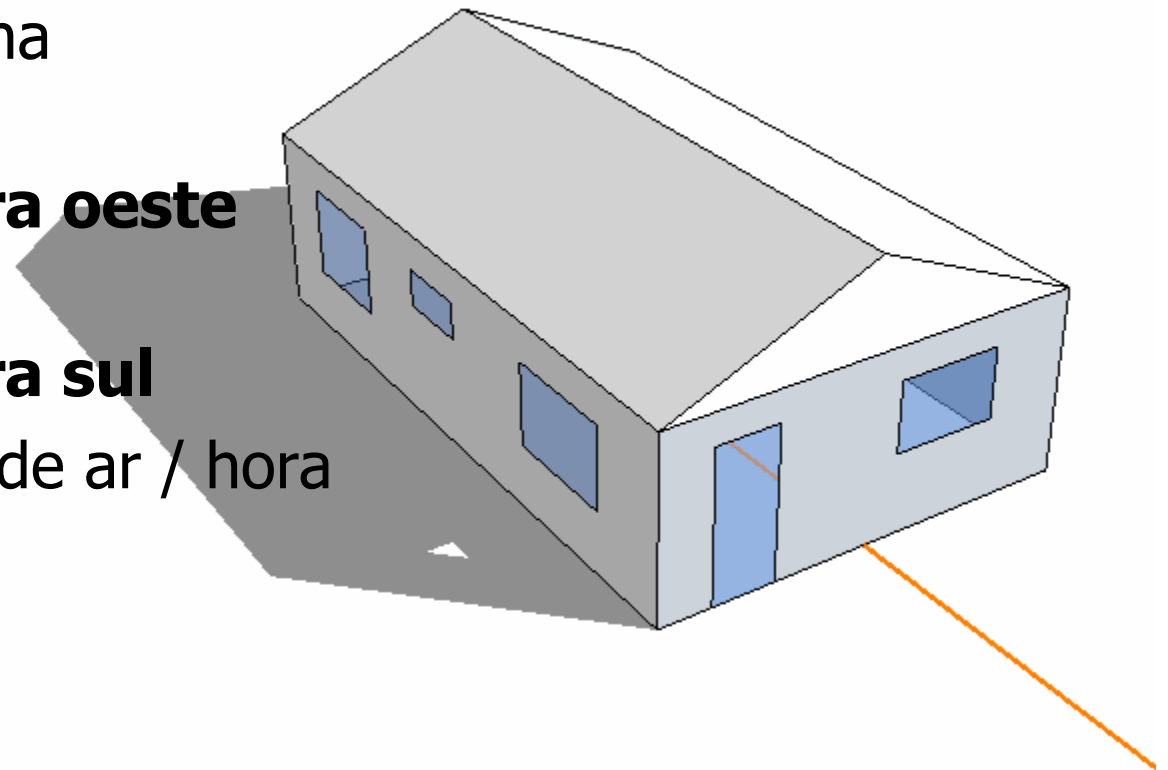
Temperatura interna deve ser maior do que a mínima externa mais 3°C

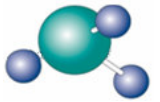




Desempenho Térmico: simulação

- Software EnergyPlus
- Simular todos os recintos
- Analisar dormitórios e salas
- Sem ocupação interna
- Verão:
janela voltada para oeste
- Inverno:
janela voltada para sul
- Adotar 1 renovação de ar / hora

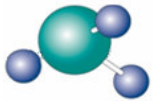




Desempenho Térmico: medição

- Escala real (1:1)
- Dormitórios e salas
- Medir temperatura do ar a 1,20 m do piso
- Medir por 3 dias
- Analisar dados do terceiro dia, que deve coincidir com **dia típico**



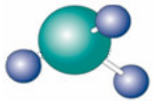


Desempenho Térmico: níveis de desempenho

Tabela E.1 — Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
<i>M</i>	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
<i>I</i>	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 1^{\circ} \text{C})$
<i>S</i>	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ} \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ} \text{C})$ e $T_{i,min} \leq (T_{e,min} + 1^{\circ} \text{C})$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

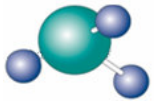


Desempenho Térmico: níveis de desempenho

Tabela E.2 — Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de inverno

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas bioclimáticas 1 a 5 ¹⁾	Zonas bioclimáticas 6, 7 e 8
<i>M</i>	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ} \text{ C})$	Nestas zonas, este critério não precisa ser verificado
<i>I</i>	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ} \text{ C})$	
<i>S</i>	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ} \text{ C})$	

$T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.



Yawatz
Engenharia

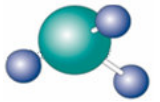
NBR 15575: Desempenho Lumínico

Durante o dia

As dependências da habitação devem receber **iluminação natural** direta ou indiretamente

Durante a noite

A **iluminação artificial** deve proporcionar condições satisfatória para ocupação com conforto e segurança

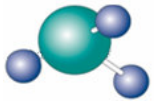


NBR 15575: Desempenho Lumínico

Níveis de iluminamento natural

Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	<i>M</i> *	<i>I</i>	<i>S</i>
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Banheiro Área de serviço	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos	Não exigido	≥ 30	≥ 45
NOTA Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminamento ligeiramente inferiores aos valores especificados nesta Tabela (diferença máxima de 20 % em qualquer dependência).			
* Valores mínimos obrigatórios, conforme 13.2.1.			

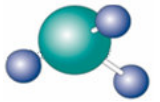
Os métodos de avaliação e premissas de projeto requeridos são estabelecidos em 13.2.1.



NBR 15575: Desempenho Lumínico

Premissas de projeto

- Disposição dos cômodos
- Orientação da edificação
- Tamanho e posição de aberturas
- Tipo de janela e vidro
- Acabamento de teto, paredes e piso
- Poços de ventilação e iluminação
- Domus de iluminação
- Interferências internas

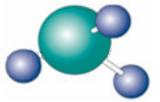


NBR 15575: Desempenho Lumínico

Níveis de iluminação artificial

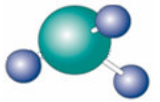
Dependência	Iluminamento geral para os níveis de desempenho		
	lux		
	<i>M</i> *	<i>I</i>	<i>S</i>
Sala de estar Dormitório Copa/cozinha Banheiro Área de serviço	≥ 100	≥ 150	≥ 200
Corredor ou escada interna à unidade Corredor de uso comum (prédios) Escadaria de uso comum (prédios) Garagens/estacionamentos	≥ 50	≥ 75	≥ 100

* Valores mínimos obrigatórios, conforme 13.3.1.



NBR 15575: Desempenho Lumínico

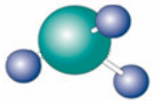
- **Método de cálculo: NBR 15215-3**
 - Plano horizontal a 0,75 m do piso
 - No período noturno, sem nenhuma entrada de luz externa
 - No período noturno, supor iluminação artificial 100% ligada
 - Simulações para o centro dos ambientes
 - Simulações nos pontos centrais de corredores internos ou externos à unidade
 - Para escadarias, simulações nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance



NBR 15575: Desempenho Lumínico

■ Medição *in-loco*

- Plano horizontal a 0,75 m do piso
- No período noturno, sem nenhuma entrada de luz externa
- No período noturno, supor iluminação artificial 100% ligada
- Medições para o centro dos ambientes
- Medições nos pontos centrais de corredores internos ou externos à unidade
- Para escadarias, medições nos pontos centrais dos patamares e a meia largura do degrau central de cada lance



NBR 15215 – Iluminação natural

Parte 1

Definições

Parte 2

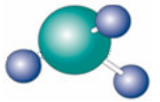
Cálculo de disponibilidade de luz natural

Parte 3

Determinação da iluminação natural em ambientes internos

Parte 4

Método de medição

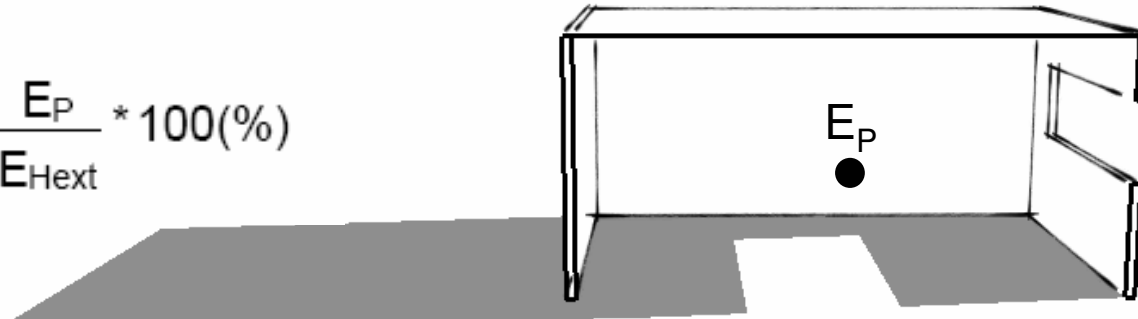


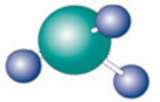
Yawatz
Engenharia

NBR 15215-3: Iluminação natural [procedimento de cálculo]

NBR 15215
Contribuição de Iluminação Natural

$$\text{CIN} = \frac{E_P}{E_{\text{Hext}}} * 100(\%)$$



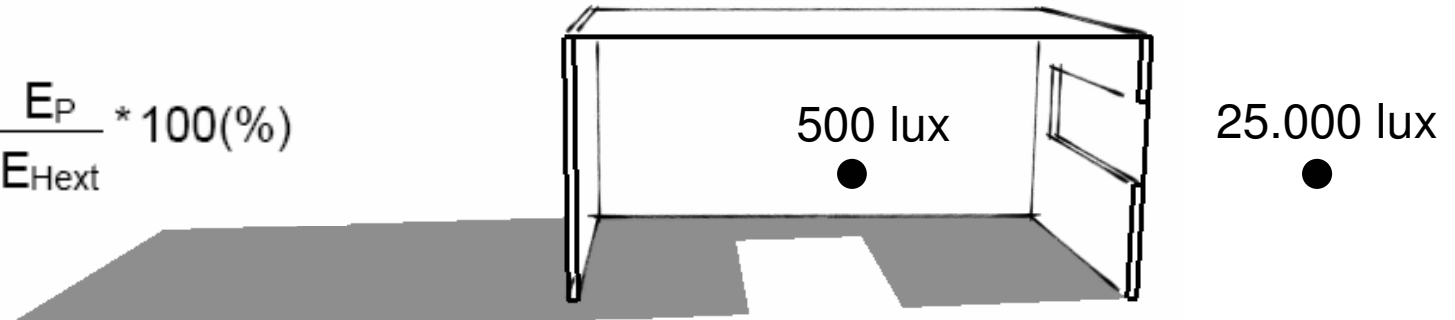


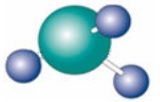
NBR 15215-3: Iluminação natural [procedimento de cálculo]

NBR 15215
Contribuição de Iluminação Natural

Exemplo: CIN = 2%

$$\text{CIN} = \frac{E_P}{E_{\text{Hext}}} * 100(\%)$$





NBR 15215-3: Iluminação natural [procedimento de cálculo]

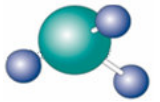
NBR 15215
Contribuição de Iluminação Natural

CIE
Daylight Factor

$$CIN = \frac{E_P}{E_{Hext}} * 100(\%)$$

com céu
uniforme

$$DF = \frac{E_P}{E_E} * 100\%$$



Conclusões

- Necessidade de especialistas no mercado
- Maior uso de simulação computacional no projeto
- Tendência à maior integração entre projetistas
- Todos saem ganhando

