

As medidas passivas para a Eficiência Energética dos condomínios

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Vasco Peixoto de Freitas

Professor Catedrático da FEUP - Consultor

XI Semana da Reabilitação Urbana de Lisboa

LX Factory - 9 . abril . 2024

Sumário

1. Edifícios de Condomínio

2. Eficiência Energética

Contributo para a descarbonização

3. Medidas Passivas

4. Análise técnico-económica

5. Conclusão

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

1.

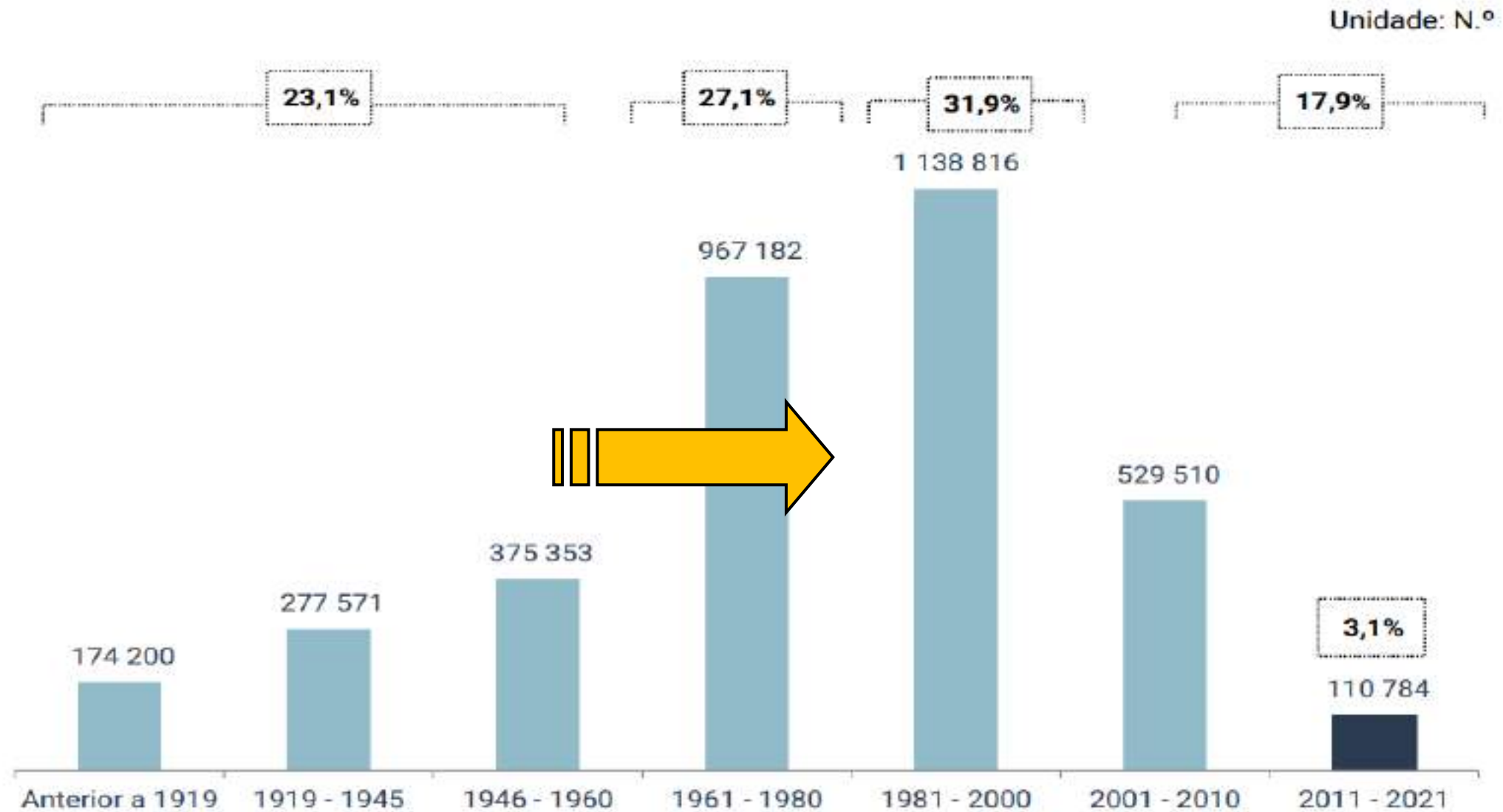
Edifícios de Condomínio

Edifícios

Censos 2021



Edifícios clássicos por época de construção, Censos 2021



Edifícios de Condomínio



ELPRE

Estratégia a Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios

Investimento de 110 078 milhões de euros
setor residencial (VAÇORES DE 2021)

Edifícios Residenciais	2030	2040	2050
% Poupança Energia Primária	15%	37%	40%
% Energia Renovável Local	10%	35%	73%
% Energia Renovável Total (Local + Fonte)	57%	62%	98%
% Redução Emissões CO ₂	16%	56%	85%
Edifícios Reabilitados (m ²)	299 524 729	513 059 967	514 265 282
% Edifícios Reabilitados	70%	100%	100%
% Redução Horas desconforto	26%	34%	56%
Investimento (€ ₂₀₂₀ /m ²)	82	168	259
Poupança (€ ₂₀₂₀ /m ²)	88	189	277



Quem paga? Como se intervém?



2.

Eficiência Energética

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

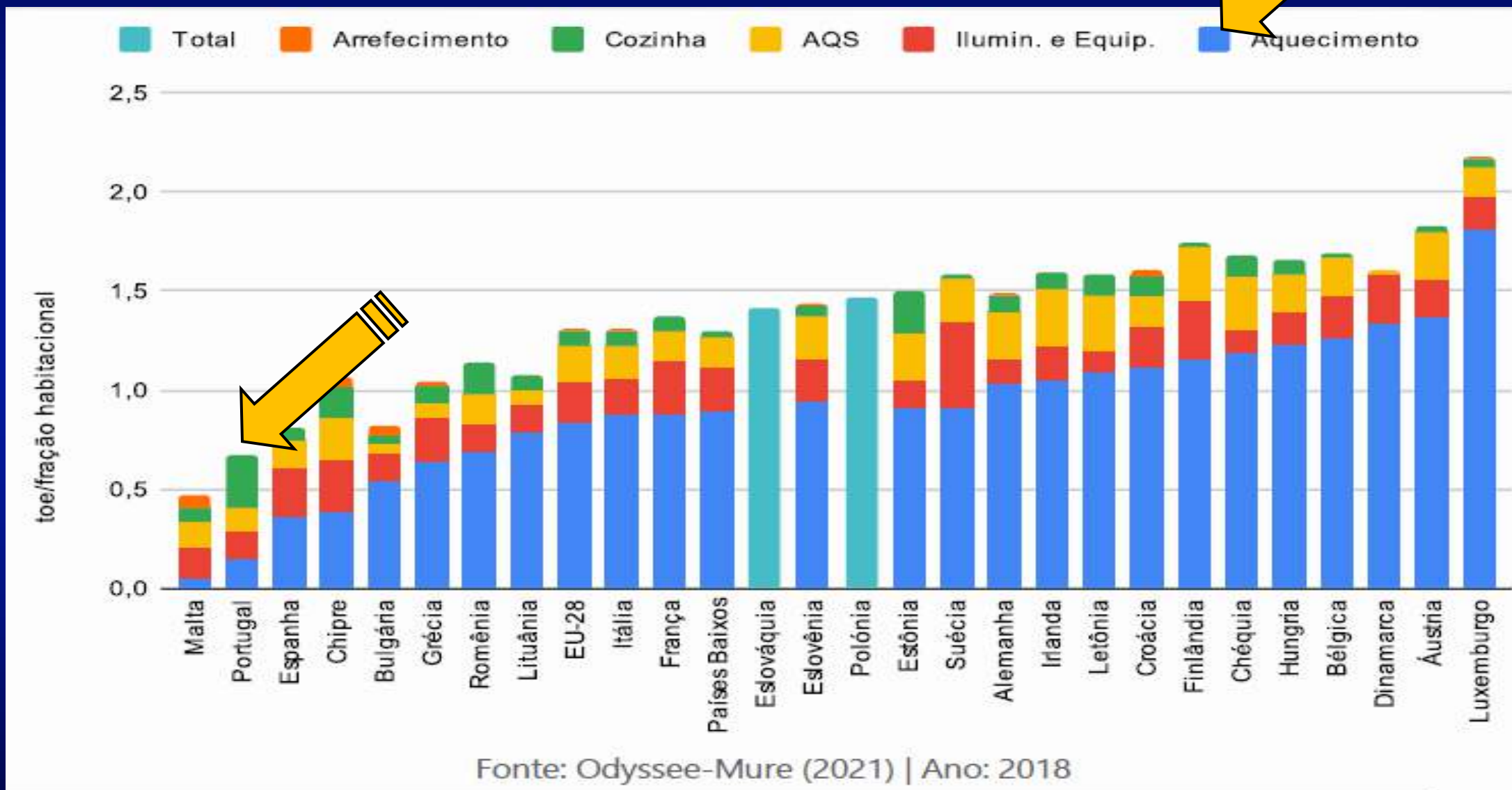


CONSTRUCT



LFC

Consumo de energia - Portugal vs. Europe



Saúde (Humidade) ?



U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Contributo para a descarbonização

3.

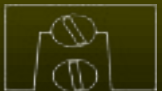
Medidas Passivas

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT

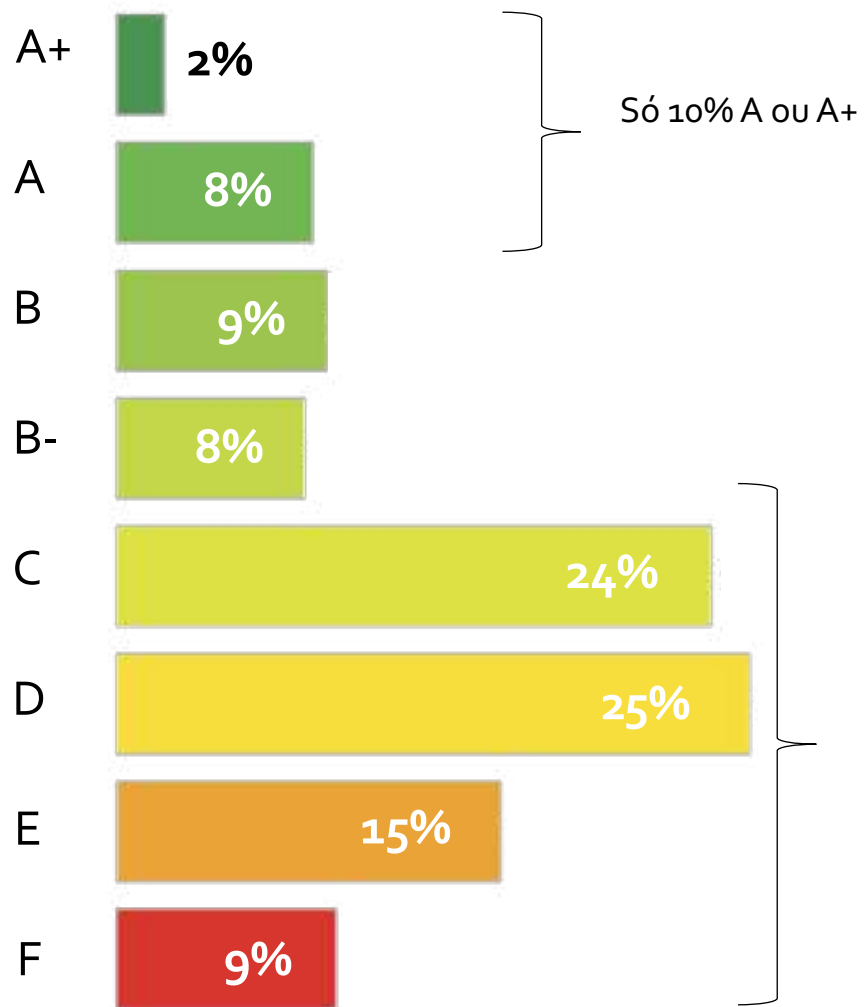


LFC

ADENE - OPORTUNIDADES

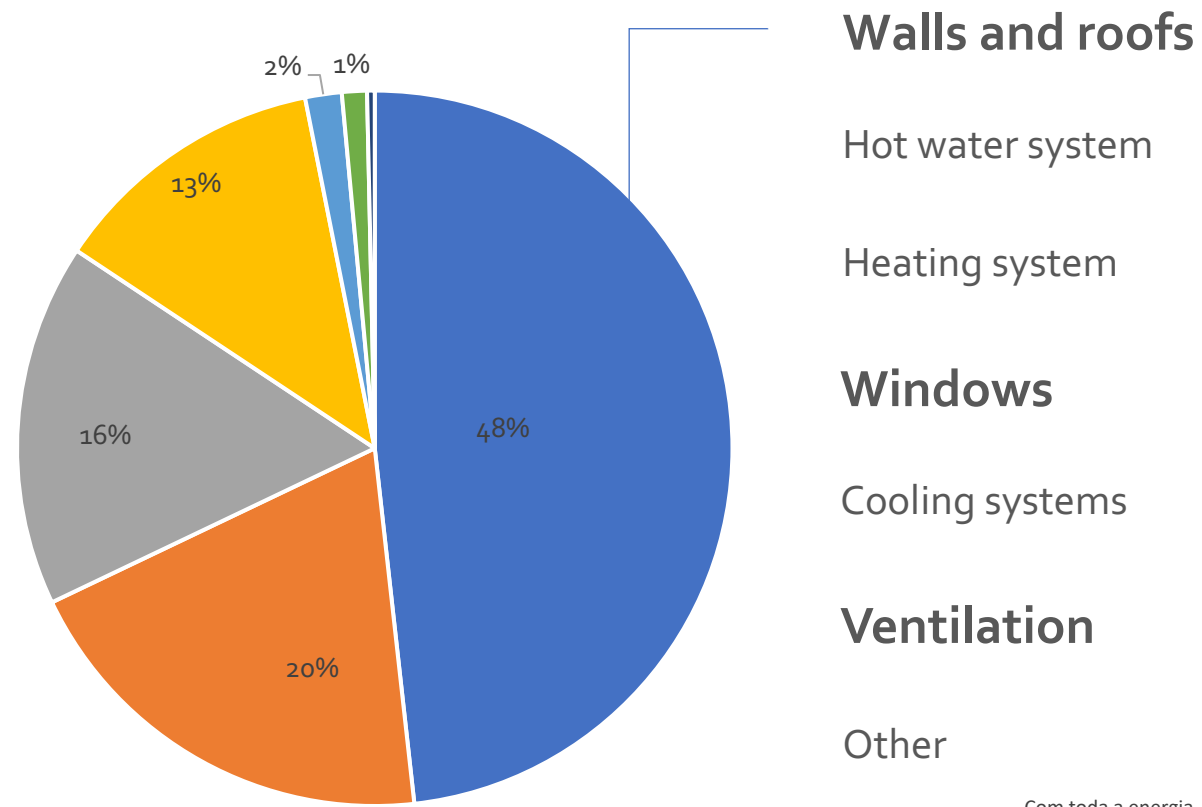
CLASSE ENERGÉTICA

(SCE, 2019)



Medidas Identificadas

(SCE, 2019)



Com toda a energia.

U - Isolamento Térmico (conservar energia)

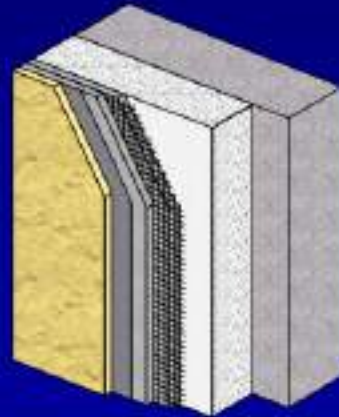


FACHADAS

ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR

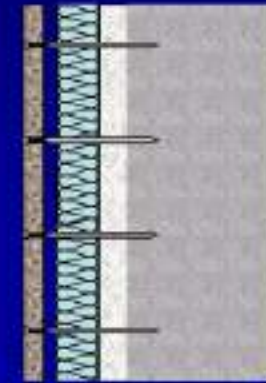
ETICS

PTP.S1



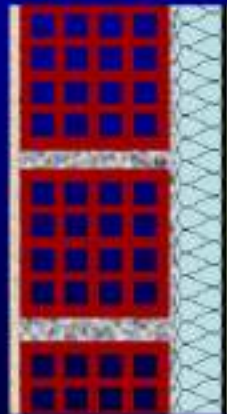
FACHADA VENTILADA

PTP.S2



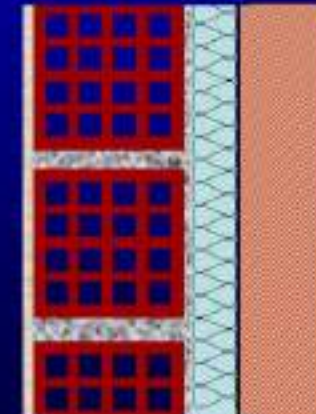
ISOLAMENTO TÉRMICO PELO INTERIOR

PTP.S3

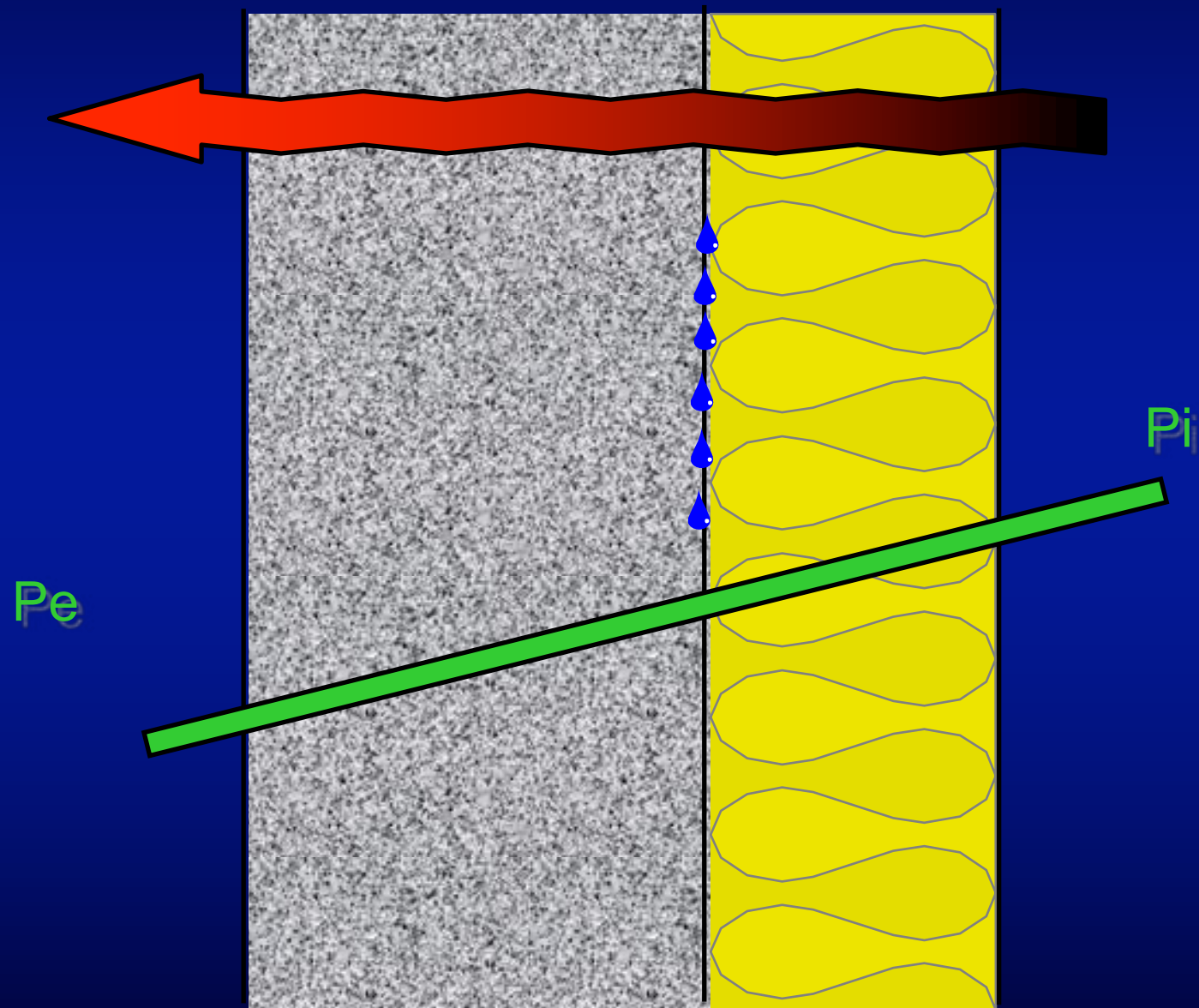


ISOLAMENTO TÉRMICO - FORRA PESADA

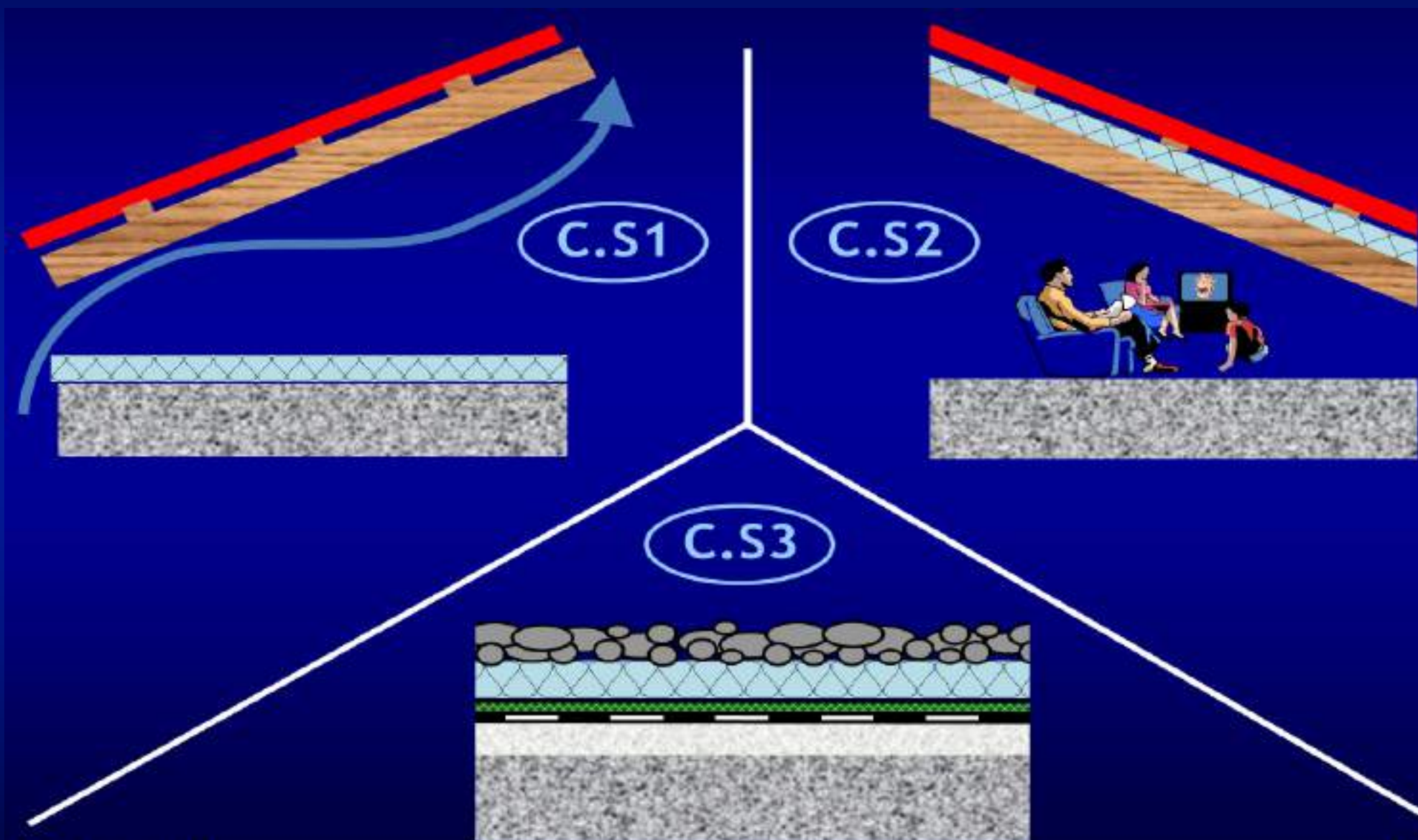
PTP.S4



Isolamento pelo interior – Risco de Condensações

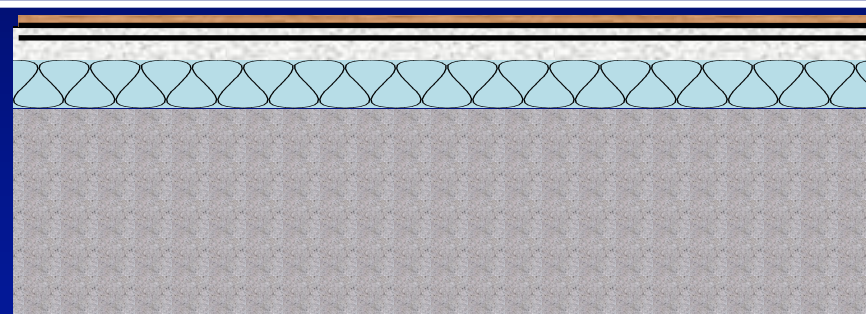


COBERTURAS

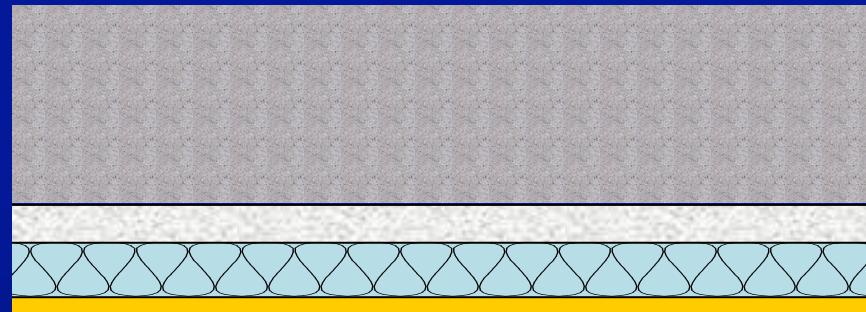


PAVIMENTOS

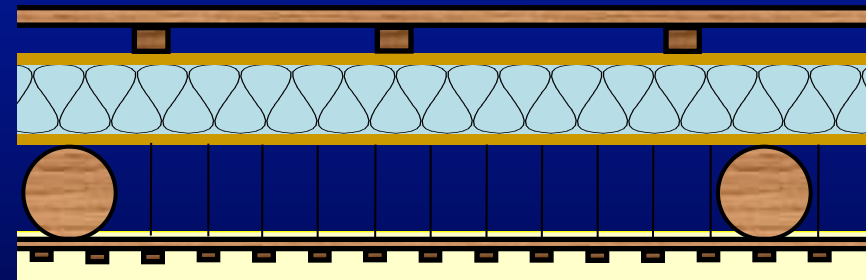
PAV.S1



PAV.S2



PAV.S3



VÃOS ENVIDRAÇADOS



U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Isolamento – Permeabilidade – ventilação

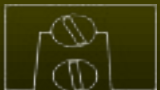


U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

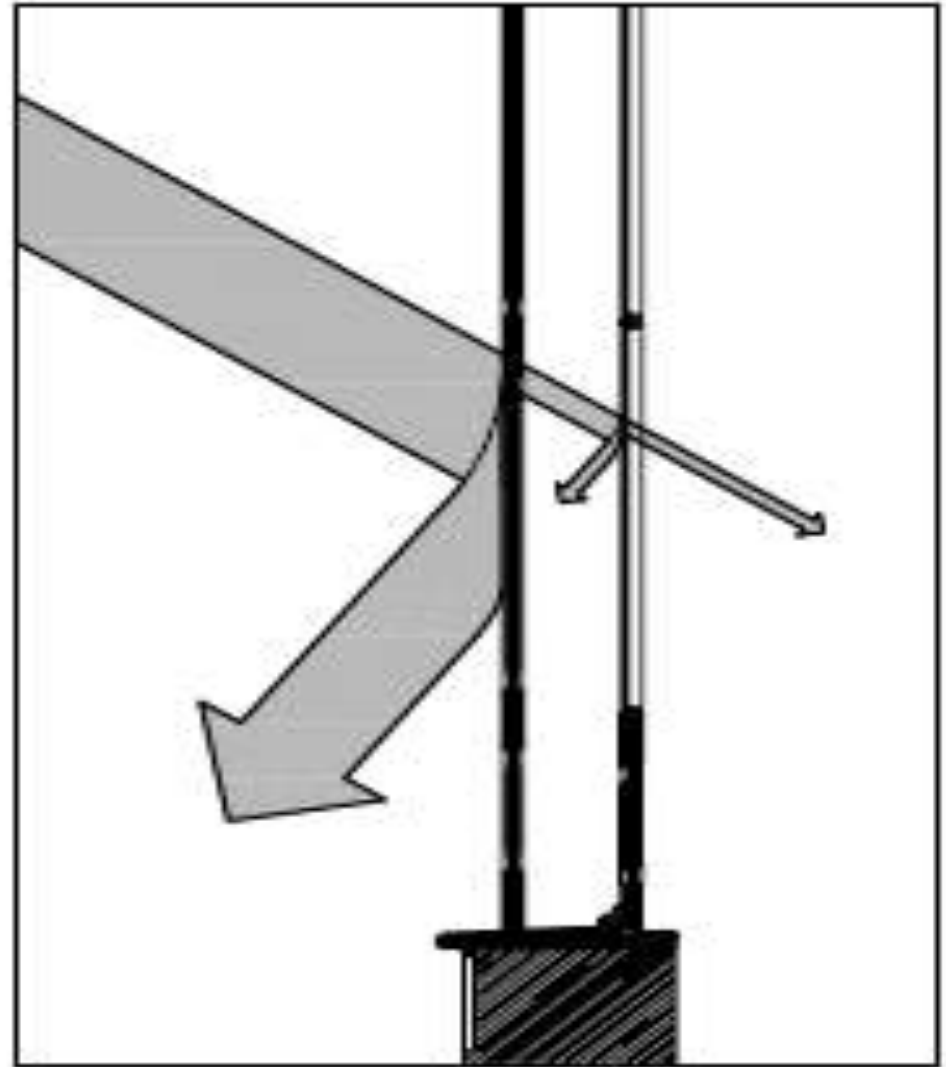
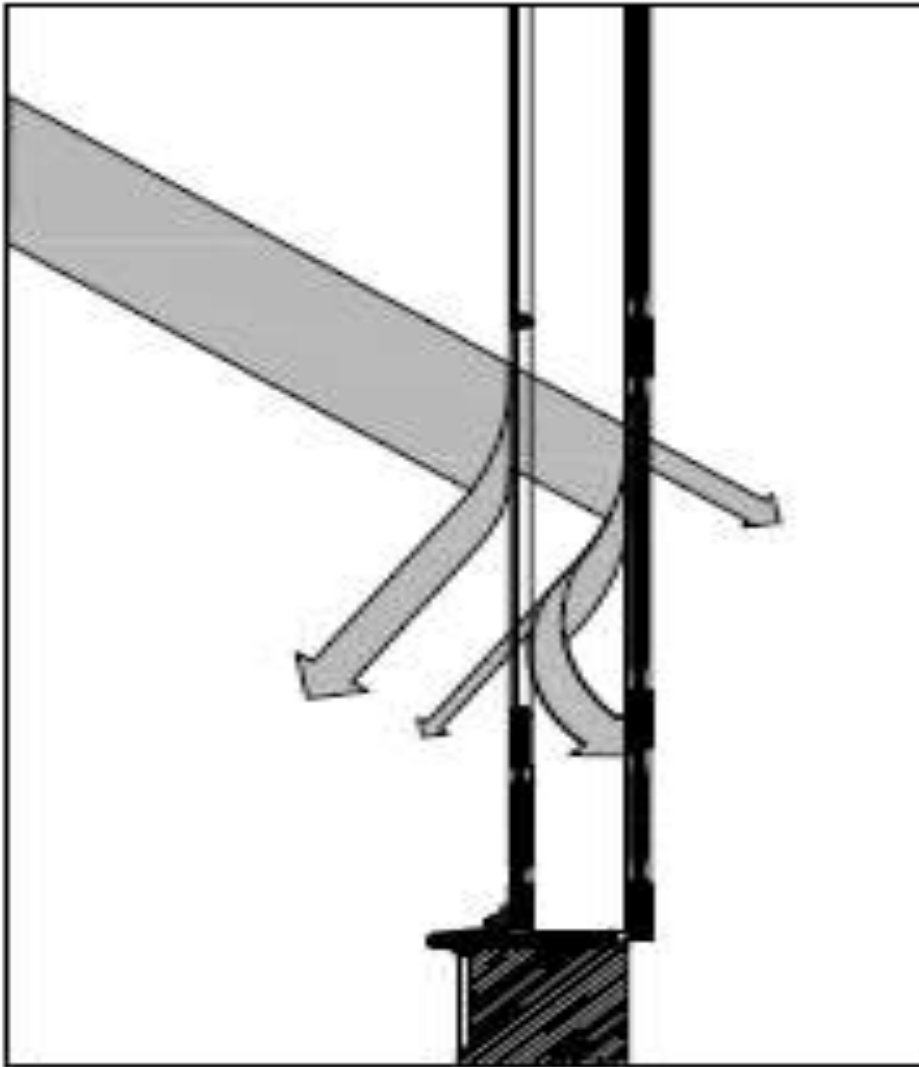


CONSTRUCT



LFC

Proteção solar pelo exterior - VERÃO



Estratégia passiva...

Inércia Térmica

Estratégia passiva...

Ventilação

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

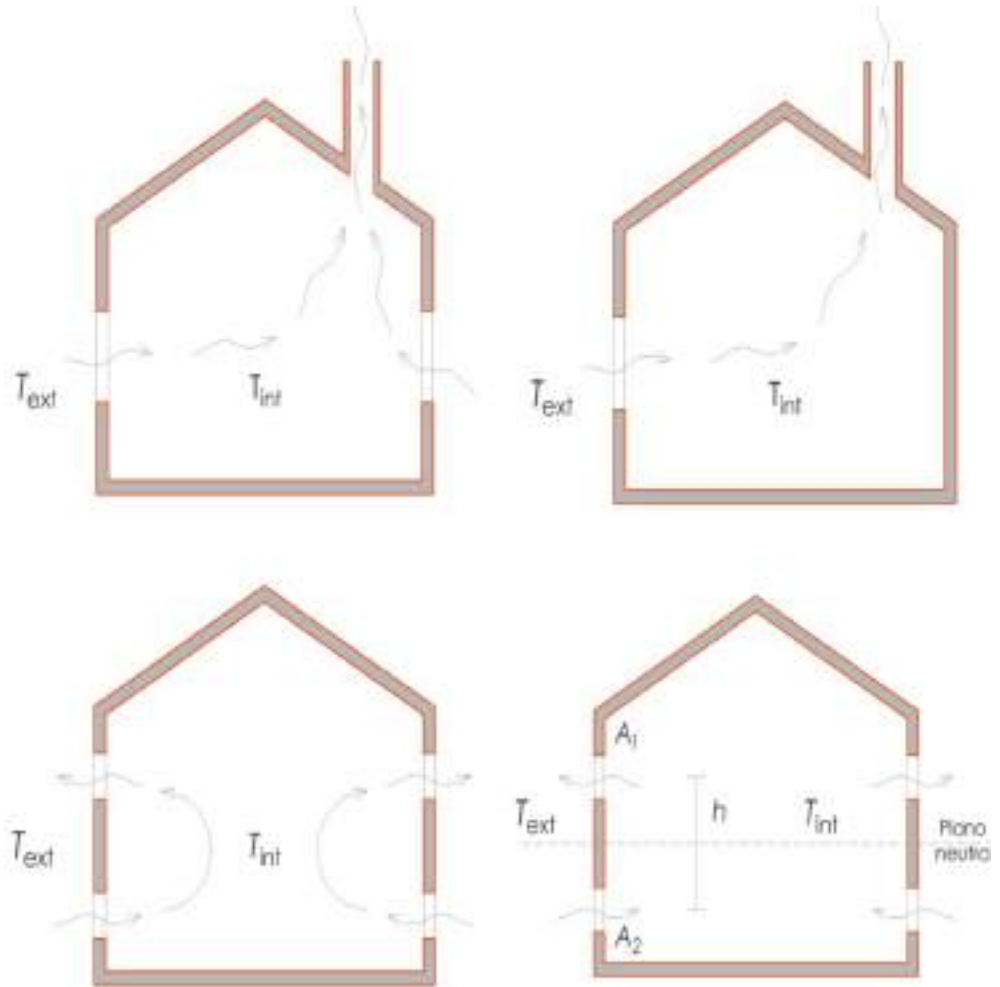


CONSTRUCT

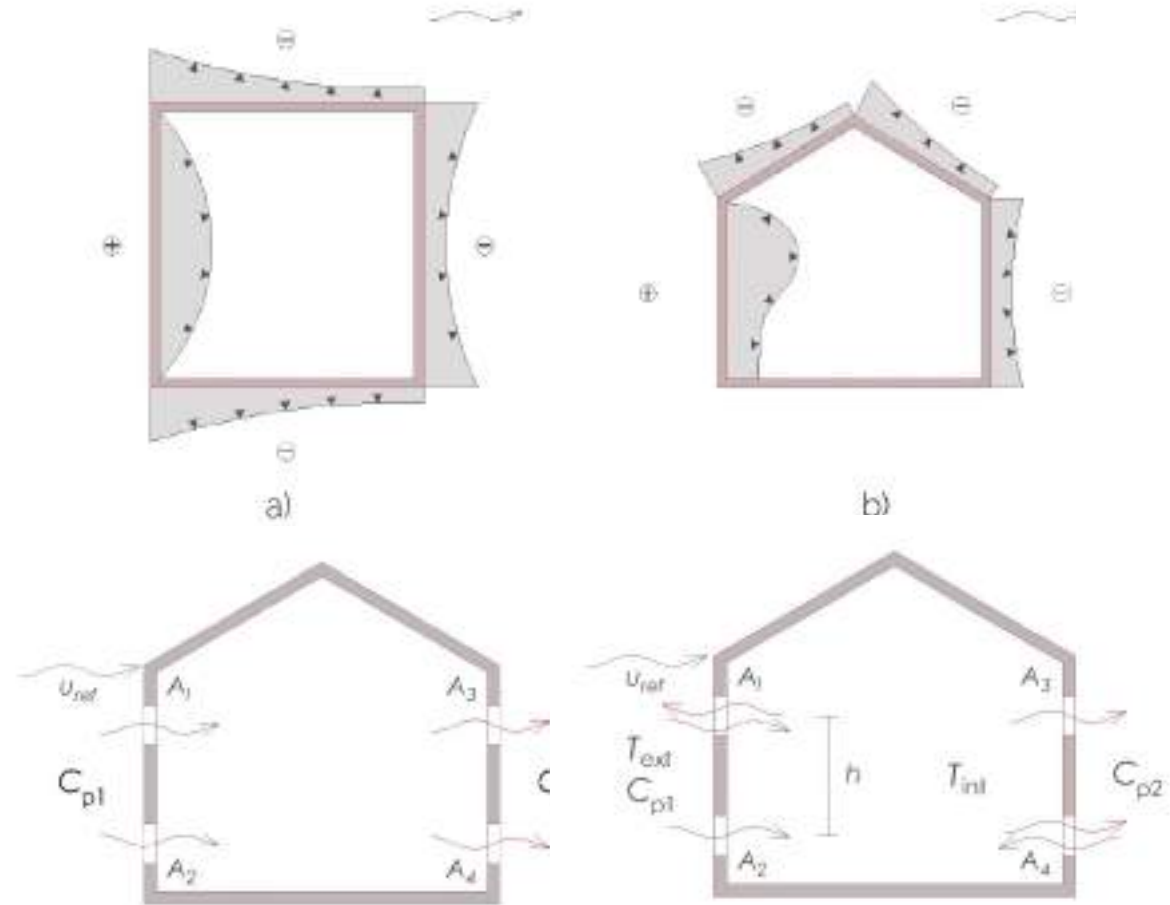


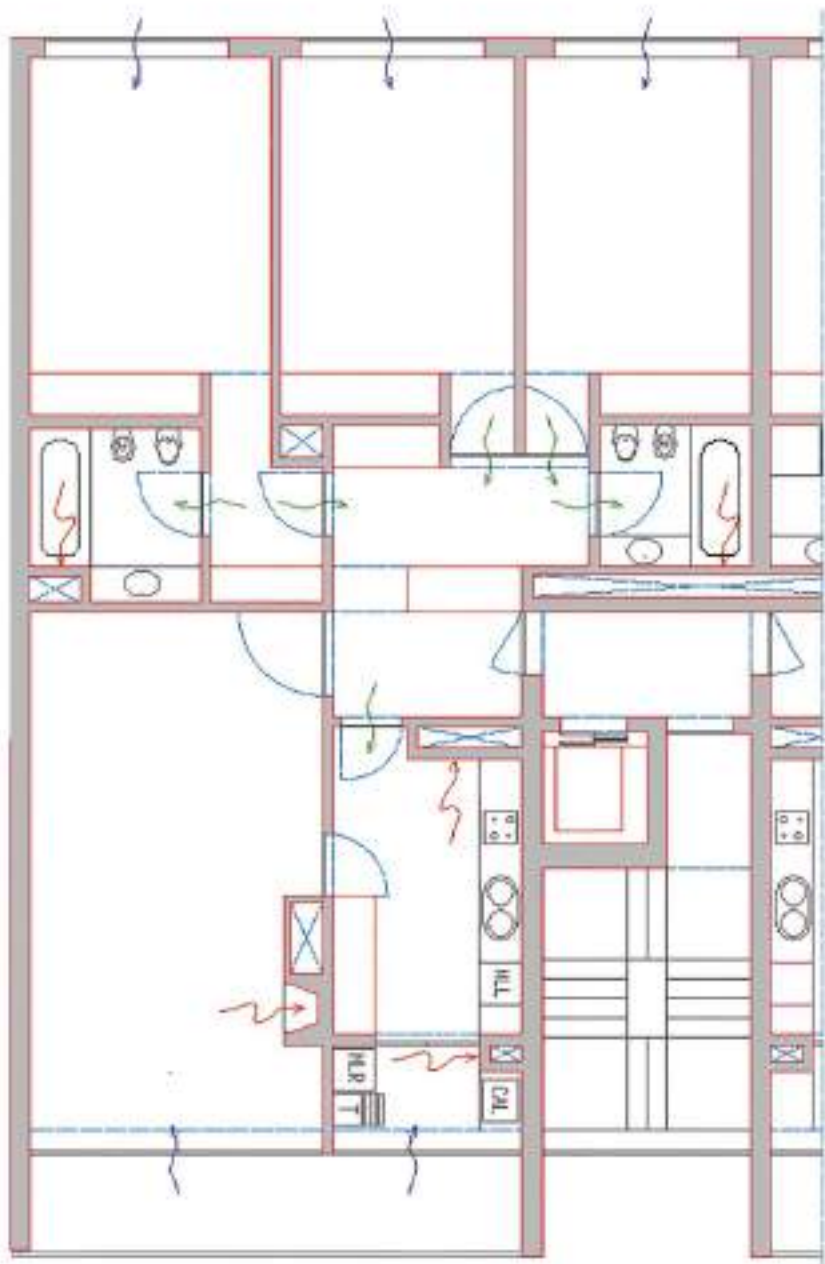
LFC

Otimizar a ventilação natural



Efeito térmico ...ação do vento...





Admissão..
Extração...

Verão:
Ventilação
noturna

4.

Análise técnico-económica

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

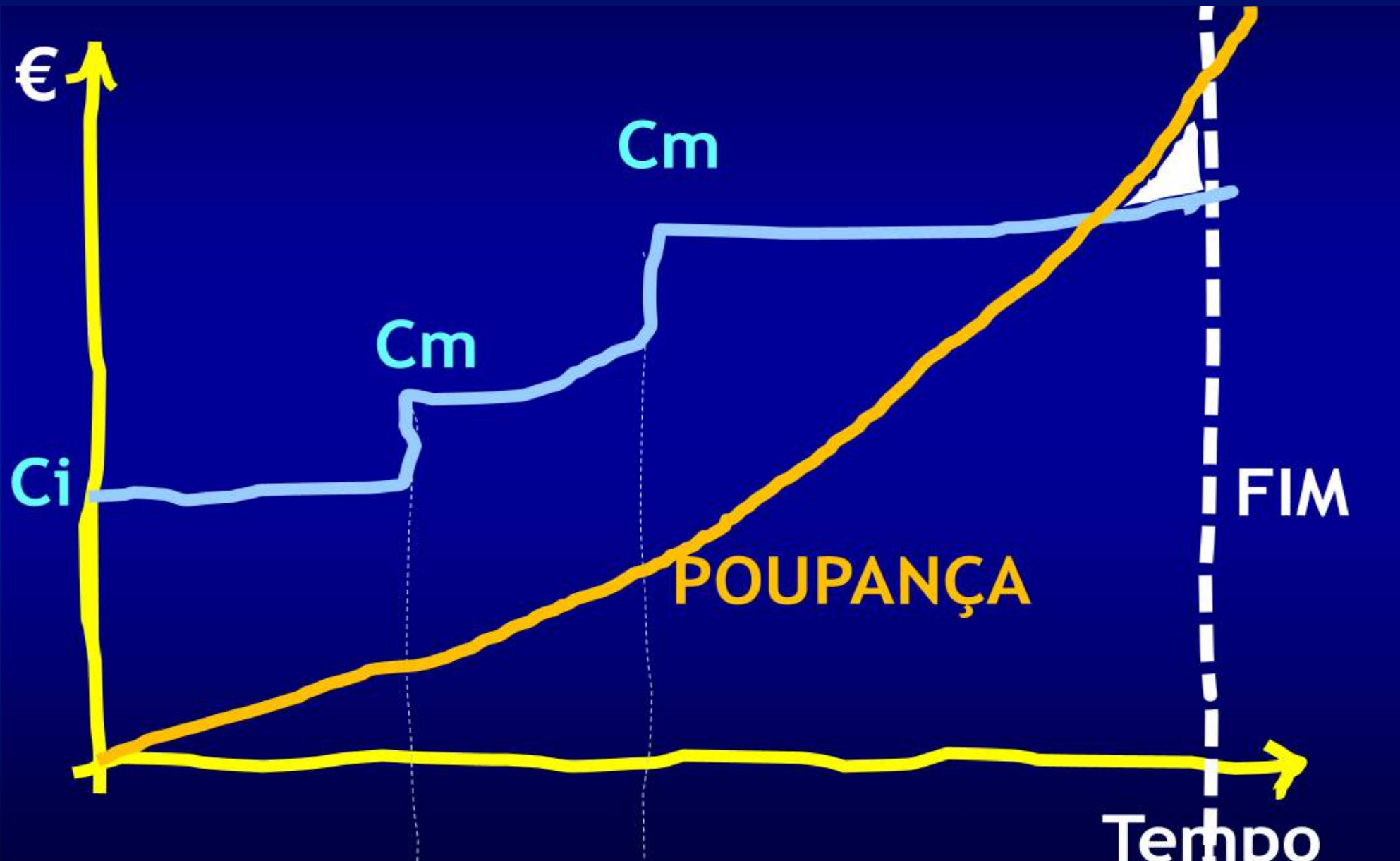


CONSTRUCT



LFC

Cálculo do retorno do investimento



U. PORTO
FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



FÍSICA DAS
CONSTRUÇÕES

OPTITERM / FC - 2023

REABILITAÇÃO TÉRMICA DA ENVOLVENTE DE EDIFÍCIOS

ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA

 NOVA SIMULAÇÃO

 EXECUTAR SIMULAÇÃO

 MANUAL OPTITERM

<https://www.optiterm-lfc.com>

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text"/>	Anos	15 Ano(s) 	
Concelho:	Porto 	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	24 	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text"/>	
Tipo de elemento:	Parede Exterior 	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Porto"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Parede Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA SIMULAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Parede Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa de Capitalização média [%]:	<input type="text"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA



U_r [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Ext"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_r [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	 URIBOR
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>
Graus-dias/Zona:		Varição Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text"/>
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text" value="0.25"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Varição Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text" value="0.25"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text" value="50"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 NOVA SIMULAÇÃO

 EXECUTAR SIMULAÇÃO

 MANUAL OPTITERM

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m] :	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s) v"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa v"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24 v"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior v"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text" value="0.25"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text" value="50"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_r [W/(m².°C)]:

 **NOVA SIMULAÇÃO**

 **EXECUTAR SIMULAÇÃO**

 **MANUAL OPTITERM**

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m] :	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>	
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>	
Nuts III:		Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>	
Graus-dias/Zona:		Variação Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>	
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text" value="0.25"/>	
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text" value="50"/>	

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m².°C)]:

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m².°C)]:

 NOVA SIMULAÇÃO

 EXECUTAR SIMULAÇÃO

 MANUAL OPTITERM

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text" value="3"/>
Nuts III:	<input type="text" value="Grande Lisboa"/>	Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="24"/>
Graus-dias/Zona:	<input type="text" value="11"/> <input type="text" value="971"/>	Variação Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text" value="0.25"/>
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text" value="50"/>

 EXECUTAR SIMULAÇÃO

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m ² .°C)]:	<input type="text" value="2.0"/>
q_i [kWh/m ²]:	<input type="text" value="46.608"/>
Q_i [kWh]:	<input type="text" value="5592.96"/>

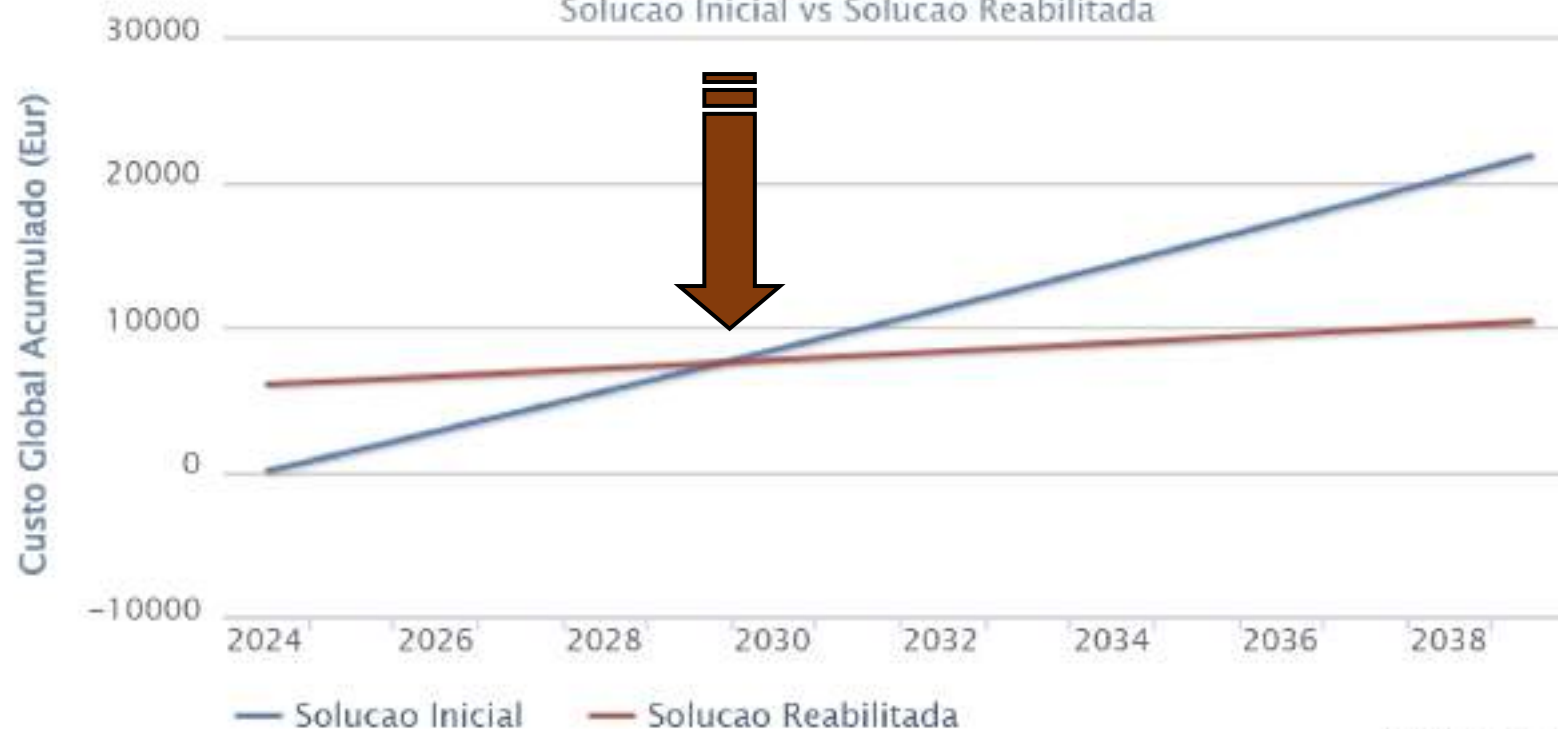
SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m ² .°C)]:	<input type="text" value="0.4"/>
q_f [kWh/m ²]:	<input type="text" value="9.3216"/>
Q_f [kWh]:	<input type="text" value="1118.592"/>

U_{Max} :

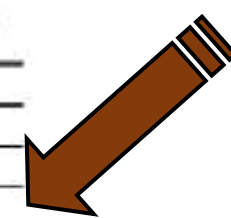
SOLUÇÃO INICIAL		SOLUÇÃO REABILITADA	
U_i [W/(m ² .°C)]:	2.0	U_f [W/(m ² .°C)]:	0.4
q_i [kWh/m ²]:	46.608	q_f [kWh/m ²]:	9.3216
Q_i [kWh]:	5592.96	Q_f [kWh]:	1118.592
		U_{Max} :	0.4

Análise Técnica-Económica
Solução Inicial vs Solução Reabilitada



www.optiterm-lfc.com

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÓMICA DA MEDIDA DE MELHORIA						
U_f [W/m ² .°C]	Poupança Anual [€]	Custo do Investimento [€]	Período de retorno [anos]	Benefício económico efectivo [€]		
				5 anos	10 anos	15 anos
0.4	1118.592	6000	6	-	5347	11445



 NOVA SIMULAÇÃO

 EXECUTAR SIMULAÇÃO

 MANUAL OPTITERM

DADOS GERAIS DA HABITAÇÃO E PRESSUPOSTOS ADMITIDOS

Altitude [m]:	<input type="text" value="50"/>	Anos	<input type="text" value="15 Ano(s)"/>
Concelho:	<input type="text" value="Lisboa"/>	Taxa Capitalização média [%]:	<input type="text"/>
Nuts III:	<input type="text" value="Grande Lisboa"/>	Horas de Aquecimento:	<input type="text" value="6"/>
Graus-dias/Zona:	<input type="text" value="11"/> <input type="text" value="971"/>	Variação Custo Energia [%]:	<input type="text" value="4"/>
Tipo de elemento:	<input type="text" value="Cobertura Exterior"/>	Custo Actual Energia [€/kWh]:	<input type="text" value="0.25"/>
Área elemento [m ²]:	<input type="text" value="120"/>	Custo Investimento [€/m ²]:	<input type="text" value="50"/>

 EXECUTAR SIMULAÇÃO

SOLUÇÃO INICIAL

U_i [W/(m ² .°C)]:	<input type="text" value="2.0"/>
q_i [kWh/m ²]:	<input type="text" value="11.652"/>
Q_i [kWh]:	<input type="text" value="1398.24"/>

SOLUÇÃO REABILITADA

U_f [W/(m ² .°C)]:	<input type="text" value="0.4"/>
q_f [kWh/m ²]:	<input type="text" value="2.3304"/>
Q_f [kWh]:	<input type="text" value="279.648"/>

U_{Max} :

EXECUTAR SIMULAÇÃO

SOLUÇÃO INICIAL		SOLUÇÃO REABILITADA	
U_i [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]:	2.0	U_r [$W/(m^2 \cdot ^\circ C)$]:	0.4
q_i [kWh/m^2]:	11.652	q_r [kWh/m^2]:	2.3304
Q_i [kWh]:	1398.24	Q_r [kWh]:	279.648
U_{Max} :		0.4	



www.optiterm-lfc.com

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÓMICA DA MEDIDA DE MELHORIA						
U_f [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]	Poupança Anual [€]	Custo do Investimento [€]	Período de retorno [anos]	Benefício económico efectivo [€]		
				5 anos	10 anos	15 anos
0.4	279.648	6000	0	-	-	-

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

5.

CONCLUSÃO

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC



Muito obrigado pela atenção dispensada...

U. PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO



CONSTRUCT



LFC

Vasco Peixoto de Freitas
vpfreita@fe.up.pt
vasco.freitas@vpfreitas.com