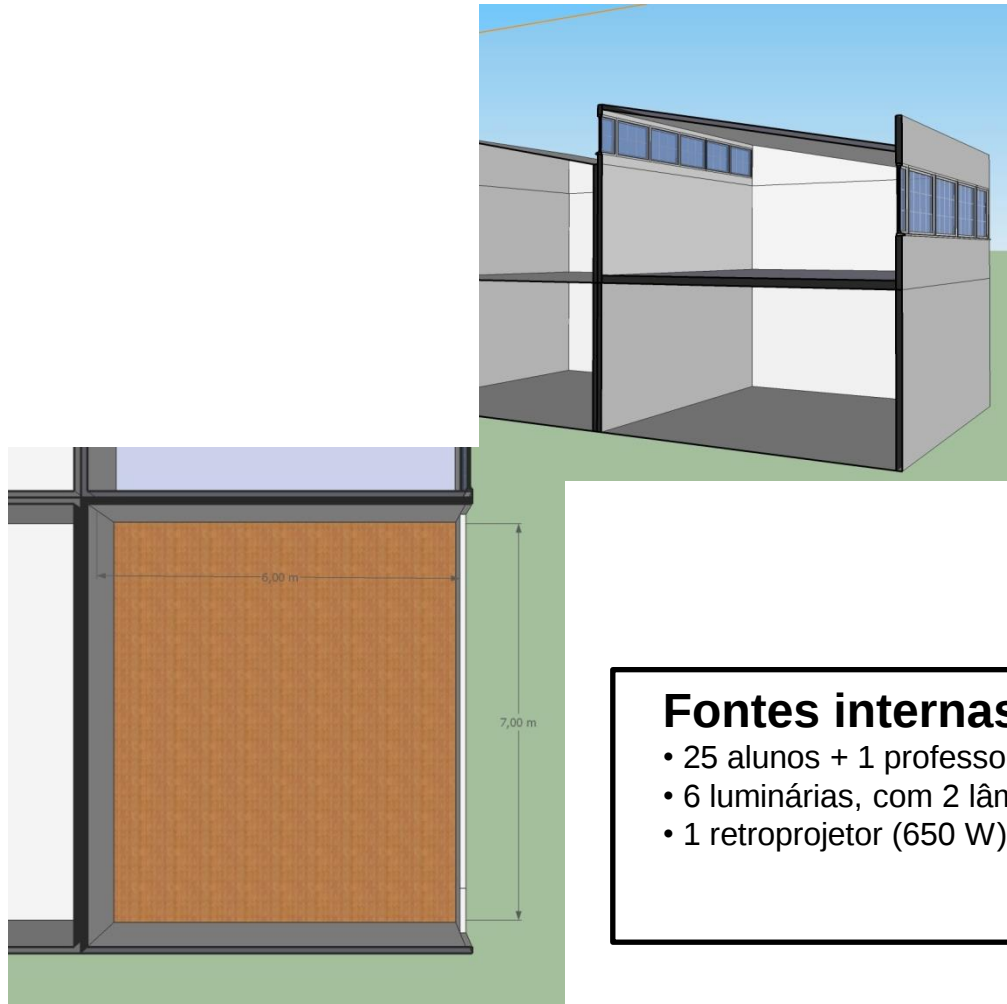


Balanço Térmico da Edificação

exercício

Profa Alessandra Shimomura, Profa. Dra. Denise Duarte, Prof. Prof. Dr. Leonardo Monteiro, Profa. Dra. Ranny Michalski

Analisar o desempenho térmico, no solstício de verão, da sala de aula 1, situada em **Belo Horizonte**, latitude **19° 56'**, segundo croquis (sem obstruções próximas).



Áreas	• Cobertura..... 42,0 m² • Fachada SW 16,8 m² • - Parede.. 9,6 m² • - Janela... 7,2 m² • Fachada NW... 18,0 m² • Shed NE..... 4,2 m² • Parede NE.. 16,8 m² • Parede SE... 16,0 m² (2m² porta) • Piso 42,0 m² • Cobertura..... 42,0 m²
Volume	- Recinto 126,0 m ³

Fontes internas de calor:

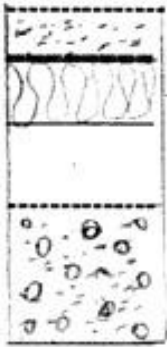
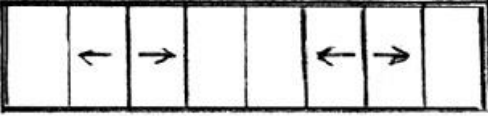
- 25 alunos + 1 professora (65W por pessoa - calor sensível)
- 6 luminárias, com 2 lâmpadas fluorescentes cada, reator eletrônico (28 W por lâmpada)
- 1 retroprojektor (650 W)

Materiais e sistemas construtivos

- **Paredes:** externas placa concreto armado $e = 8 \text{ cm}$, sem revestimento $\alpha = 0,8$
- **Paredes:** internas idem, com revestimento cortiça placa granulada ($d = 100 \text{ kg/m}^3$), $e = 1,5 \text{ cm}$
- **Cobertura:** laje concreto armado, espaço ar confinado, placa concreto celular (600 kg/m^3), argamassa cimento ($d = 1.600 \text{ kg/m}^3$), cor externa $\alpha = 0,9$.
- **Piso:** laje concreto armado $e = 0,10 \text{ m}$, taco cedro $e = 0,02 \text{ m}$
- **Janela:** $6,0 \times 1,2 \text{ m}$, vidro comum, $e = 0,004 \text{ m}$
- **Shed:** veneziana fiberglass $Str = 0,65$, $e = 1 \text{ mm}$, $\lambda = 0,8 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, rendimento 30% (abertura para ventilação) e brise mais anteparo contra o vento, ambos translúcidos $Str = 0,7$.

Materiais e sistemas construtivos

Cálculo do K

	Paredes Concreto armado	$\alpha = 0,8$ $e = 0,08 \text{ m}$ $\lambda = 1,75 \text{ W/m}^0\text{C}$ $l/h_i + l/h_e = 0,17 \text{ m}^2\text{C/W}$ $1/K = (1/h_e + 1/h_i) + e/\lambda = 0,17 + 0,08/1,75 \rightarrow K = 4,64 \text{ W/m}^2\text{C}$ $1/K = 0,2157$
	Cobertura Argamassa cimento Placa concreto celular Espaço de ar confinado Laje concreto armado Para ganhos de calor Para perdas de calor	$\alpha = 0,9$ $e = 0,04 \text{ m}$ $\lambda = 0,65 \text{ W/m}^0\text{C}$ $e = 0,05 \text{ m}$ $\lambda = 0,50 \text{ W/m}^0\text{C}$ $e = 0,04 \text{ m}$ Rar = 0,16 $e = 0,08 \text{ m}$ $\lambda = 1,75 \text{ W/m}^0\text{C}$ $l/h_i + l/h_e = 0,22 \text{ m}^2\text{C/W}$ $1/K = 0,22 + 0,04/0,65 + 0,05/0,5 + 0,16 + 0,08/1,75 \rightarrow K = 1,70 \text{ W/m}^2\text{C}$ $1/K = 0,5873$ $l/h_i + l/h_e = 0,14 \text{ m}^2\text{C/W}$ $1/K = 0,14 + 0,04/0,65 + 0,05/0,5 + 0,16 + 0,08/1,75 \rightarrow K = 1,97 \text{ W/m}^2\text{C}$ $1/K = 0,5073$
Janela 		Str = 0,86 $e = 0,004 \text{ m}$ $\lambda = 0,8 \text{ W/m}^0\text{C}$ $l/h_i + l/h_e = 0,17$ $1/K = 0,17 + 0,004/0,8 = 0,175 \text{ m}^2\text{C/W} \rightarrow K = 5,71 \text{ W/m}^2\text{C}$
	Shed	Str = 0,65 $e = 0,001 \text{ m}$ $\lambda = 0,8 \text{ W/m}^2\text{C}$ $l/h_i + l/h_e = 0,17$ $1/K = 0,17 + 0,001/0,8 = 0,1713 \text{ m}^2\text{C/W} \rightarrow K = 5,84 \text{ W/m}^2\text{C}$

Ganhos de calor pela envoltória

Materiais e sistemas construtivos

Opacos	Elemento	Área X 1/he X α X K X Ig					
	Cobertura	42,0	0,05	0,9	1,70	Ig	Q= 3,213 IgW
	Parede SW	9,6	0,05	0,8	4,64	Ig	Q= 1,781 IgW
	Parede NW	18,0	0,05	0,8	4,64	Ig	Q= 3,34 IgW

Translúcidos	Elemento	Área X Str X Ig			
	Janela SW	7,2	0,86	Ig	Q= 6,192 IgW
	Shed NE	4,2	0,65	Ig	Q= 2,73 IgW

Ganho de calor

Materiais e componentes construtivos - Tabela Ig

Tabela Sala 1	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
Pl. Horiz., Ig W/m ²	73	289	567	801	985	1105	1140	1105	985	801	567	289	73
Cobertura Q ₁ = 3,213 Ig W	235	929	1822	2574	3165	3550	3663	3550	3165	2574	1822	929	235
Fach. SW, Ig W/m ²	20	38	50	58	63	68	107	288	446	578	673	547	239
Parede Q ₂ = 1,781 Ig W	36	68	89	103	112	121	191	513	795	1030	1199	975	426
Envidraçado Q ₃ = 6,192 Ig W	124	235	310	359	390	421	663	1783	2762	3579	4167	3387	1480
Fach. NW, Ig W/m ²	20	38	50	58	63	68	65	225	344	407	412	299	114
Parede Q ₄ = 3,34 Ig W	67	127	167	194	210	227	217	752	1149	1360	1376	999	381
Fach. NE, Ig W/m ²	114	299	412	407	344	225	65	68	63	58	50	38	20
Shed Q ₅ = 2,73 Ig W	311	816	1125	1111	939	614	177	186	172	158	137	104	55
Totais/Hora (W)	772	2175	3512	4341	4817	4934	4911	6784	8043	8701	8701	6393	2576

Maior ganho horário de calor solar

Q_{sol}= 8.701 W

Ganhos de calor gerado internamente

Ocupação

Pessoas	26 X 65W	Qe = 1690 W
Iluminação Artificial	6 lum X 2 Lâmp X 28 W X 1,1 (reator eletr.)	Qil = 370 W
Equipamentos	650 W (retroprojektor)	Qeq= 650 W

Ganho de Calor - total

$$Q_{\text{sol}} \quad Q_{\text{e}} \quad Q_{\text{il}} \quad Q_{\text{eq}} \quad Q_{\text{tot}}$$

$$8701 + 1690 + 370 + 650 = 11.411 \text{ W}$$

Perda de calor pela envoltória (em função de Δt)

Materiais e sistemas construtivos

Elemento	Área	X	K	X	Δt
Cobertura	42,0	1,97	Δt	$Q_1' = 82,74 \Delta t \text{ W}$	
Parede SW + NW	27,6	4,64	Δt	$Q_2' = 128,06 \Delta t \text{ W}$	
Envidraçado	7,2	5,71	Δt	$Q_3' = 41,11 \Delta t \text{ W}$	
Shed	4,2	5,84	Δt	$Q_4' = 24,52 \Delta t \text{ W}$	

Perda de Calor pela Ventilação

$$Q_5' = 0,35 N V \Delta t \quad N = 12 \text{ 1/h (valor adotado)}$$

$$Q_5' = 0,35 \times 12 \times 126 \times \Delta t$$

$$Q_5' = 529,2 \Delta t \text{ W}$$

Perda de Calor Total

$$Q_1' \quad Q_2' \quad Q_3' \quad Q_4' \quad Q_5' \quad Q_{\text{tot}}'$$

$$82,74\Delta t + 128,06\Delta t + 41,11\Delta t + 24,52\Delta t + 529,2\Delta t = 805,64\Delta t \text{ W}$$

Balanço Térmico

$$Q_{\text{tot}} = Q'_{\text{tot}} \Delta t$$

$$11411 \text{ W} = 805,64 \Delta t \text{ W}$$

$$\Delta t = \frac{11411 \text{ W}}{805,64 \text{ W}}$$

$$\Delta t = 14,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$