

## **Suficiência e eficiência energética nos edifícios nos Açores**

2,5h

23/11/2023

Paulo Franco (Arqt.º) / Pedro Perpétuo (Eng.º)

## **Suficiência e Eficiência energética nos Edifícios nos Açores**

### Índice da Sessão

- Arquitetura Bioclimática e regulamentos de desempenho energético;
- Redução das necessidades de energia dos edifícios nos Açores;

### Discussão / Intervalo

- Fluxos Energéticos nos Açores
- Sistemas AVAC
- Energias renováveis

### Discussão

23/11/2023

Paulo Franco / Pedro Perpétuo

## Arquitetura Bioclimática e regulamentação em vigor

A regulamentação em vigor sobre o desempenho energético dos edifícios já contempla uma série de princípios da arquitetura bioclimática. O respeito por diversos aspectos da arquitetura bioclimática já não é facultativo, é obrigatório.

- Dados climáticos da região*
- Conforto térmico*
- Forma e orientação do edifício*
- Qualidade da envolvente*
- Ganhos solares*
- Sombreamentos*
- Proteções Solares*
- Exposição ao vento*
- Ventilação natural*
- Incorporação de Energias renováveis*
- Eficiência dos sistemas*

## Os regulamentos de desempenho energético não dão resposta:

- Gestão do solo;
- Gestão da água;
- Especificidades climáticas do local;
- Ventos predominantes;
- Humidade relativa;
- Iluminação natural;
- Hierarquização de compartimentos;
- Energia incorporada nos materiais;
- Proveniência dos materiais;
- Ciclo de vida do edifício;
- Pertinência do uso/edifício no local;

Estação convencional de aquecimento (inverno)

	z REF m	M REF meses	GD a REF °C	θ <sub>ext, i</sub> REF °C	G <sub>Sul</sub> kWh/m <sup>2</sup> por mês
R.A. Açores	10	2,9	1	604	1500

Estação convencional de arrefecimento (verão)

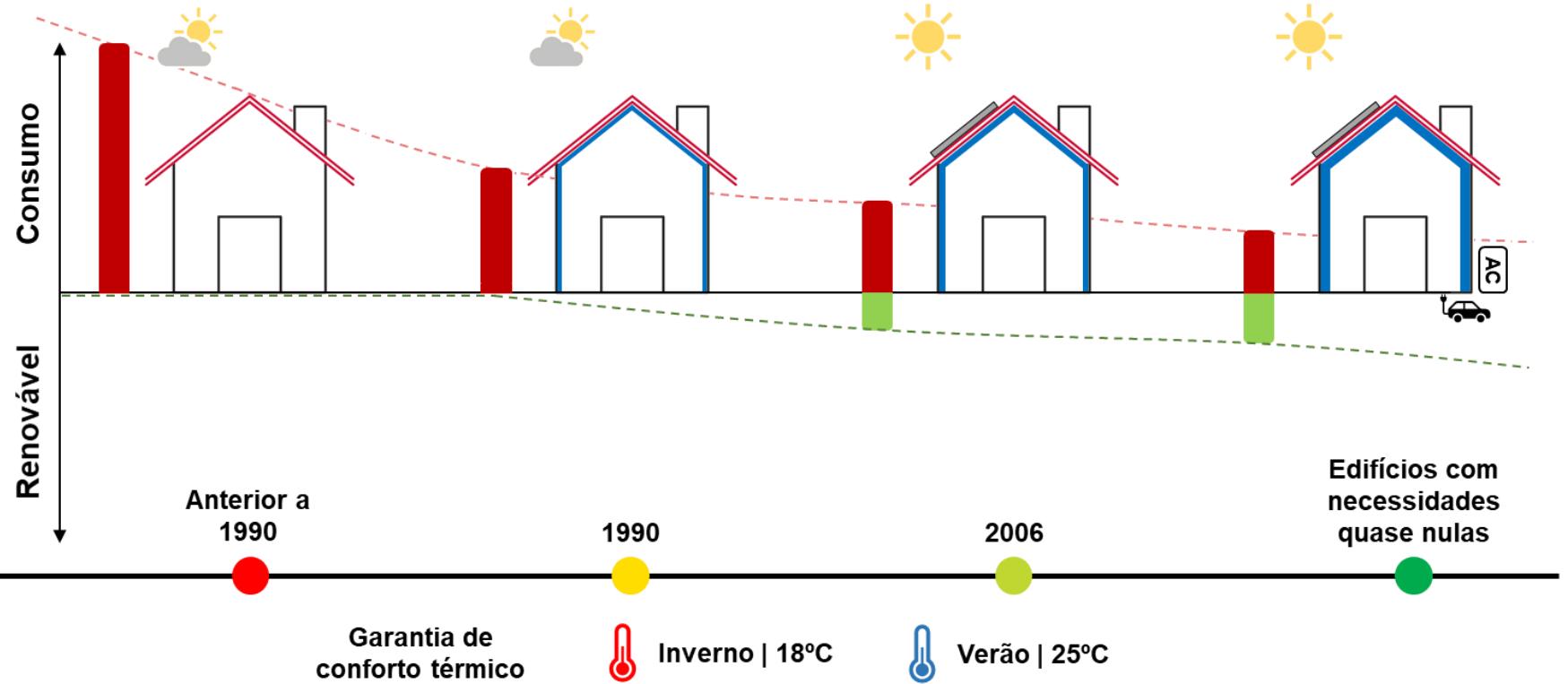
z REF m	θ <sub>ext, v</sub> REF °C	a °C/km	I <sub>sol</sub> kWh/m <sup>2</sup> acumulados de junho a setembro									
			0° N	90° NE	90° E	90° SE	90° S	90° SW	90° W	90° NW		
R.A. Açores	10	21,3	-6	640	195	285	375	375	235	375	375	285

- Em Edifícios de serviços já se encontram regulamentados alguns dos aspetos aqui referidos

23/11/2023

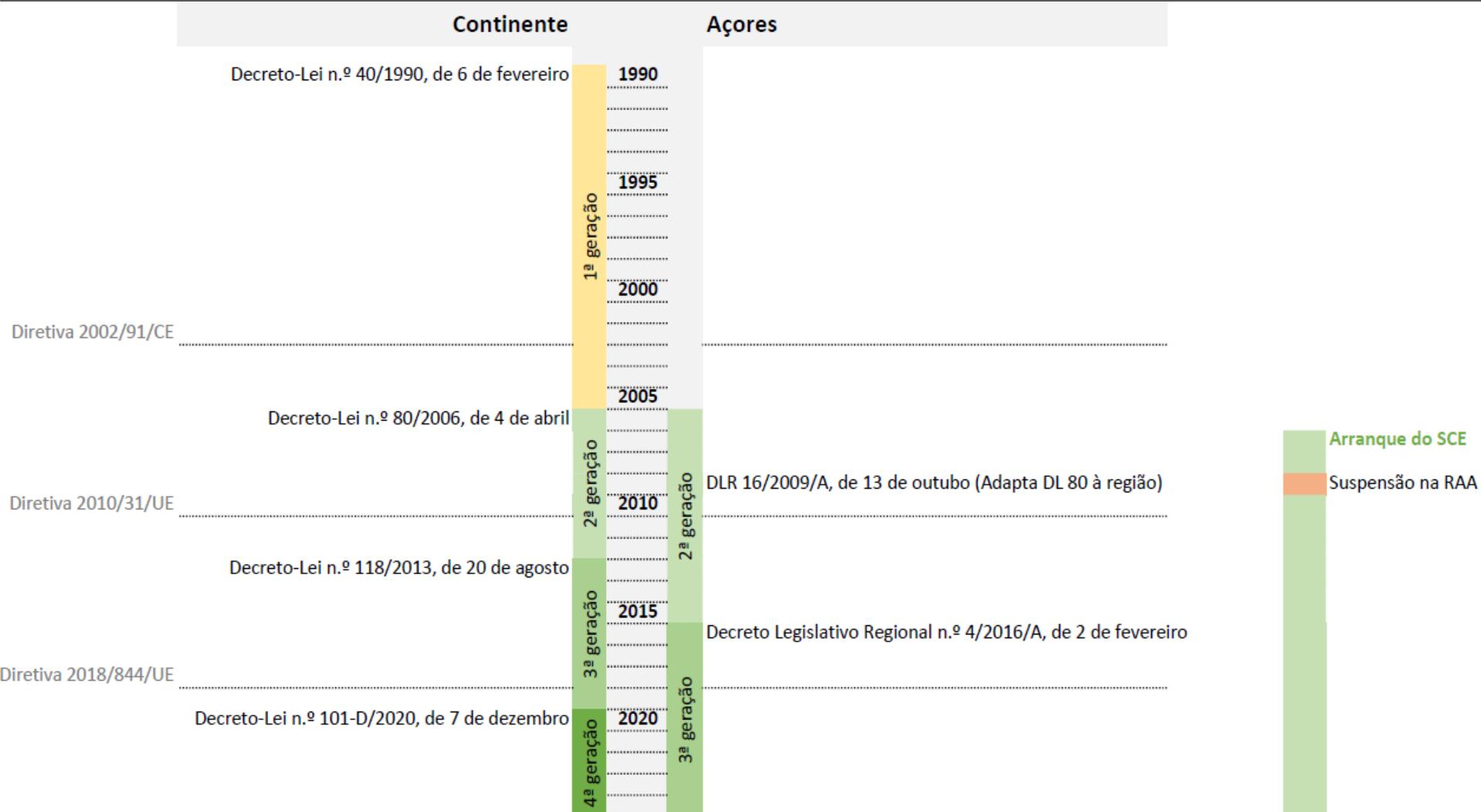
Paulo Franco

## Evolução do enquadramento regulamentar

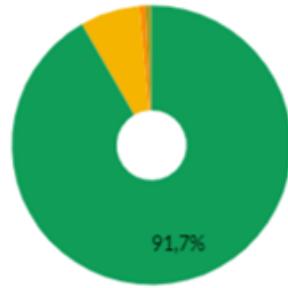


# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)

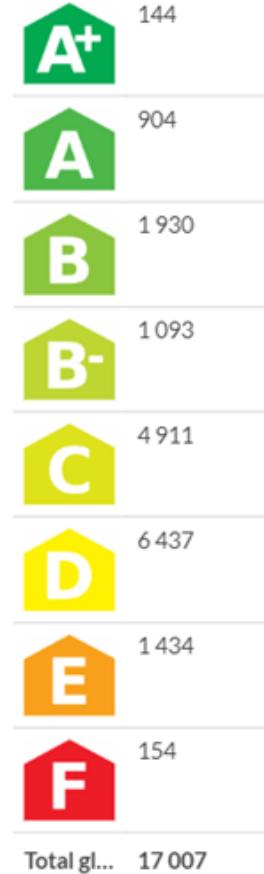


### Indicadores SCE Açores



- Habitação
- Pequeno edifício de comércio e serviços sem climatização
- Grande edifício de comércio e serviços
- Pequeno edifício de comércio e serviços com climatização

#### CERTIFICAÇÕES CONCLUIDAS



#### Certificação por Ilha

Sao Miguel	10 259
Terceira	3 566
Pico	1 000
Faial	802
Sao Jorge	547
Santa Maria	359
Flores	228
Graciosa	228
Corvo	18

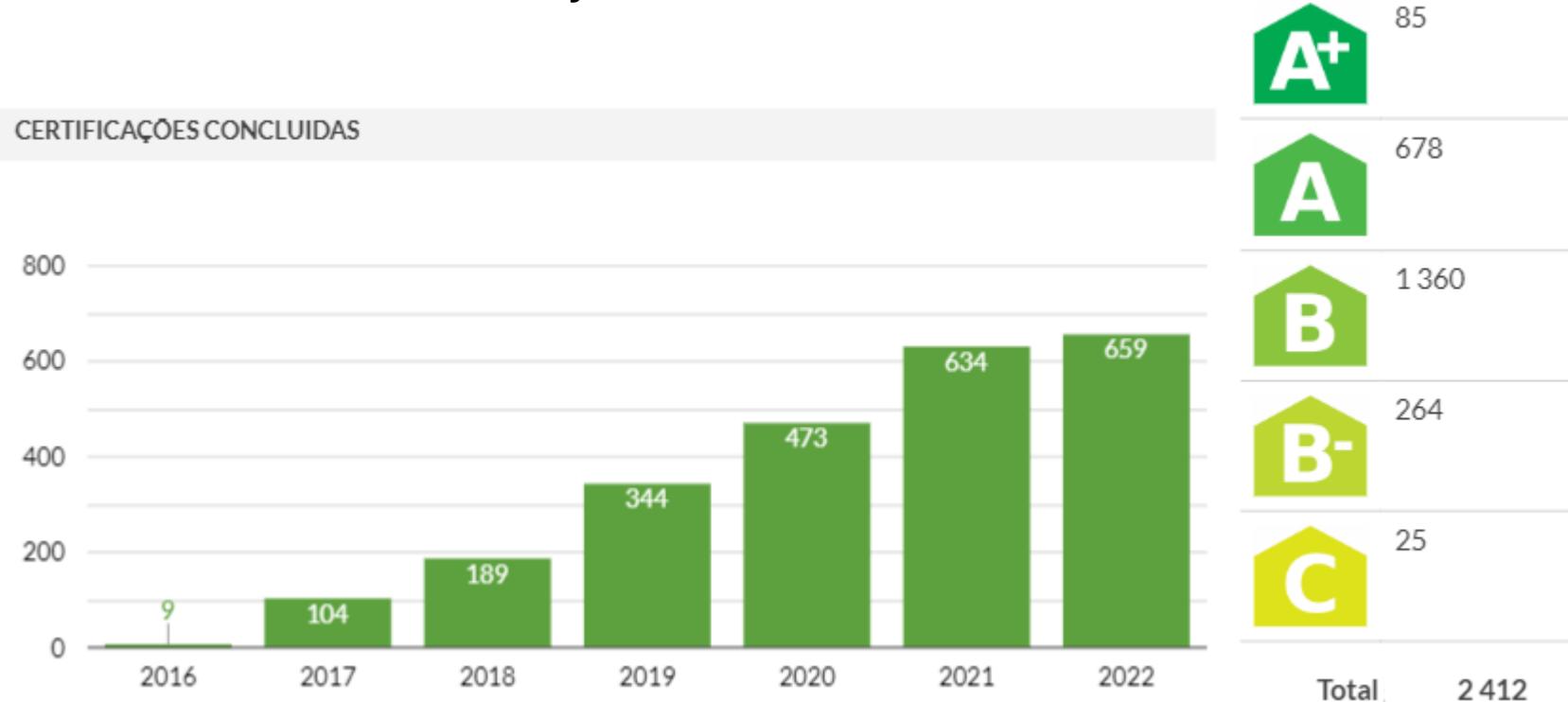
Altitude Média  
83,89

Fonte: SCE Açores

23/11/2023

Paulo Franco

### SCE - Edifícios novos habitação



Fonte: SCE Açores

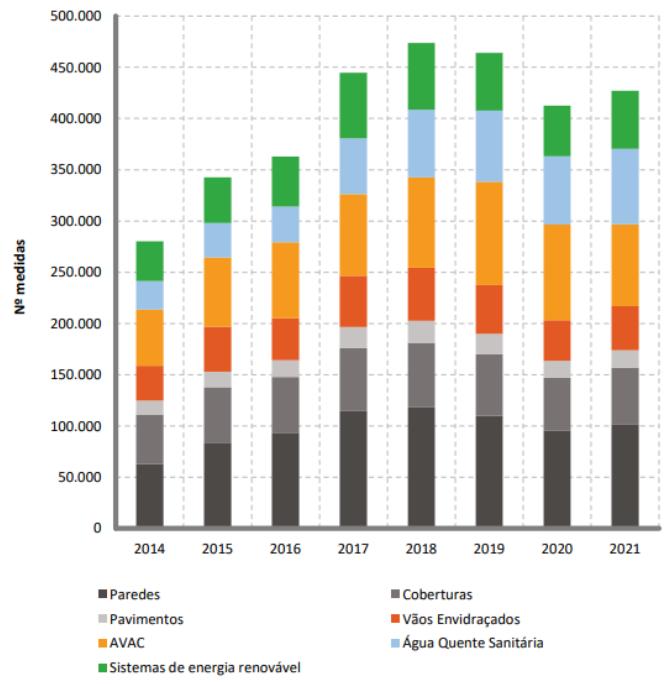
- Edifícios com projeto anterior a 2016 não estão contabilizados pois são equiparados a existentes.

23/11/2023

Paulo Franco / Pedro Perpétuo

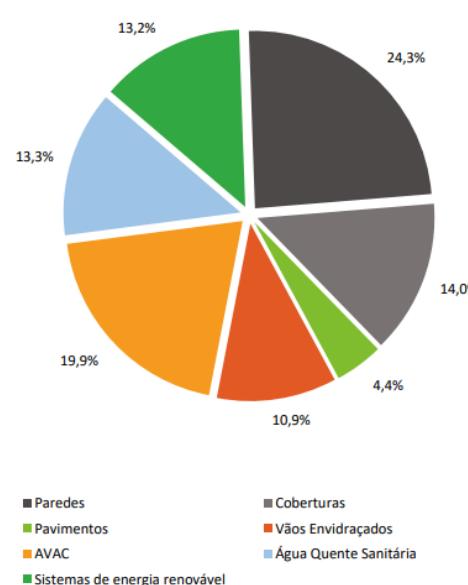
Falta divulgação de indicadores de caracterização do edificado:

- soluções construtivas utilizadas;
- sistemas adotados para AQS e climatização;
- medidas de melhoria propostas;



Fonte: ADENE

Medidas de melhoria por âmbito de intervenção - habitação



Fonte: ADENE

Medidas de melhoria por tipo de intervenção – habitação

23/11/2023

Paulo Franco / Pedro Perpétuo

Dados do SCE - Continente

# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)

Desempenho das soluções construtivas é relegado para a 3<sup>a</sup> página do certificado energético

### 1. INDICADORES DE DESEMPENHO

Determinam a classe energética do edifício de habitação ou fração e a eficiência na utilização de energia, incluindo o contributo de fontes renováveis. São apresentados comparativamente a um valor de referência e calculados em condições padrão.

#### Aquecimento Ambiente

  
Referência: 14.85 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
Edifício: 20.60 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
Renovável: 95 %

**MAIS eficiente que a referência**

#### Arrefecimento Ambiente

  
Referência: 2.94 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
Edifício: 7.41 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
Renovável: 98 %

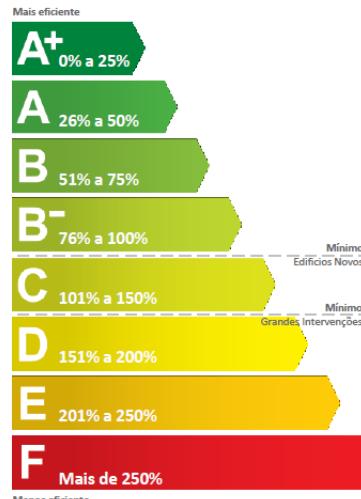
**MAIS eficiente que a referência**

#### Água Quente Sanitária

  
Referência: 4.09 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
Edifício: 11.45 kWh/m<sup>2</sup>.ano  
Renovável: 74 %

**MAIS eficiente que a referência**

### 2. CLASSE ENERGÉTICA



Atual – Classe energética do edifício de habitação ou fração de acordo com a verificação efetuada por perito qualificado para o efeito.

Potencial – Classe energética do edifício de habitação ou fração se for aplicado o conjunto de medidas de melhoria – consultar separador 10. CONJUNTO DE MEDIDAS DE MELHORIA.

### 3. ENERGIA RENOVÁVEL

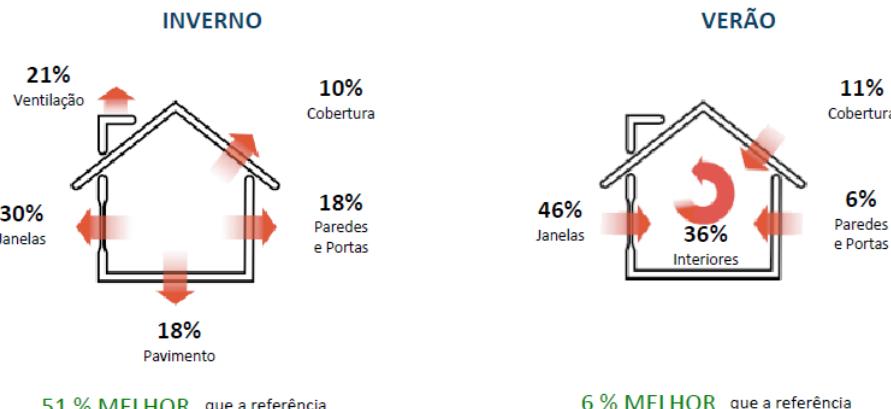


Contributo de energia renovável no consumo de energia deste edifício de habitação ou fração.

### 4. EMISSÕES DE CO<sub>2</sub>



Emissões de dióxido de carbono estimadas devido ao consumo de energia.



*-Nos Açores, não é obrigatório certificado energético na publicitação imóveis para venda ou arrendamento!*

23/11/2023

Paulo Franco / Pedro Perpétuo

## Redução das necessidades de energia

1-Não construir;

2-Construir;

-Menos área= menos energia

-menos energia incorporada dos materiais;

-menos área a aquecer ou arrefecer;

-Menos envolvente=menos energia

-menos energia incorporada dos materiais;

-menos área a aquecer ou arrefecer;

*A forma do edifício é condicionada pela hierarquização dos compartimentos e pela necessidade de garantir superfícies para ganhos solares;*

23/11/2023

Paulo Franco

### -Escolha de local para edificação:

- Altitude
- Relevo
- Proximidade à costa
- Ventos dominantes



23/11/2023

Paulo Franco

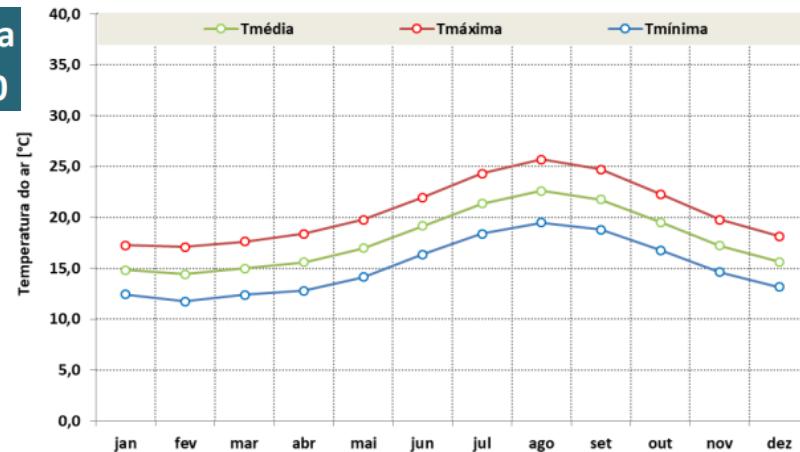
# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)

### Normal Climatológica – Ponta Delgada Observatório Afonso Chaves 1981-2010

Latitude: 37.7466N  
Longitude: 25.6627W  
Altitude: 35.0 m

Fonte: <https://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima>



	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
TT [°C]	14.8	14.4	15.0	15.6	17.0	19.2	21.4	22.6	21.8	19.5	17.2	15.6	17.8
TX [°C]	17.2	17.1	17.6	18.4	19.8	22.0	24.3	25.7	24.7	22.3	19.8	18.2	20.6
TN [°C]	12.4	11.7	12.4	12.8	14.1	16.3	18.4	19.5	18.8	16.8	14.6	13.1	15.1
Número de dias [dias]													
TX ≥ 25 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	11.7	22.2	14.7	2.3	0.1	0.0	52.2
TX ≥ 30 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TX ≥ 35 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
TN ≥ 20 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	7.6	13.4	9.5	3.2	0.3	0.0	34.8
TN < 0 °C	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

23/11/2023

Paulo Franco

# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)

### Ponta Delgada/Observatório

Valores diários da temperatura máxima (Tx), mínima (Tn) e normal mensal (1971-2000)  
Temperature: daily maximum (Tx), minimum (Tn) and monthly normal (1971-2000)



### Ponta Delgada/Observatório

Valores diários da temperatura máxima (Tx), mínima (Tn) e normal mensal (1971-2000)  
Temperature: daily maximum (Tx), minimum (Tn) and monthly normal (1971-2000)

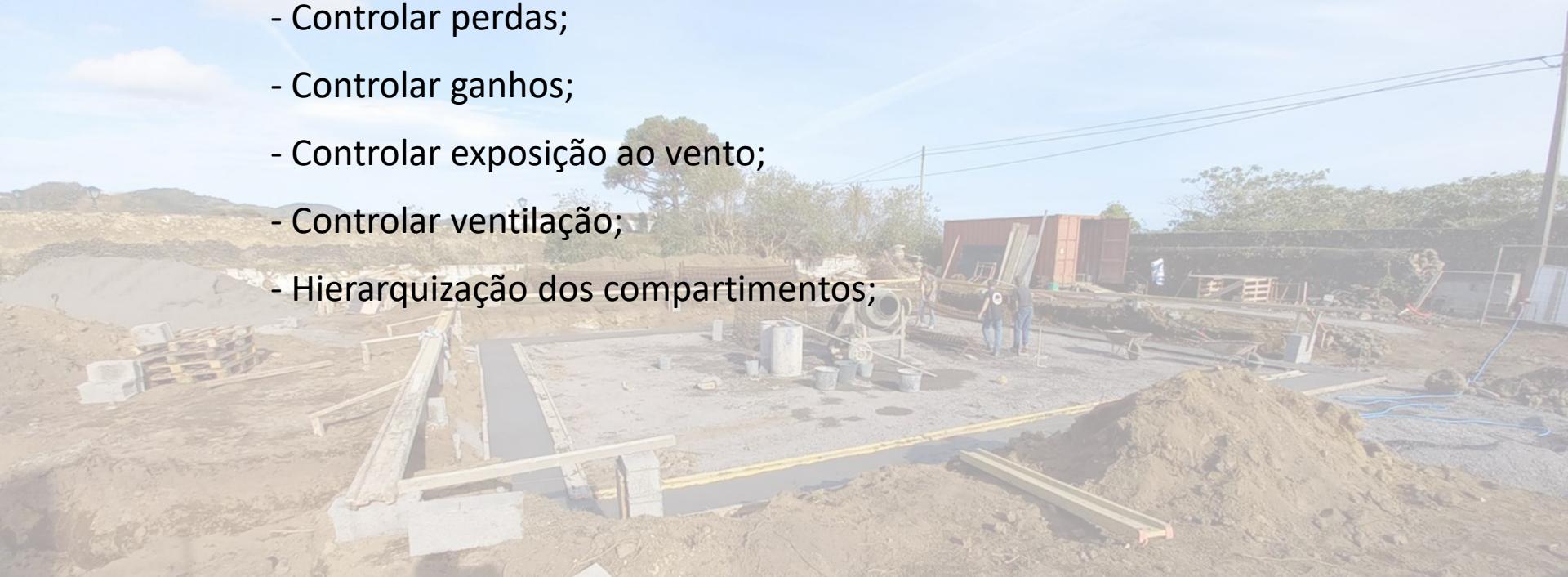


23/11/2023

Paulo Franco

### -Implantação do edifício no terreno:

- Controlar perdas;
- Controlar ganhos;
- Controlar exposição ao vento;
- Controlar ventilação;
- Hierarquização dos compartimentos;



*Também no âmbito da intervenção em fase de desenho urbano devem ser estudados e ponderados os aspetos que venham a condicionar a forma e orientação dos edifícios.*

23/11/2023

Paulo Franco

### Controlar Perdas;

- Envolvente Opaca;

-Horizontal;

-Vertical;

Coeficientes de transmissão térmica superficiais na RAA - Portaria n. 34/2016, de 23 de março:

Tabela I

Valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais de referência de elementos opacos e de vãos envidraçados,  $U_{ref}[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$

Zona Corrente da Envolvente		I1	I2	I3
Em contato com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $btr > 0,7$	Elementos opacos verticais	1,20	1,05	0,90
	Elementos opacos horizontais	0,75	0,70	0,65
Em contato com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $btr \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	2,00	1,90	1,80
	Elementos opacos horizontais	1,30	1,20	1,10

Tabela II

Valores dos coeficientes de transmissão térmica superficiais máximos admissíveis de elementos opacos e de vãos envidraçados,  $U_{max}[W/(m^2 \cdot ^\circ C)]$

Zona Corrente da Envolvente	Zona climática			
	I1	I2	I3	
Em contato com o exterior ou com espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $btr > 0,7$	Elementos opacos verticais	1,75	1,60	1,45
	Elementos opacos horizontais	1,25	1,00	0,90
Em contato com outros edifícios ou espaços não úteis com coeficiente de redução de perdas $btr \leq 0,7$	Elementos opacos verticais	2,00	2,00	1,90
	Elementos opacos horizontais	1,65	1,30	1,20

23/11/2023

Paulo Franco

## Soluções construtivas tradicionais – envolvente opaca;

- Paredes em blocos de betão de bagacina:

-Relatório LNEC 303/98

-ITE54

Coeficientes de transmissão térmica de Paredes rebocadas em blocos de betão de bagacina (W/m<sup>2</sup> °C)

### Envolvente exterior

Fábrica A	Fábrica B	Fábrica C	ITE.54
2,49	2,41	2,47	2,04
2,13	2,16	2,13	1,84
1,92	1,63	1,90	1,70
1,49	1,50	1,74	1,47
1,37	1,37	1,57	1,40

### Envolvente interior

Fábrica A	Fábrica B	Fábrica C	ITE.54
2,03	1,98	2,02	1,72
1,79	1,81	1,79	1,58
1,64	1,42	1,62	1,47
1,31	1,32	1,50	1,30
1,22	1,22	1,38	1,24

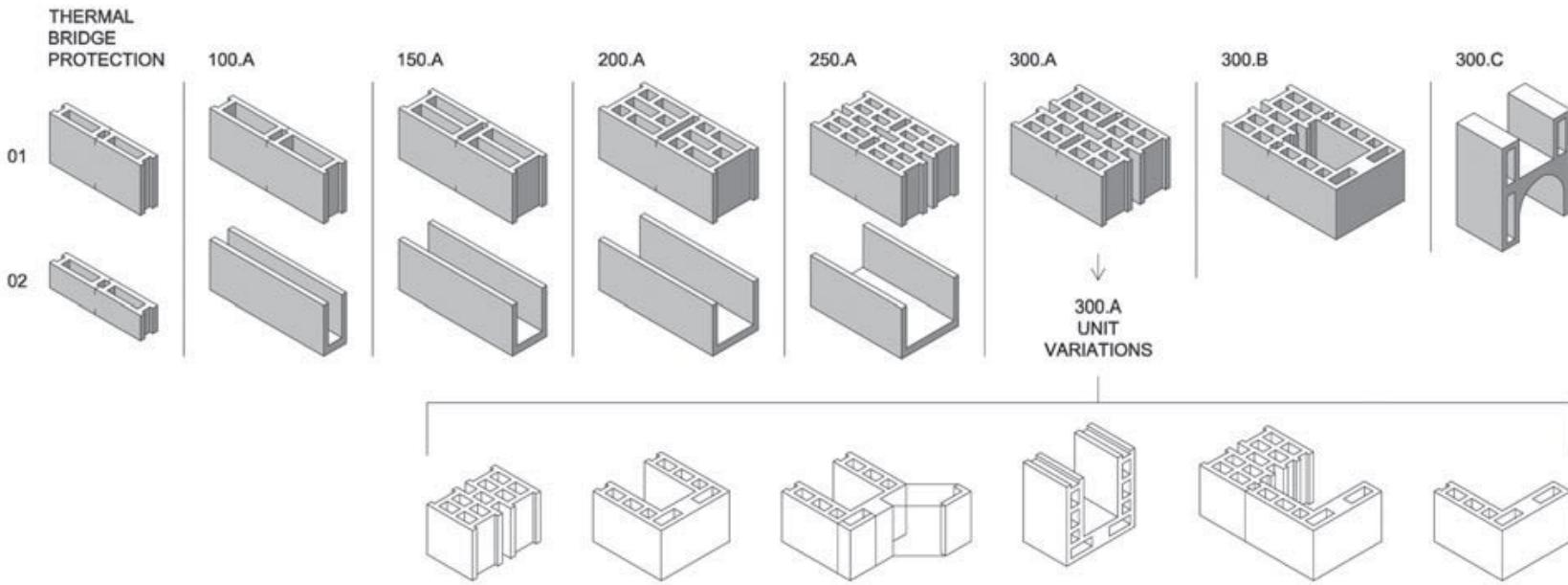
- Fabricantes não apresentam os coeficientes de transmissão térmica dos seus produtos;

23/11/2023

Paulo Franco

### Paredes em blocos de betão de bagacina;

- Tese de Mestrado de Luís Leite (FEUP -2008) demonstra melhoria do desempenho dos blocos só com alteração de geometria.  $U=1,00 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$  (bloco de 30cm)



*Tese nomeada para os GREEN PROJECT AWARDS 2010, tendo integrado a shortlist de 4 projetos;*

23/11/2023

Paulo Franco

# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)

### Alvenaria de pedra;

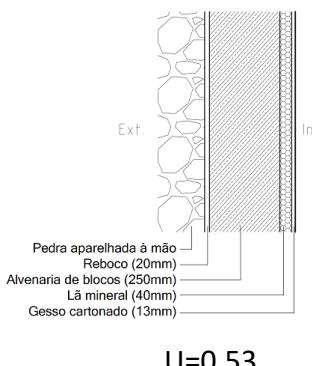
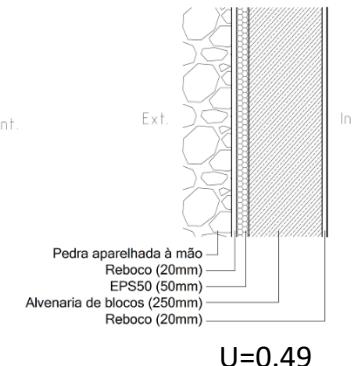
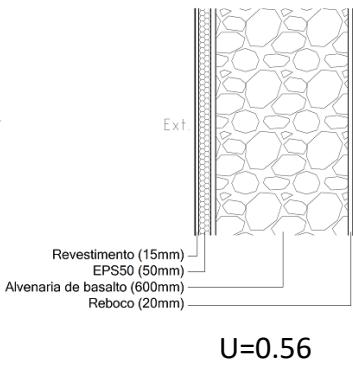
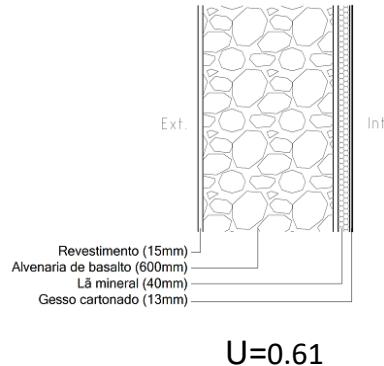
- Valores tabelados no ITE 54

Tipo de elemento	PAREDES EXTERIORES ( $R_{se} + R_{si} = 0,17 \text{ [}(m^2 \cdot ^\circ\text{C})/W\text{]}$ )				
	Espessura da parede [m]				
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
pedra de basalto	3,1	2,2	1,7	1,4	1,2



Tipo de elemento	PAREDES DA ENVOLVENTE INTERIOR ( $R_{se} + R_{si} = 0,26 \text{ [}(m^2 \cdot ^\circ\text{C})/W\text{]}$ )				
	Espessura da parede [m]				
	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
pedra de basalto	2,4	1,9	1,5	1,3	1,1

- Alvenaria de pedra com isolamento térmico:



23/11/2023

Paulo Franco

### Controlar Perdas;

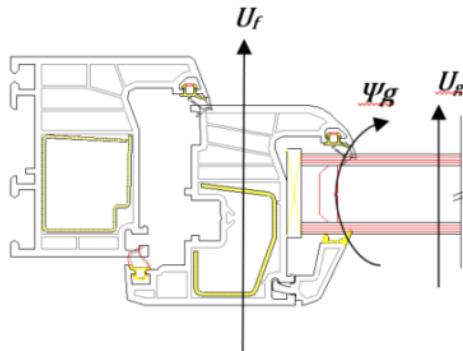
- Vãos envidraçados;
  - Vãos horizontais representam perdas adicionais;
  - Importância de dispositivo de oclusão noturno;

Coeficientes RAA - Portaria n. 34/2016, de 23 de março:

Zona Corrente da Envolvente	Zona climática		
	I1	I2	I3
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )	2,90	2,60	2,40

- Requisitos mínimos para vãos envidraçados são iguais aos de referência;
- Requisitos mínimos em vigor são iguais aos previstos na Portaria 138-I/2021;
- O contributo de sistemas de proteção com acionamento noturno é considerado.

### Requisitos mínimos



Zona Corrente da Envolvente	Zona climática		
	I1	I2	I3
Vãos envidraçados (portas e janelas) ( $U_w$ )	2,90	2,60	2,40

Caixilharia de alumínio com rotura térmica (ITE 50)

$U_w$	Dispositivo de oclusão nocturna $U_{wdn}$		
	Cortina interior opaca	Outros dispositivos	
2 (vidro duplo)	3,3	3,1	2,7
6 16 16 low $\epsilon$ <sup>(3)</sup>	2,9	2,8	2,5
3,7 3,3 3,0	2,7	2,6	2,3

- Sérias de caixilharias disponíveis no mercado têm normalmente desempenhos superiores
- Ferramentas de cálculo para conjunto caixilho+vidro (ex: Technal <https://www.windefic.com>)

23/11/2023

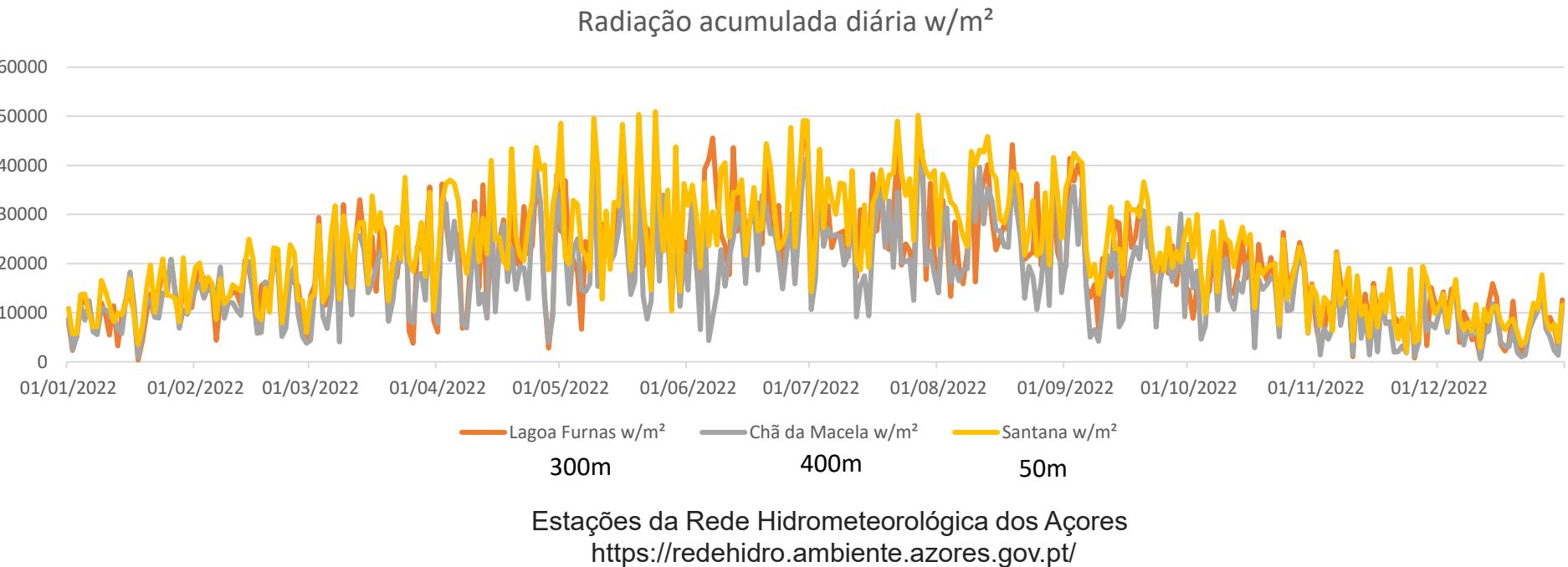
Paulo Franco

### Controlar Ganhos solares;

- Estratégia para maximizar no Inverno;
  - Vidro incolor
  - Exposição quadrante sul
- Estratégia para reduzir ganhos no verão;
  - Sombreamento dos vãos envidraçados por elementos fixos;
  - Proteções solares móveis;
  - Elementos vegetais como sombreamento;
- *Ter em atenção ao sobreaquecimento a meia estação;*
- *Mesmo na estação de aquecimento pode haver sobreaquecimento;*
- *Também há ganhos pela envolvente opaca;*

23/11/2023

Paulo Franco



- Uma estratégia para o verão e uma para o inverno?
- Ter em atenção ao sobreaquecimento a meia estação;
- Mesmo na estação de aquecimento pode haver sobreaquecimento;

23/11/2023

Paulo Franco

### Fator Solar:

Fração da radiação solar incidente que é transmitida de forma direta ou indireta para o interior.

-Valores tabelados;

-Ficha técnica dos fabricantes;

-Ferramentas de cálculo:

- Calumen (SGG)- <https://calumen.com>
- Vitrochaves- [https://www.vitrochaves.com/?page\\_id=901](https://www.vitrochaves.com/?page_id=901)
- Outras

Vidro duplo (exterior + interior)	
Incolor 4 a 8 mm + Incolor 4 mm	0,78
Incolor 4 a 8 mm + Incolor 5 mm	0,75
Colorido na massa 4 mm + Incolor	0,60
Colorido na massa 5 mm + Incolor	0,55
Colorido na massa 6 mm + Incolor	0,50
Colorido na massa 8 mm + Incolor	0,45
Refletante incolor + Incolor	0,52
Refletante colorido na massa 4 a 5 mm + Incolor	0,40
Refletante colorido na massa 6 a 8 mm + Incolor	0,35

### Limites do fator solar (verão)

Inércia fraca obriga a limites muito reduzidos;

Área dos vãos:

-menor que 5% da área do compartimento:

-Sem requisitos;

-maior de 15% da área do compartimento:

-Requisitos são agravados progressivamente;

-sem requisitos quando orientados a norte;

Fatores solares máximos admissíveis de vãos envidraçados,  $g_{T_{máx}}$

$g_{T_{máx}}$	Zona climática		
	V1	V2	V3
Classe de Inércia			
Fraca	0,15	0,10	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Contributo de sombreamentos (fator de sombreamento) e de proteções solares é considerado para verificação do limite regulamentar

- RGEU impõe área de vãos superior a 10% da área em compartimentos habitáveis;

23/11/2023

Paulo Franco

### Fator solar (inverno)

Sombreamentos são considerados;  
Proteções móveis não estão ativadas;

Ganhos são afetados pelo fator de utilização dos ganhos térmicos;  
- calculado com base na inércia térmica do edifício;

- *Sombreamentos no horizonte afetam especialmente os ganhos no inverno;*
- *No edifício de referência só é considerada a área de vãos envidraçados até 20% da área de compartimentos habitáveis;*

### - Proteções solares:

- Interior;

- Exterior;

- Utilizar vegetação como sombreamento;

- Latada / pérgola;

- Árvores de folha caduca;

Tipo de Proteção		$g_{Tvc}$					
		Vidro Simples			Vidros Duplos		
		Clara	Média	Escura	Clara	Média	Escura
Proteções exteriores	Portada de madeira	0,04	0,07	0,09	0,03	0,05	0,06
	Persiana de régulas de madeira	0,05	0,08	0,10	0,04	0,05	0,07
	Persiana de régulas metálicas ou plásticas	0,07	0,10	0,13	0,04	0,07	0,09
	Estore veneziano de lâminas de madeira	-	0,11	-	-	0,08	-
	Estore veneziano de lâminas metálicas	-	0,14	-	-	0,09	-
	Lona opaca	0,07	0,09	0,12	0,04	0,06	0,08
	Lona pouco transparente	0,14	0,17	0,19	0,10	0,12	0,14
	Lona muito transparente	0,21	0,23	0,25	0,16	0,18	0,2
Proteções interiores	Estores de lâminas	0,45	0,56	0,65	0,47	0,59	0,69
	Cortinas opacas	0,33	0,44	0,54	0,37	0,46	0,55
	Cortinas ligeiramente transparentes	0,36	0,46	0,56	0,38	0,47	0,56
	Cortinas transparentes	0,38	0,48	0,58	0,39	0,48	0,58
	Cortinas muito transparentes	0,70	-	-	0,63	-	-
	Portadas opacas	0,30	0,40	0,50	0,35	0,46	0,58
	Persianas	0,35	0,45	0,57	0,40	0,55	0,65
	Proteção entre dois vidros: estore veneziano, lâminas delgadas	-	-	-	0,28	0,34	0,40

- Vãos de grandes dimensões inviabilizam a utilização de proteções exteriores;
- Eficácia de proteções solares móveis depende de adequado acionamento pelo utilizador;

# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

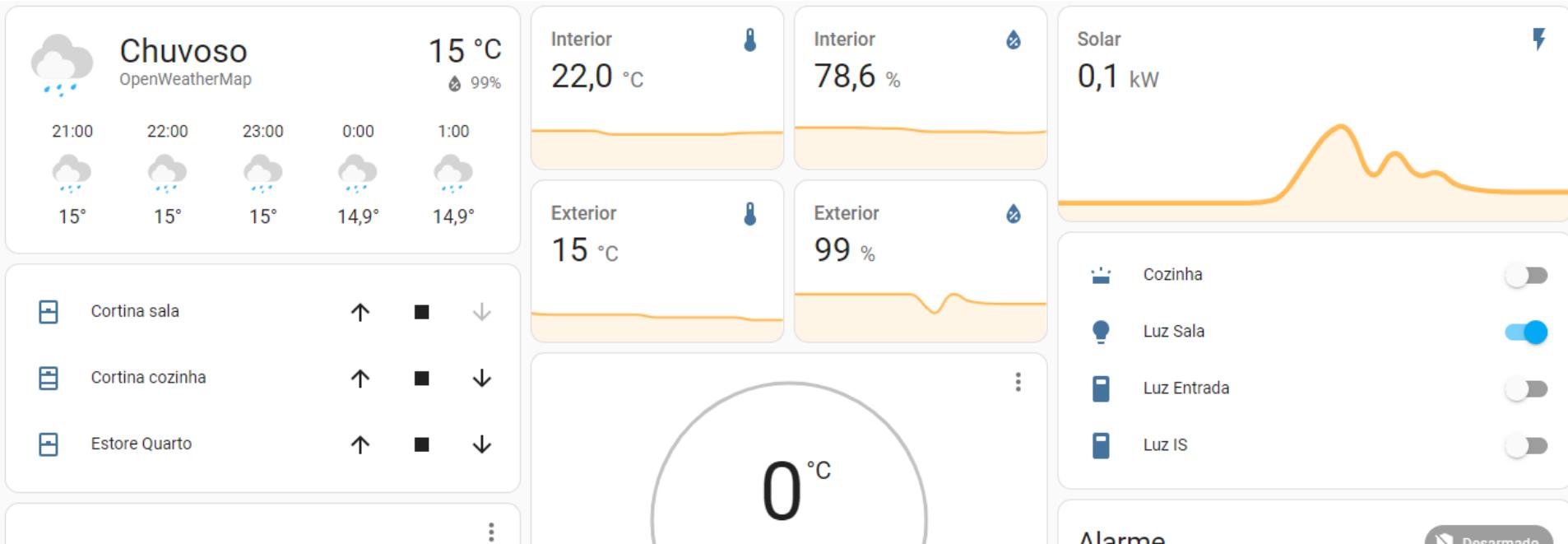
## FORMAÇÃO (B-LEARNING)



23/11/2023

Paulo Franco

### - Automatização:



- Programação difícil para utilizador comum;
- Falta de interoperabilidade entre diferentes protocolos;
- Faltam empresas especializadas em desenhar e programar cenários para soluções passivas;

23/11/2023

Paulo Franco

### Vistas vs. exposição solar

- Ex. Encostas a norte;
  - Vãos a norte representam apenas perdas no inverno;
  - Dispositivo de oclusão noturna ajuda a reduzir as perdas;
  - Mesmo nos vãos a norte podem existir ganhos indesejados no verão;
- Ex. Encostas nascente / poente;
  - Vãos a nascente/poente representam ganhos indesejáveis no verão;
  - Proteções solares pelo interior dificilmente conseguem limitar os ganhos de forma eficaz;
  - Proteções solares pelo exterior podem permitir controlar os ganhos, mas anulam as vistas;



23/11/2023

### Estratégias de ventilação:

-Desde 1951 o RGEU obriga à ventilação transversal da habitação:

#### **Artigo 72.º**

Deverá ficar assegurada a ventilação transversal do conjunto de cada habitação, em regra por meio de janelas dispostas em duas fachadas opostas.

-No RCCTE DL 80/2006 era assumido o mínimo de 0,6 no cálculo sem impor a verificação;

b) A taxa de referência para a renovação do ar, para garantia da qualidade do ar interior, é de 0,6 renovações por hora, devendo as soluções construtivas adoptadas para o edifício ou fração autónoma, dotados ou não de sistemas mecânicos de ventilação, garantir a satisfação desse valor sob condições médias de funcionamento;

-As perdas por ventilação eram demasiado penalizadas no cálculo, obrigando à utilização de caixilharias elevada permeabilidade ao ar;

- Era promovida a criação de um ambiente estanque na habitação.

### Ventilação natural:

-Nos Açores, só a partir de 2016 com o Decreto Legislativo Regional n.º 4/2016/A, de 2 de fevereiro (aplica à região o Decreto-Lei n.º 118/2013, de 20 de agosto) passou a estar prevista a verificação de requisitos mínimos de ventilação:

- Obrigatório garantir um caudal de ar novo mínimo de 0,4 rph em habitação;
- Ventilação mecânica de funcionamento permanente;

ou

- Ventilação natural;
  - entrada através de grelhas fixas ou autoreguláveis na fachada;
  - saída por extração nas IS e cozinha;

*-Contributo da abertura de vãos não é considerado;*

*-A ventilação é determinante para garantir o conforto higrotérmico;*

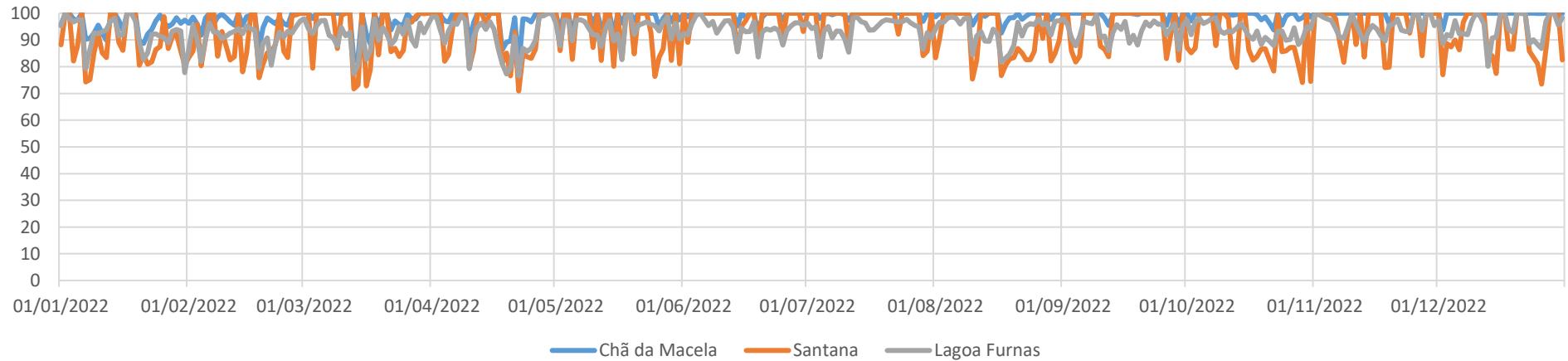
23/11/2023

Paulo Franco

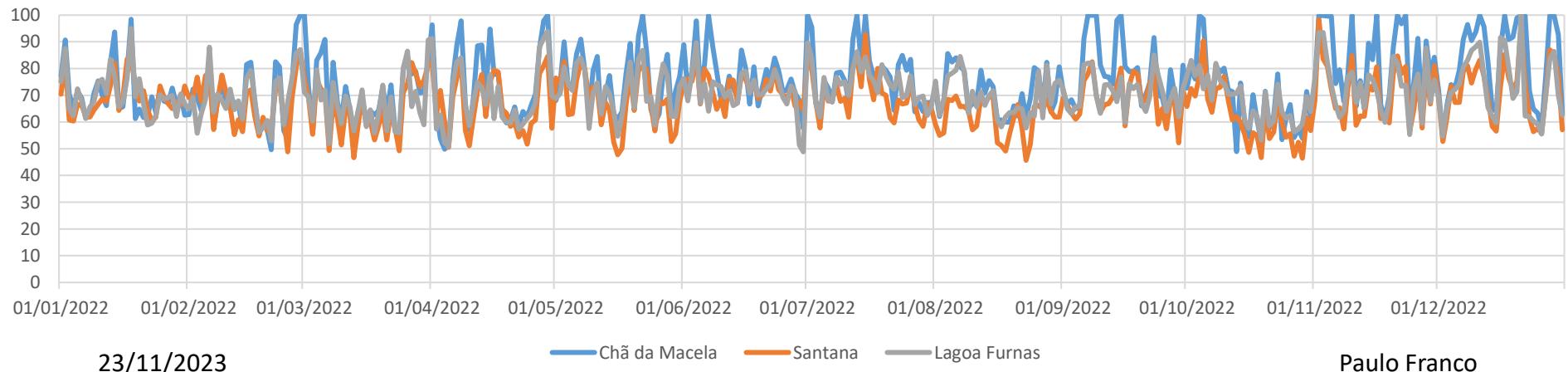
# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)

Humidade relativa máxima diária (%) - Ano 2022



Humidade relativa (%) - mínimos diários - Ano 2022



23/11/2023

Paulo Franco

### Contribuem para aumentar os níveis de humidade:

- Ocupantes (respiração e transpiração);
- Instalações sanitárias;
- Confeção de alimentos;
- Combustão do gás para confeção de alimentos ou aquecimento;
- Lavagem de roupa;
- Secagem de roupa no interior;
- Infiltrações;
- Capilaridade;
- Deficiente ventilação;

### Garantir no projeto:

Saída de ar nas IS;

Exaustão adequada na Cozinha;

Separação de lavandaria;

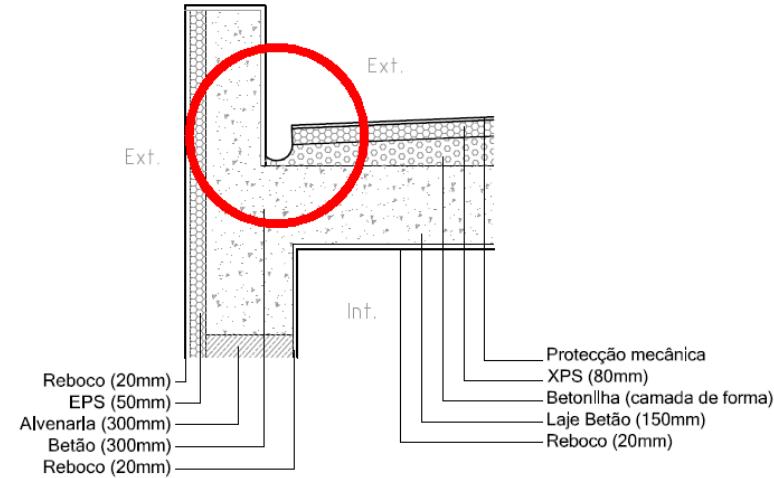
Local para secagem de roupa fora do fogo;

Adequado tratamento de pontes térmicas;

Adequado tratamento dos pontos críticos das coberturas e caleiras;

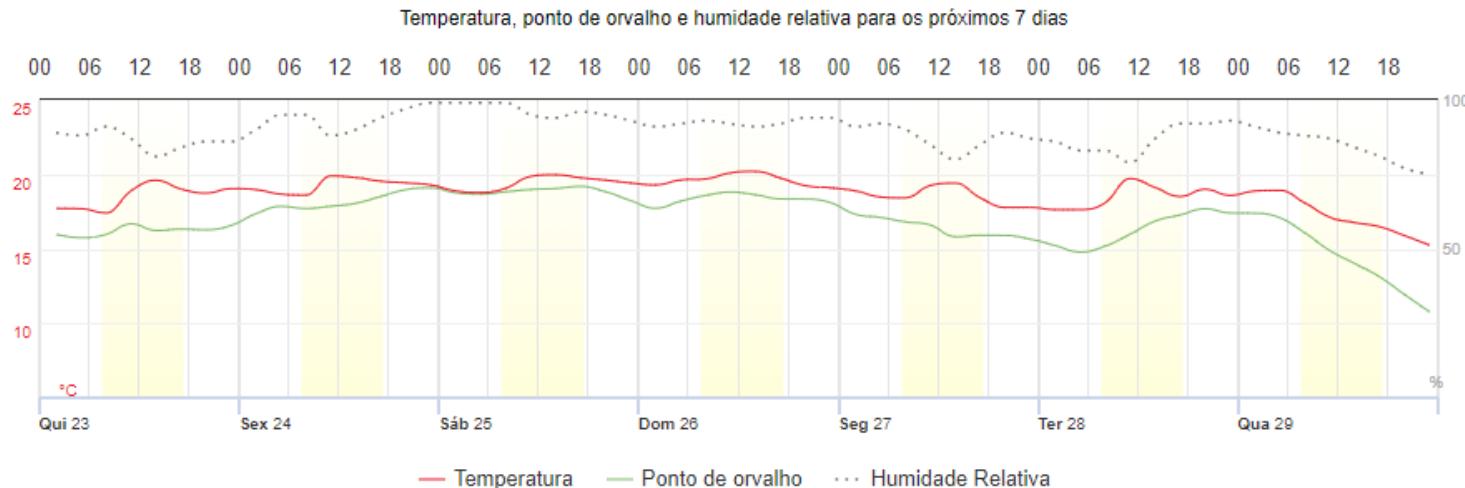
Solução construtiva adequada para o piso térreo;

Ventilação natural transversal dos compartimentos;



### Condensações:

- Quando inevitáveis, vão acontecer nas superfícies mais frias;
- É desejável que o elo mais fraco sejam os envidraçados verticais;
- Soleiras de condensação nos envidraçados verticais;



- Ter especial atenção com os envidraçados horizontais;
- As caixas de ar de paredes duplas devem prever drenagem de condensações;

23/11/2023

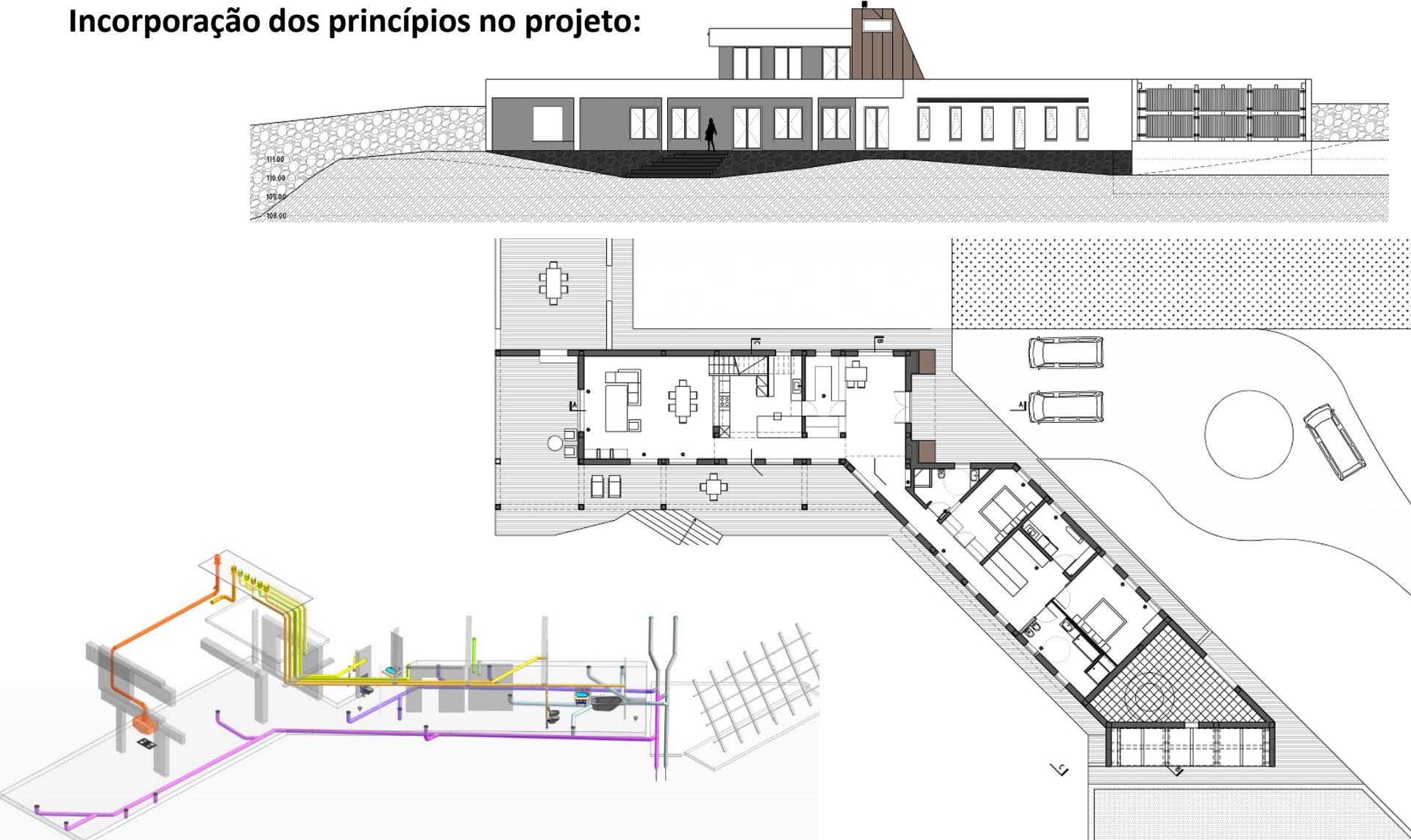
Paulo Franco

# ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NOS AÇORES

## FORMAÇÃO (B-LEARNING)



Incorporação dos princípios no projeto:



Obrigado