

Design Interior de Edifícios e Iluminação Eficiente

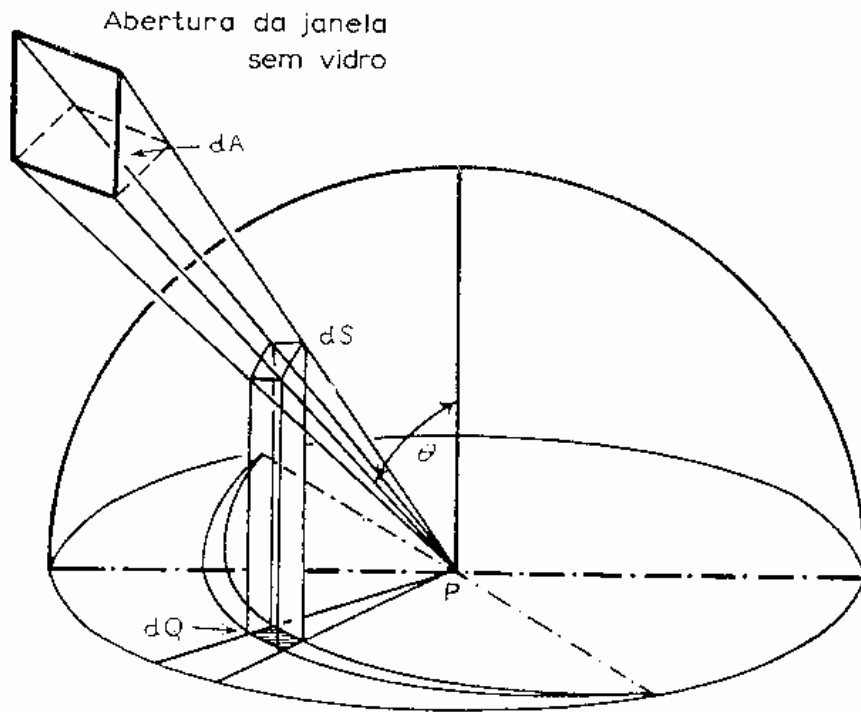
Rui Paz Rafael, Arq. / João Mariz Graça, Arq.

Convento de S. Francisco / Trabalho sobre sustentabilidade da construção
(Arq. Paula Laires)

Introdução

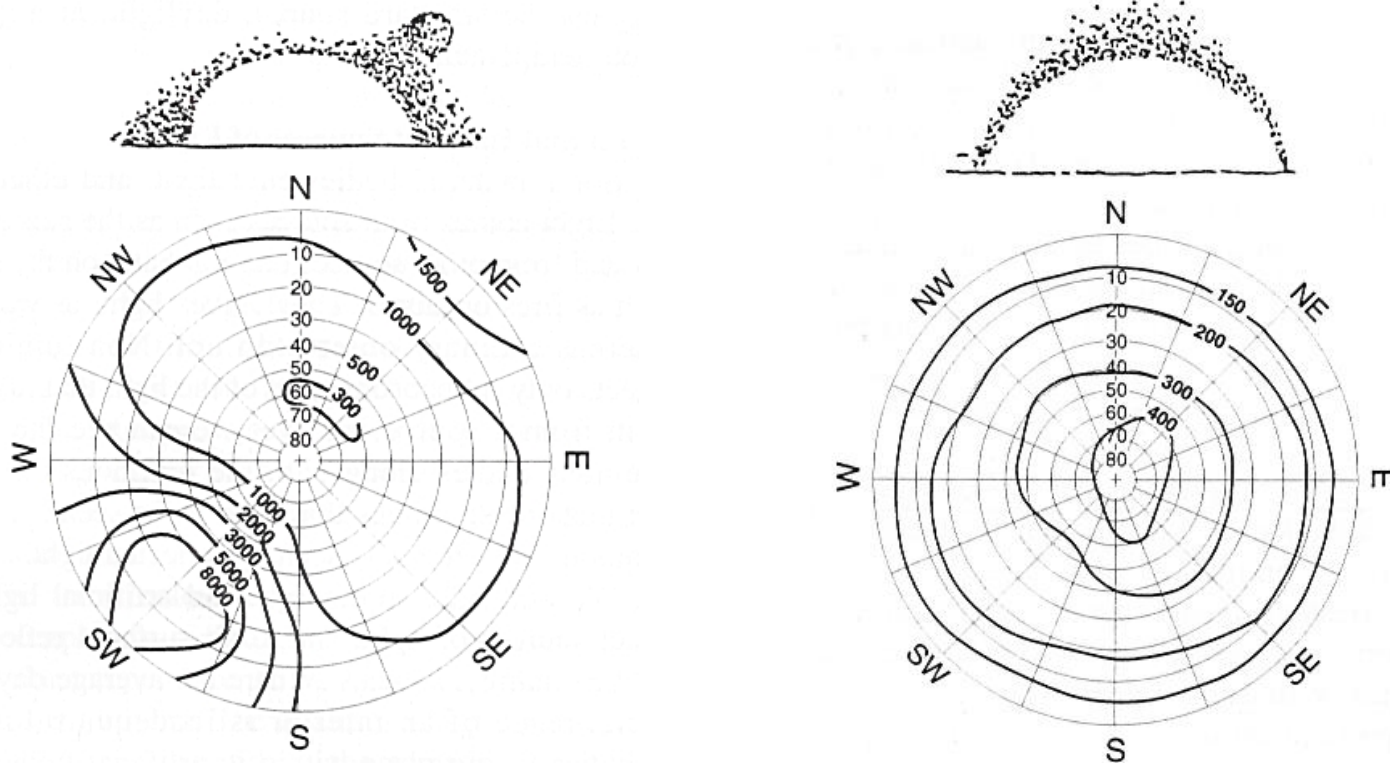
- ❑ Neste trabalho serão apresentados 2 estudos de caso em que se efectuaram considerações relativas ao bom desempenho energético, considerado em múltiplos aspectos.
- ❑ A Arquitectura tem um discurso (retórica) própria, que é independente das exigências funcionais dos espaços. Assim não se praticou, nos exemplos apresentados, uma arquitectura deduzida das exigências funcionais; a que chamaríamos Funcionalista.
- ❑ Porém, embora não se deduzam as formas das referidas exigências, há que respeitá-las de modo a que os espaços sejam confortáveis e acolhedores.
- ❑ Trata-se pois de validar as opções arquitectónicas escolhidas e evitar a ocorrência de alguns erros que podem subverter a qualidade da arquitectura.
- ❑ Esta validação, por vezes efectuada já depois do projecto concluído, é susceptível de fornecer regras de boa prática para utilização em projectos futuros.

Conceitos Básicos – Definições



- **Fluxo Luminoso** – Quantidade característica de fluxo radiante que exprime a sua capacidade de provocar uma sensação luminosa. Unidade de Fluxo Luminoso é o Lúmen – Fluxo Luminoso emitido por uma fonte pontual com intensidade luminosa uniforme de 1 candela sob um ângulo sólido unitário (1 steradiano);
- **Intensidade Luminosa** (num dado sentido) – Quociente do fluxo luminoso, emitido por uma fonte num cone infinitamente pequeno contendo o sentido referido, pelo ângulo sólido desse cone. A Unidade de Intensidade Luminosa é a Candela – o Padrão da Candela é o seguinte: a luminância do radiador integral, à temperatura de solidificação da platina ($2042^{\circ}\text{K} = 1769^{\circ}\text{C}$) é de $60 \text{ Candelas}/\text{cm}^2$.

Conceitos Básicos – Definições [2]



- **Luminância** (num ponto de uma superfície e num dado sentido) – Quociente da intensidade luminosa, no sentido dado, dum elemento infinitamente pequeno da superfície que contém o ponto considerado, pela área da projecção ortogonal desse elemento num plano perpendicular ao sentido acima referido. Unidade métrica de Luminância é a candela/m². Unidade não métrica foot-lambert.

Conceitos Básicos – definições [3]

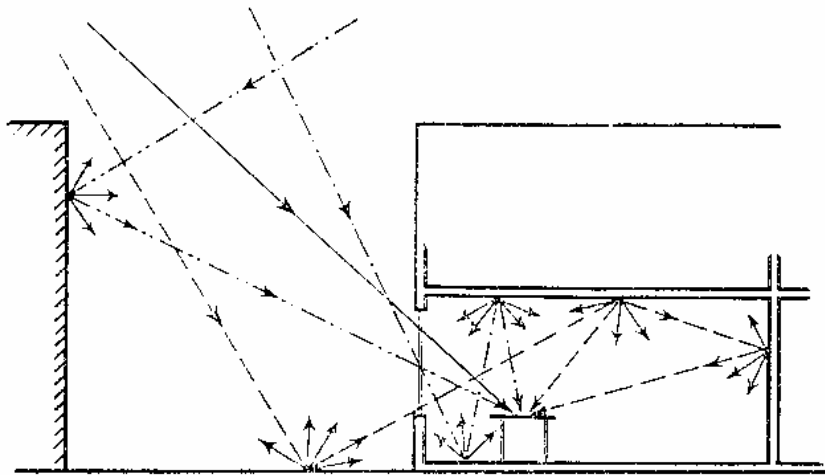


FIG. 3.3 - Maneiras pelas quais a luz natural atinge um ponto dentro duma sala;

- - directamente do céu —————→—————
- por reflexão directa duma obstrução exterior —...—→...—
- por reflexões do solo, do tecto e das paredes —...—→...—
- por reflexões do pavimento e do tecto —...—→...—

- **Iluminação num ponto de uma superfície** – Quociente do fluxo luminoso, incidente num elemento infinitesimal da superfície contendo o ponto considerado, pela área desse elemento. Unidade de Iluminação é o Lumen/m² ou Lux.
- **Factor de Luz do Dia [Daylight Factor]** – é a medida de iluminação natural num ponto de um dado plano, expressa como uma relação da iluminação no plano dado e no ponto em causa, com a iluminação exterior simultânea num plano horizontal proveniente da totalidade de um céu com uma distribuição de luminâncias suposta ou conhecida.

Valores de conforto para o Factor de Luz do dia

Tipos de Edifícios	Factor de Luz do di (%)
Habitacoes / Cozinhas	2
Salas de Estar	1
Quartos	0.5
Edifícios Escolares	2
Hospitais	1
Escritorios	1 – 2
Salas de Desenho	6
Dactilografia e Calculo	4
Laboratorios	3 – 6
Fabricas	5
Edifícios Publicos	1

Exigências de Conforto

Espaço / Actividade	Tipo de Edif.		Factor de	
	Ilumin.(Lux)	Glare Index	Luz do dia(%)	Glare In.
Edifícios para Ensino – Escolas	300 a 500	16	5	21
Espaços p/ seminários	300	19	2	23
Musica	300	19	5 a 2	23
Oficinas / Metal- mecan./ Eng	500	16	5 a 2	21
Laboratorios	500 a 750	16	5	21
Hospitais / Fabricas / Investiga	300 a 500	16	2	21
Compartimentos comuns (Staff	150 a 300	19	5	23
Compartimentos comuns (Hos	100	19	2	23
Escritorios	500 a 300	19	5 a 2	23
Escrever à maq. Correios	500 a 750	19	5 a 2	23
Computadores	500 a 750	19	5 a 2	23
Desenho / Ateliers	1000	16	5	21

Vertical Window

- If the sky has a uniform luminance:

$$E_p = E_h \frac{(\phi_2 - \phi_1 \cos\theta)}{2\pi}$$

- If the sky has a CIE overcast luminance distribution:

$$E_p = E_h \frac{3}{7\pi} \left\{ \frac{1}{2} (\phi_2 - \phi_1 \cos\theta) + \frac{2}{3} \tan^{-1}(\sin\theta \sin\phi_2) - \frac{1}{3} (\sin 2\theta \sin\phi_1) \right\}$$

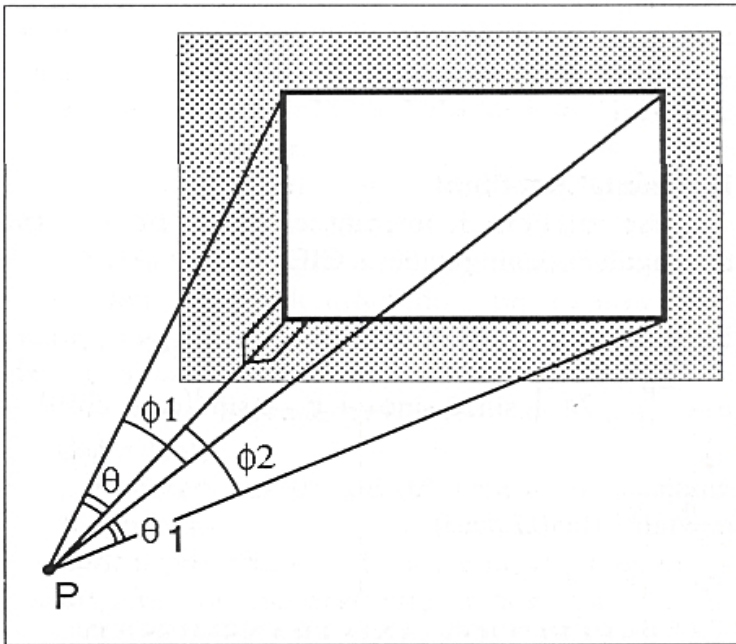


Figure 2 - Illumination of a horizontal plane through a window in a vertical wall.

Componente do Céu

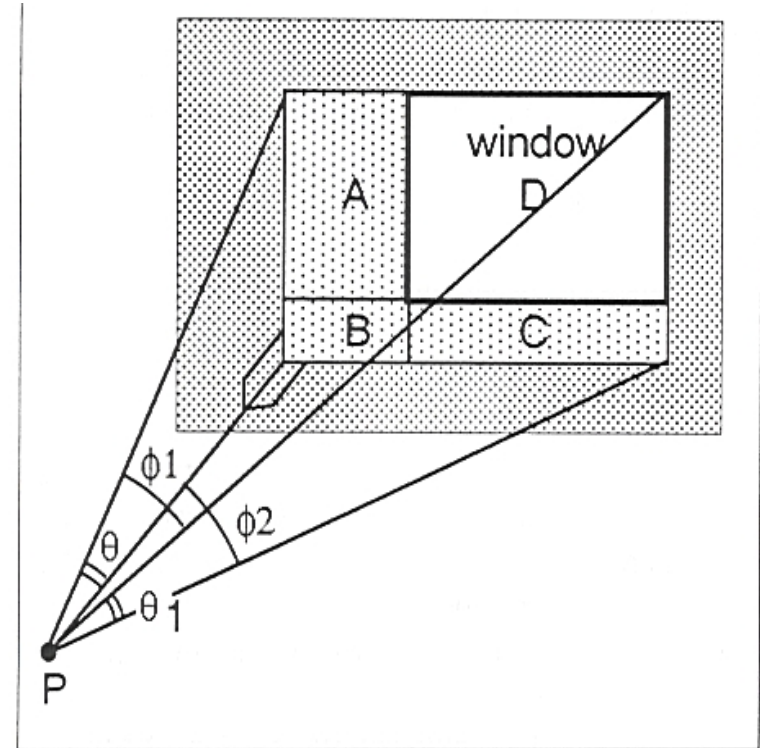
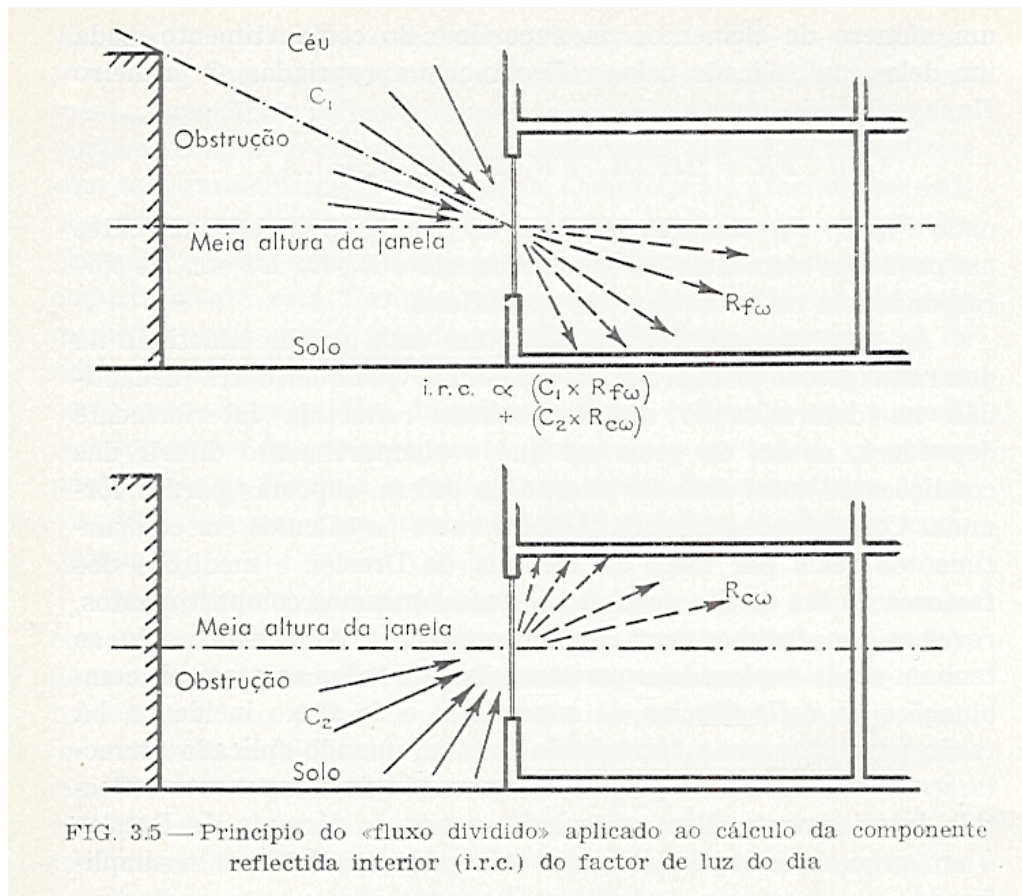


Figure 3 - Imaginary windows for determining horizontal illumination.

Componente Reflectida Exterior e Componente Reflectida Interior do Factor de Luz do Dia



$$C.R.I. = \frac{0,85}{A \cdot (1 - R)} \cdot (CR_{fw} + 5 R_{cw})$$

Índice de Encandeamento (Glare Index)



$$\text{Constante de Encandeamento } G = \frac{B_s^{1.6} \cdot w^{0.8}}{4 \cdot B_b^{1.0}} \cdot P$$

B_s – Luminância do Céu em Blondel

w – Dimensão da Janela

$$B_b = \frac{((C.R.I.) \cdot 5000 \text{ blondel})}{100}$$

P – Factor de Posição [Tabela]

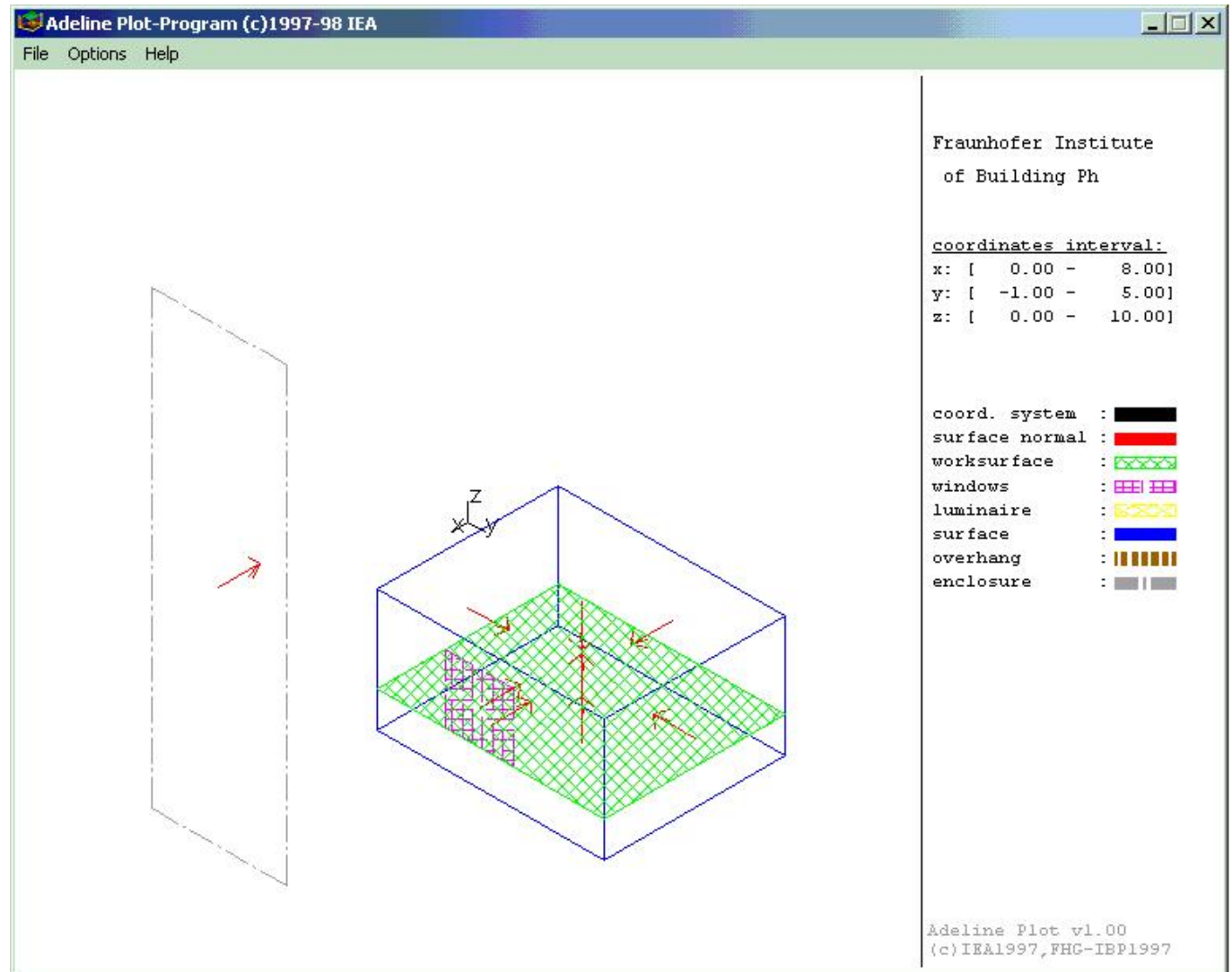
$$\text{Índice de Encandeamento (GI)} = 10 \cdot \log_{10} G$$

Modelação



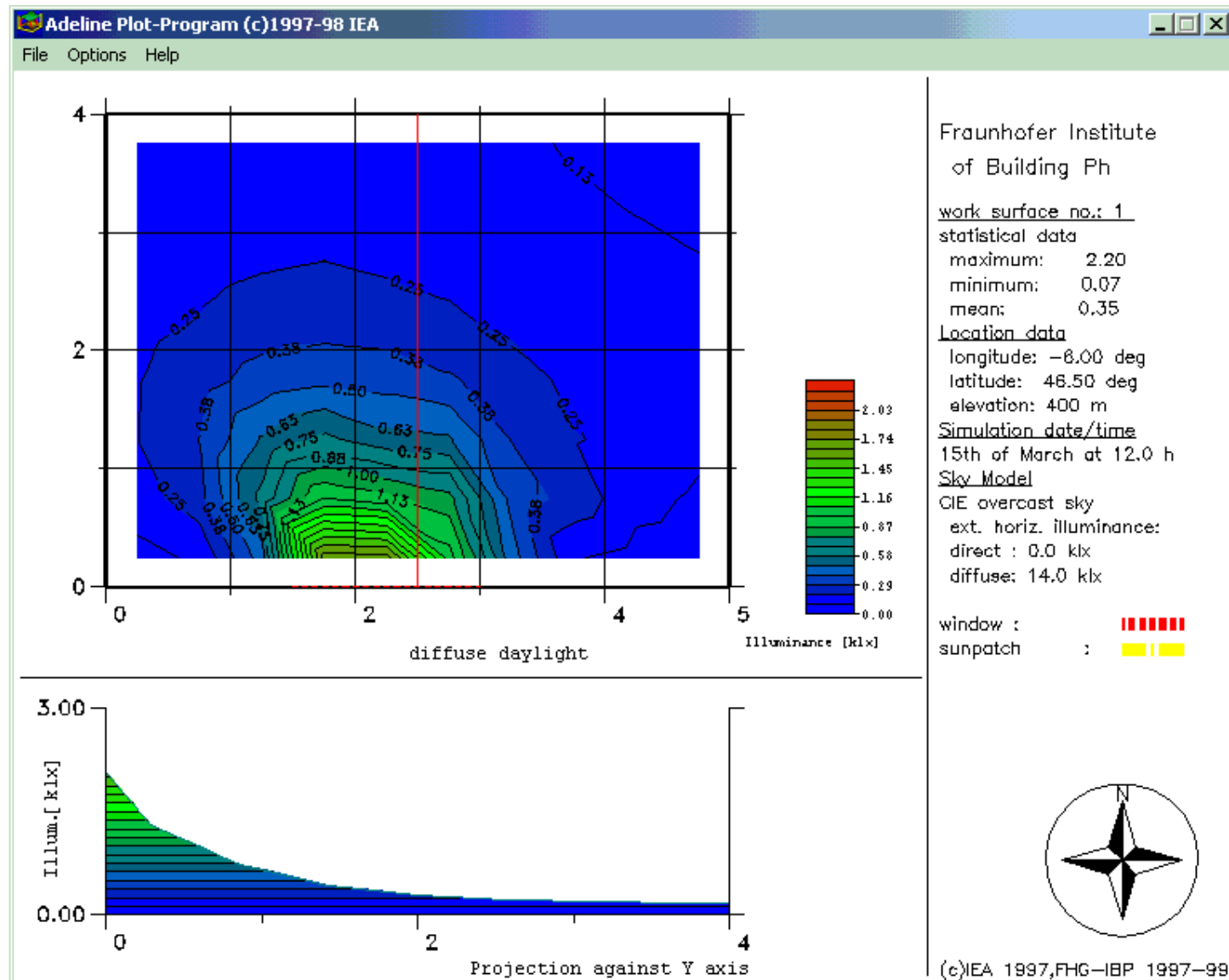
Programa ADELINe

Sub-Programas SCRIBE Modeler e PLINK



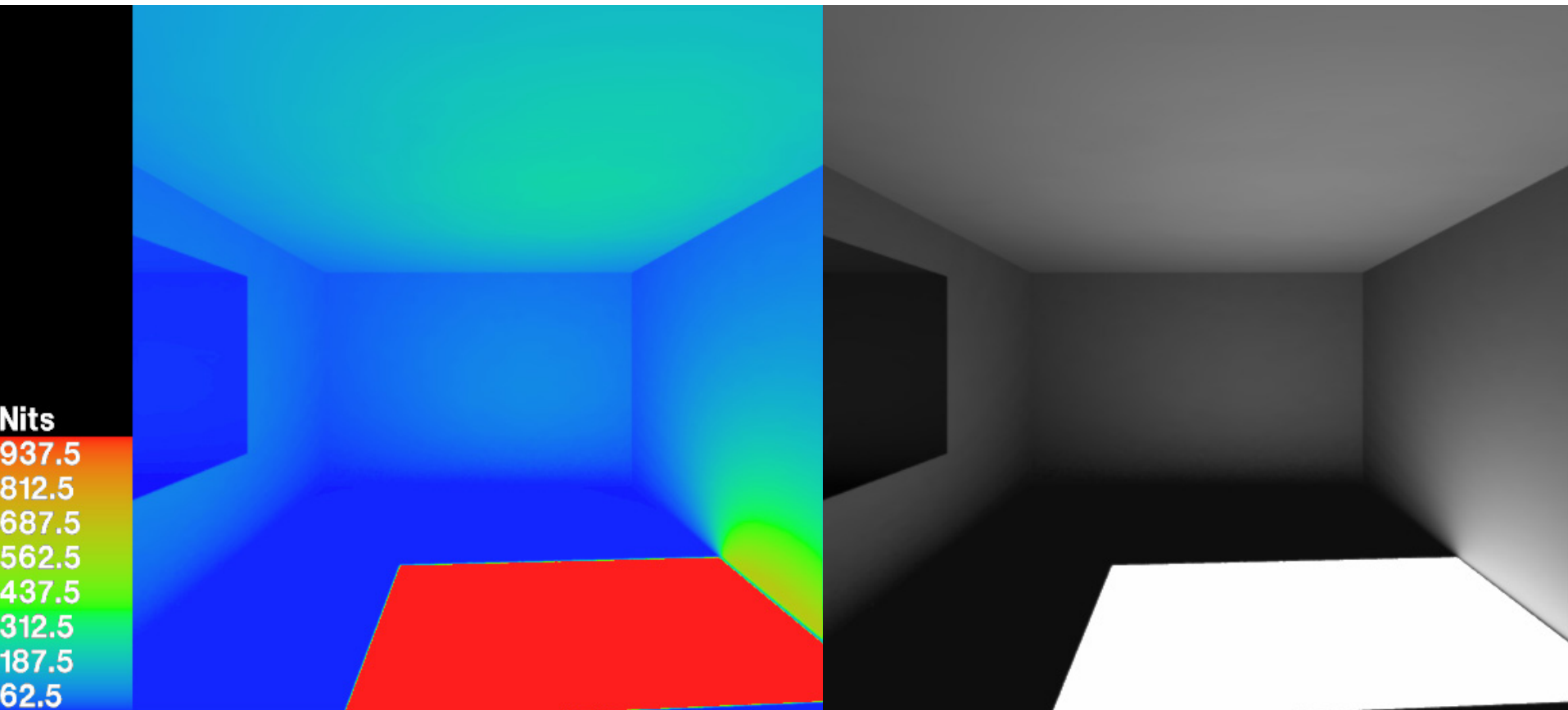
Programa ADELINe

Sub-Programa SuperLite IEA 2.0

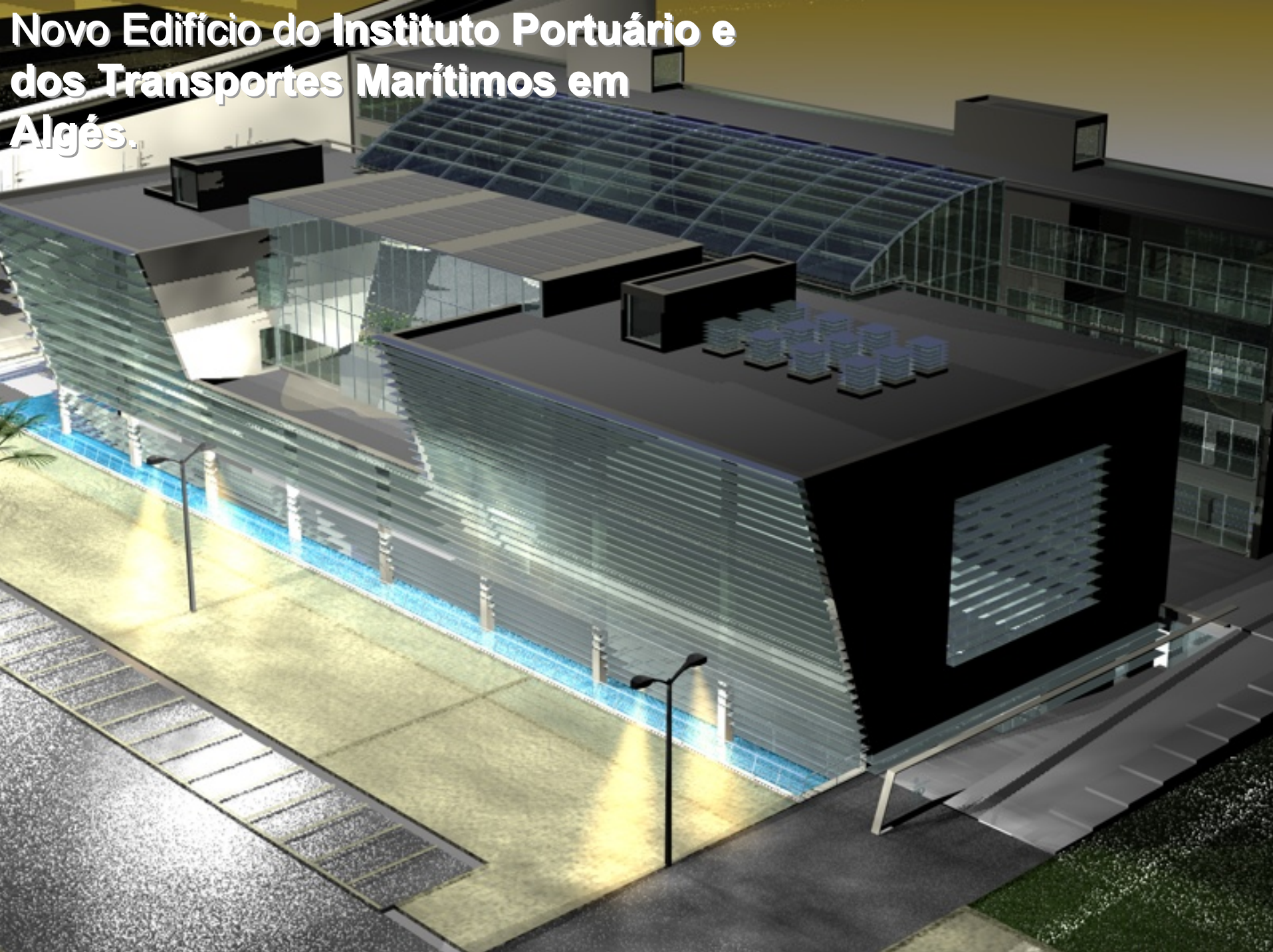


Programa ADELINe

Sub-Programa RADIANCE

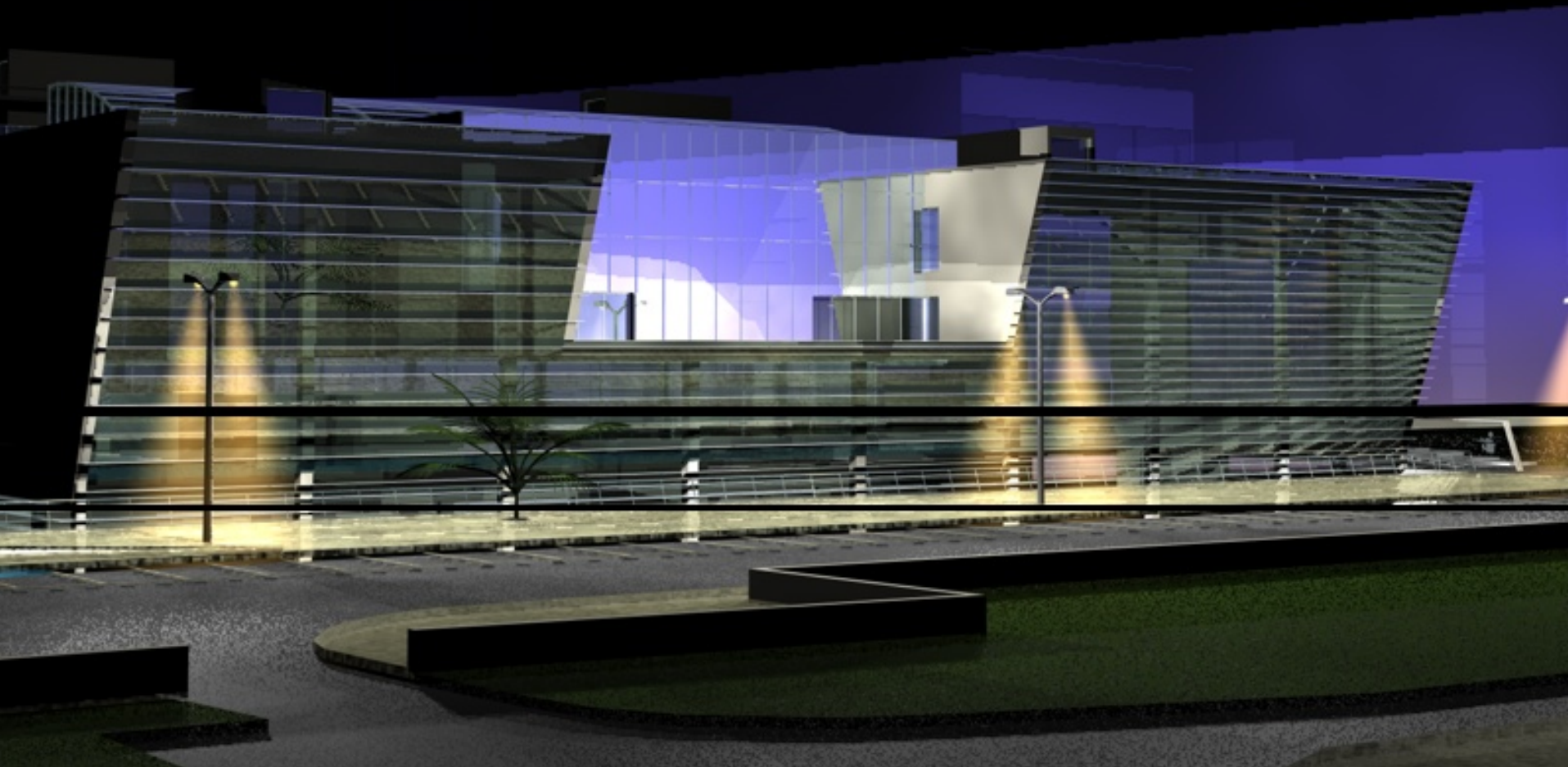


Novo Edifício do Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos em Algés.



Alguns Objectivos do Projecto, em termos de bom desempenho energético:

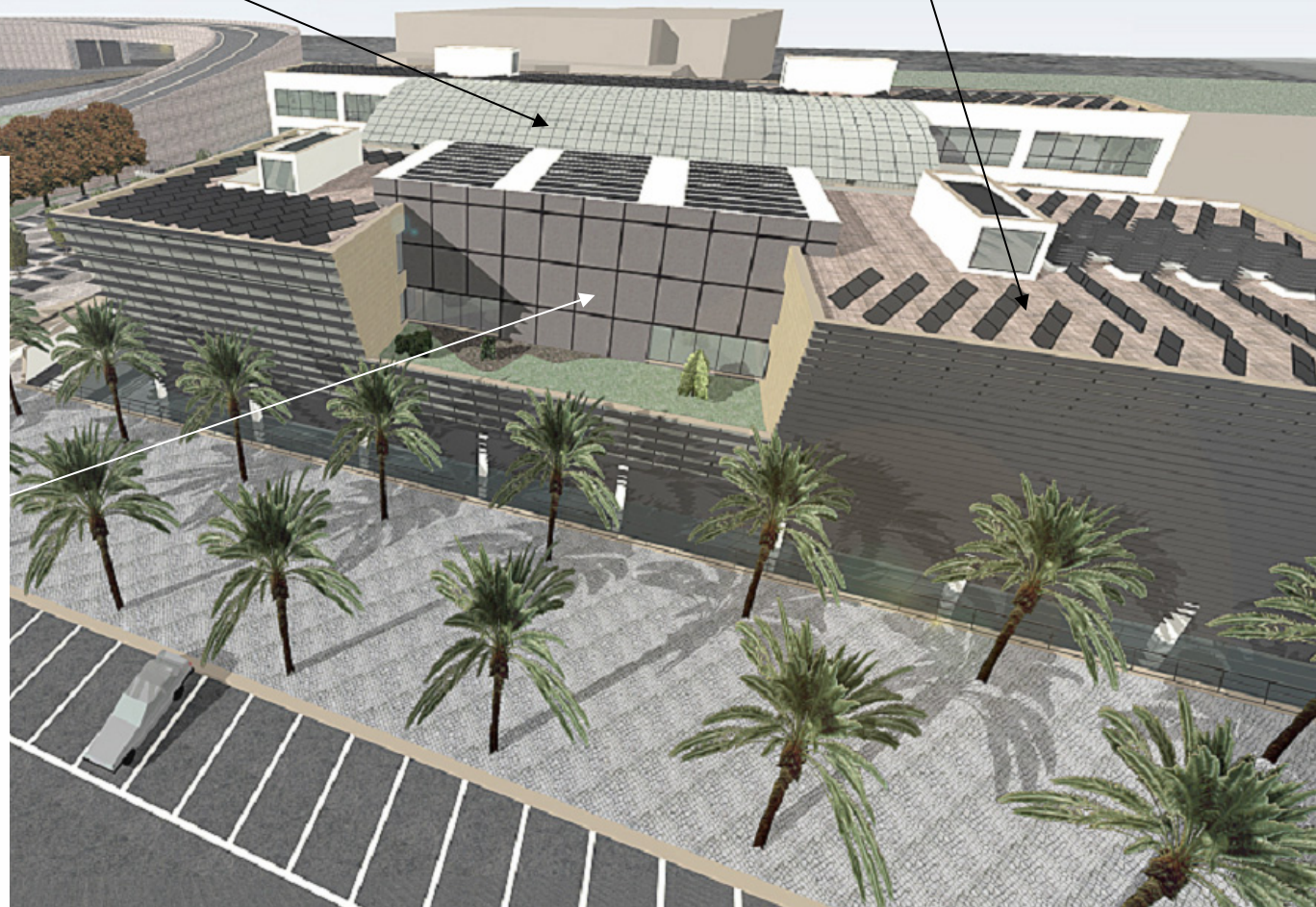
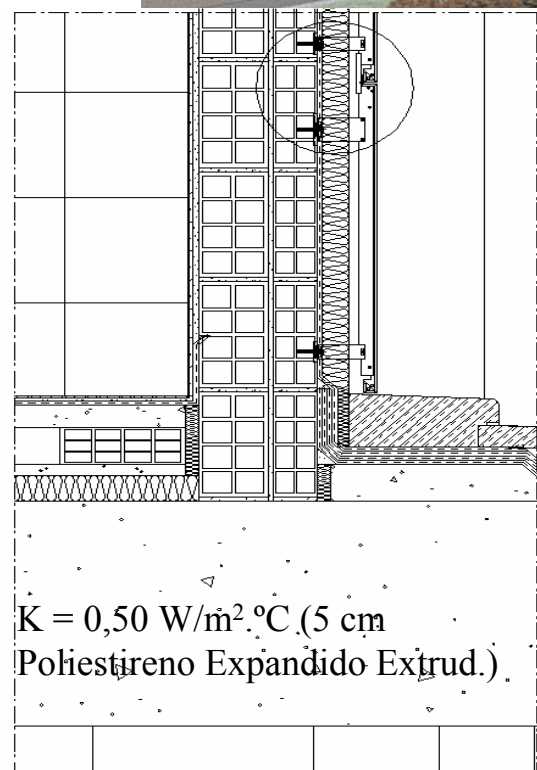
- 1 - Minimizar o consumo nominal do edifício de modo a que $N_{ic}/N_i \leq 0,5$ e $N_{vc}/N_v \leq 0,5$;
- 2 - Produzir energia no Edifício com recurso a células fotovoltaicas. Tratou-se de decisão do dono de obra a que a equipa projectista quis dar resposta eficiente.
- 3 - Minimizar os consumos relativos a iluminação artificial. Porém, equilibrando as respectivas estratégias com as de restrição de ganhos na estação de arrefecimento.



Vista do Quadrante Noroeste

Conjunto 1 – Painéis Fotovoltaicos. Produção
= 26 MWh/ano; 142 m² / 108 módulos

Átrio Sombreado com células fotovoltaicas; e
circulação de ar interposta



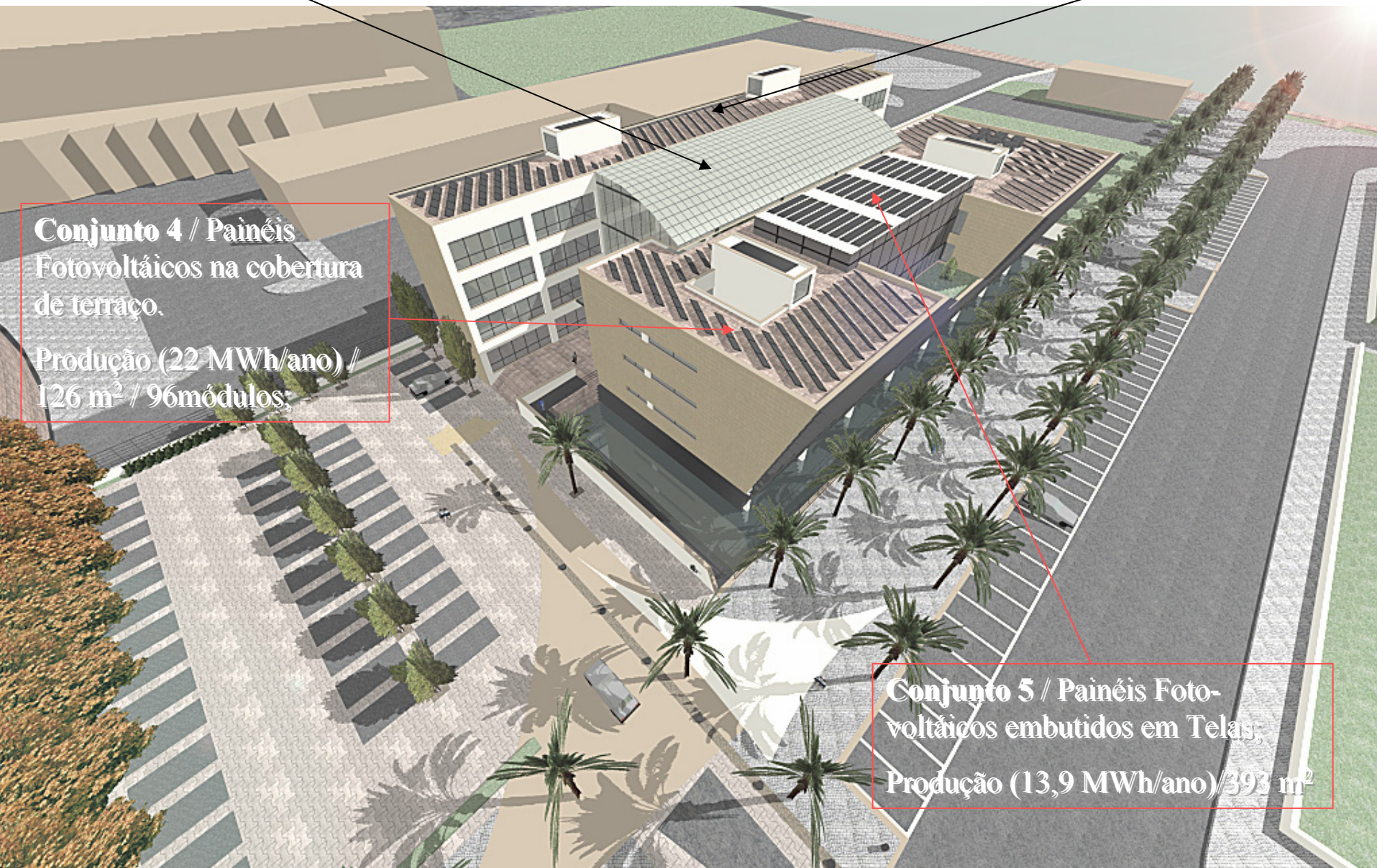
Conjunto 3 / Painéis Fotovoltáicos sobre a cobertura do átrio. Produção (35 MWh/ano) / Área = 504 m² / 180 módulos;

Conjunto 2 / Painéis Fotovoltáicos sobre em terraço (corpo SE). Produção (42 MWh/ano) / 238 m² / 180módulos;

Conjunto 4 / Painéis Fotovoltáicos na cobertura de terraço.

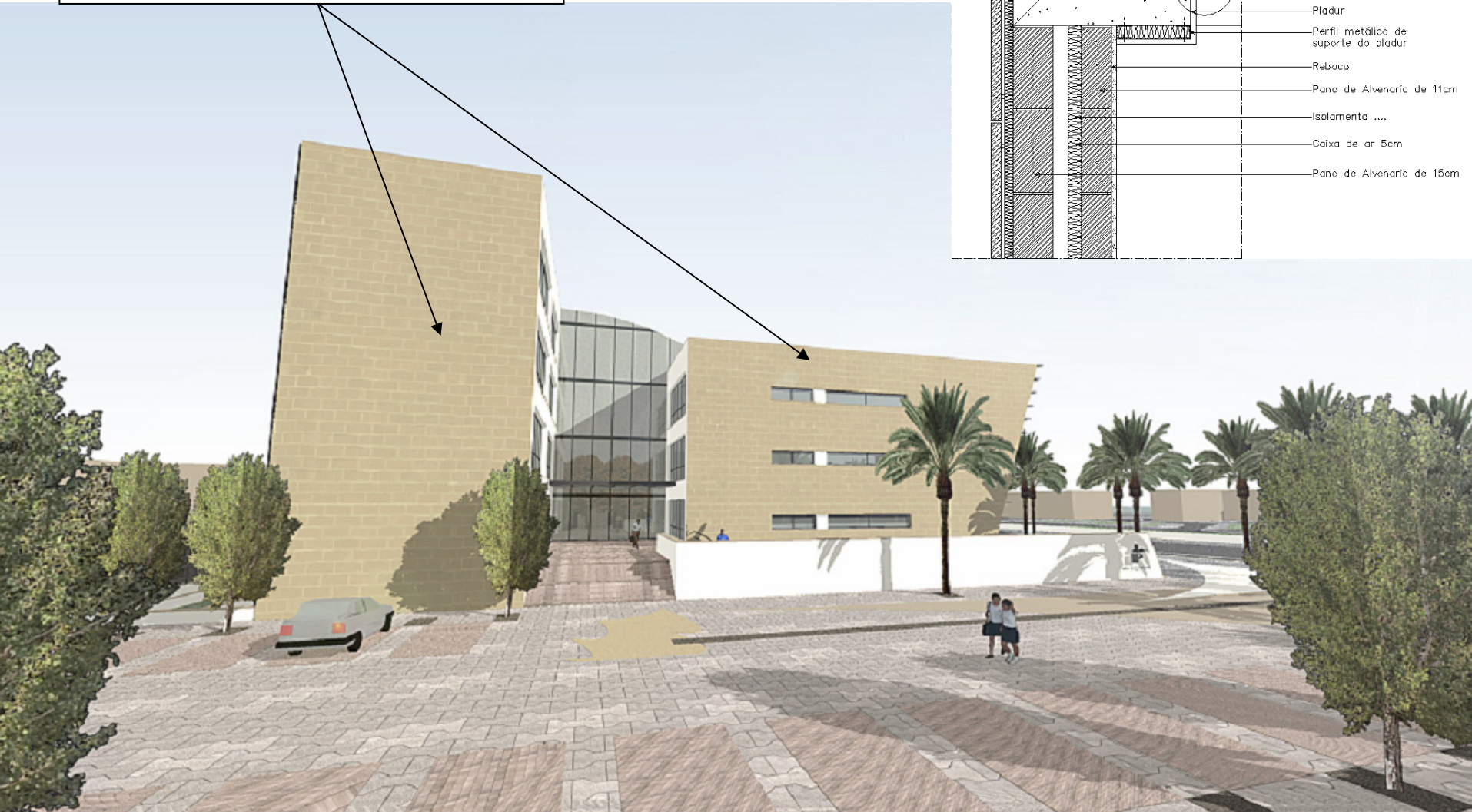
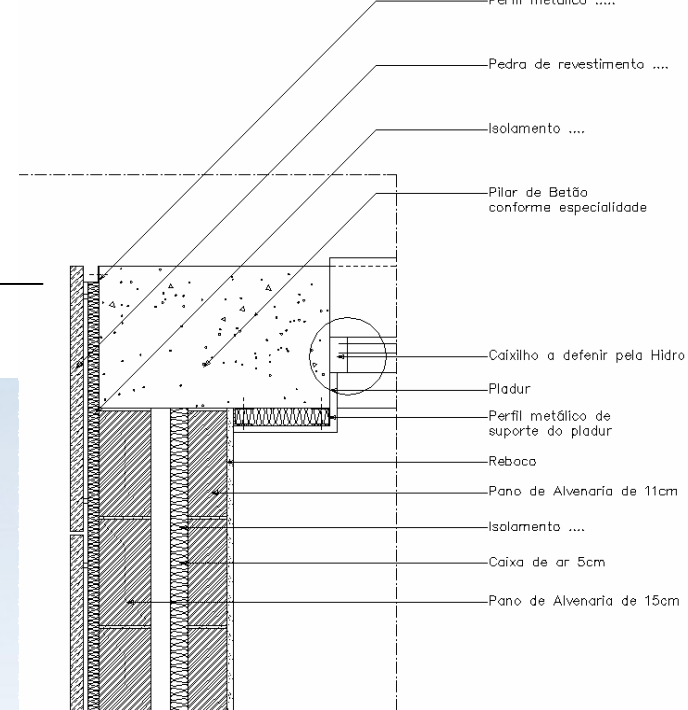
Produção (22 MWh/ano) / 126 m² / 96módulos;

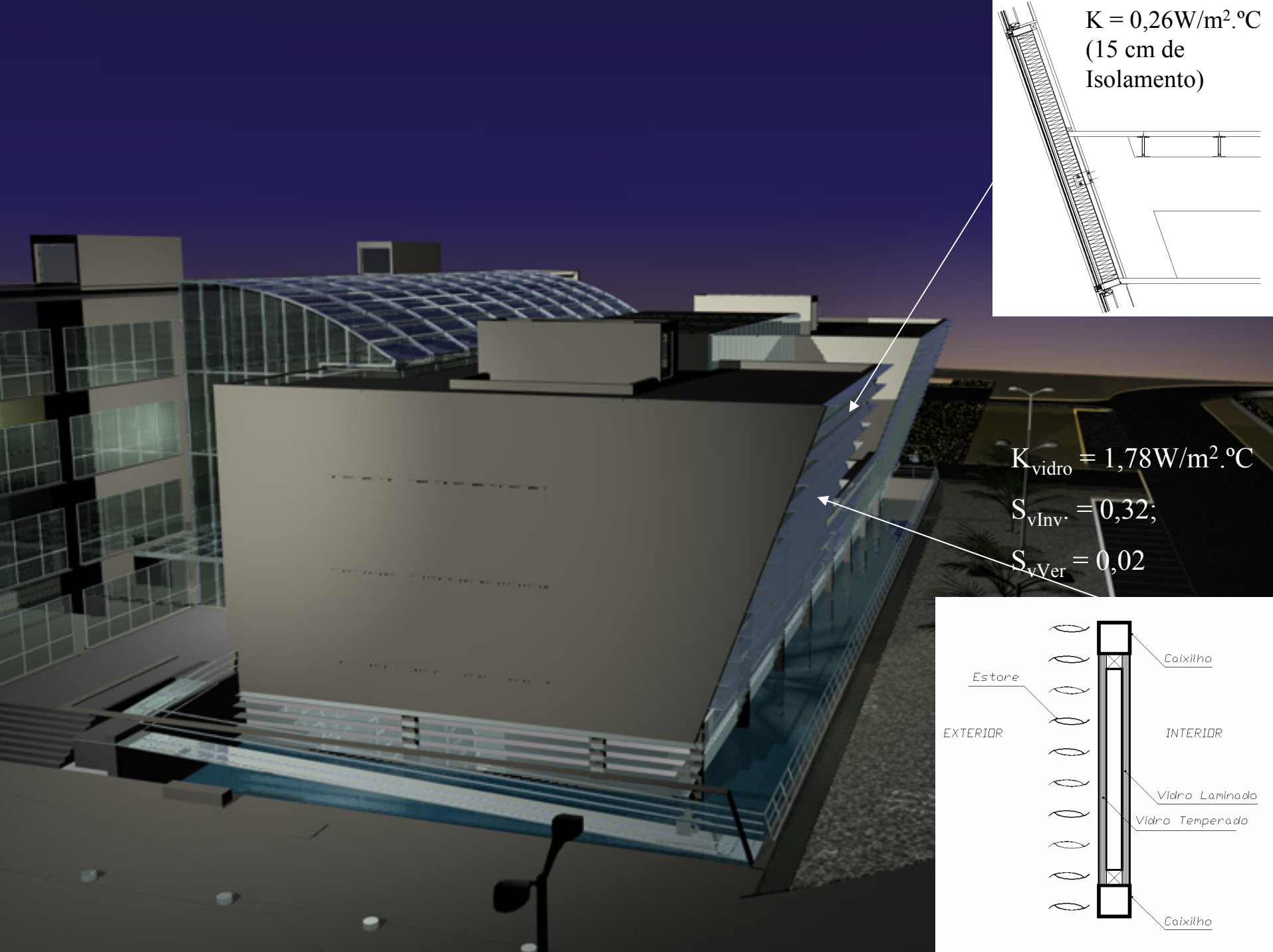
Conjunto 5 / Painéis Fotovoltáicos embutidos em Telas, Produção (13,9 MWh/ano)/393 m²



Alçado Nordeste

Coeficiente de transmissão Térmica;
 $K = 0,32 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ (8 cm Isolamento)



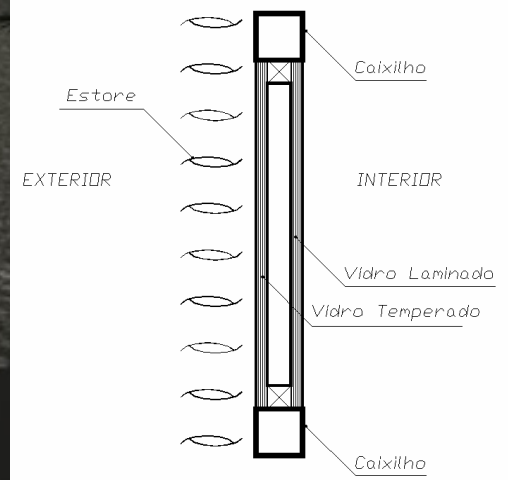


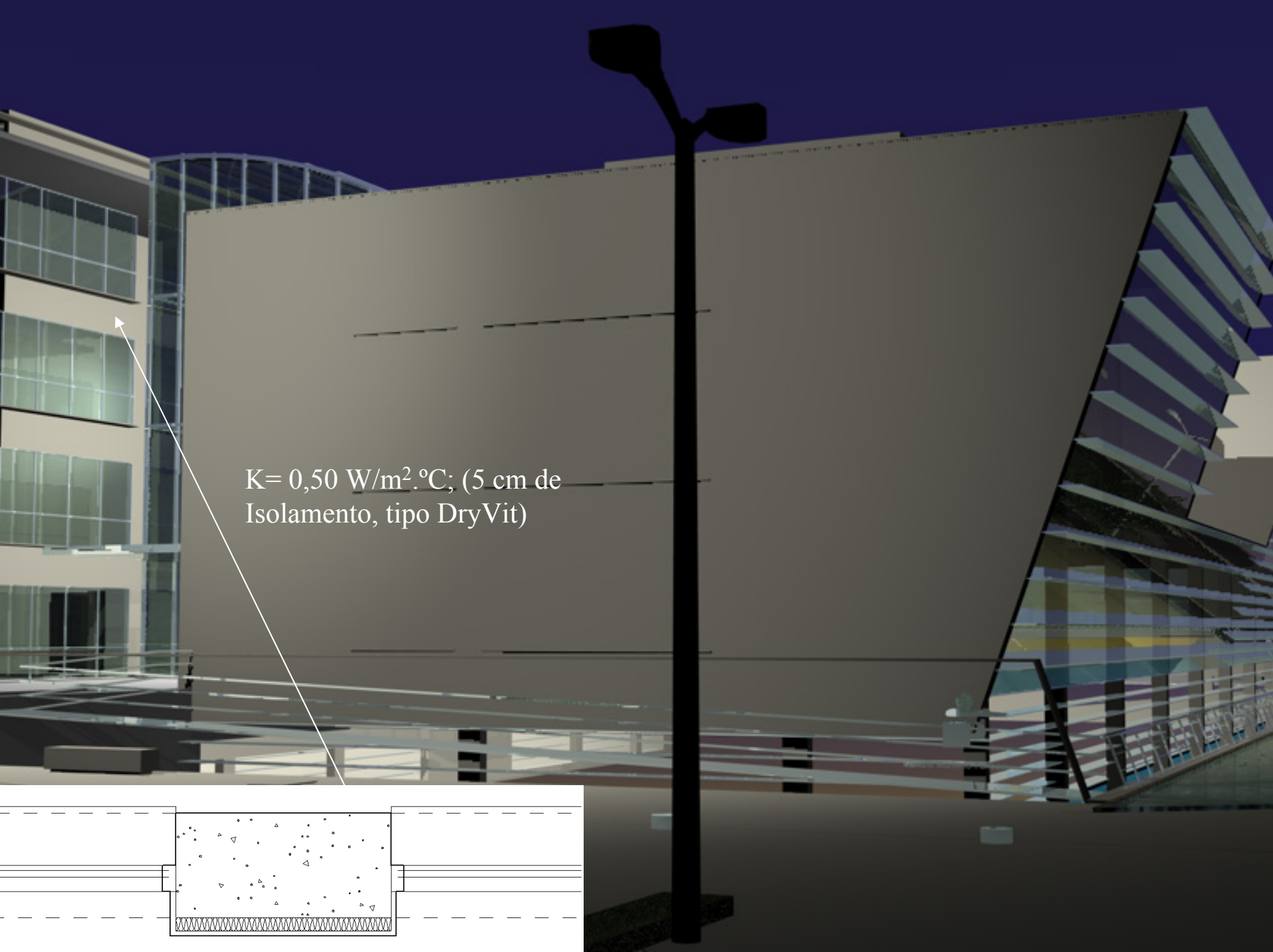
$K = 0,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
(15 cm de Isolamento)

$K_{\text{vidro}} = 1,78 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$

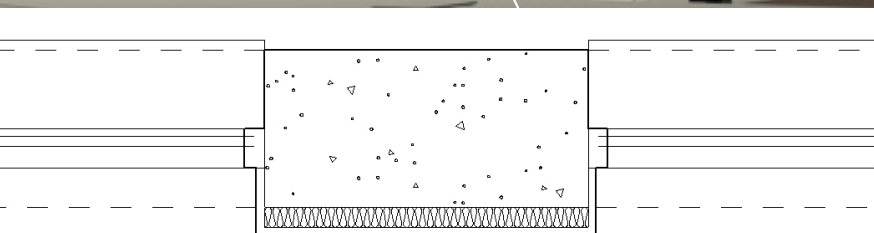
$S_{\text{vInv}} = 0,32;$

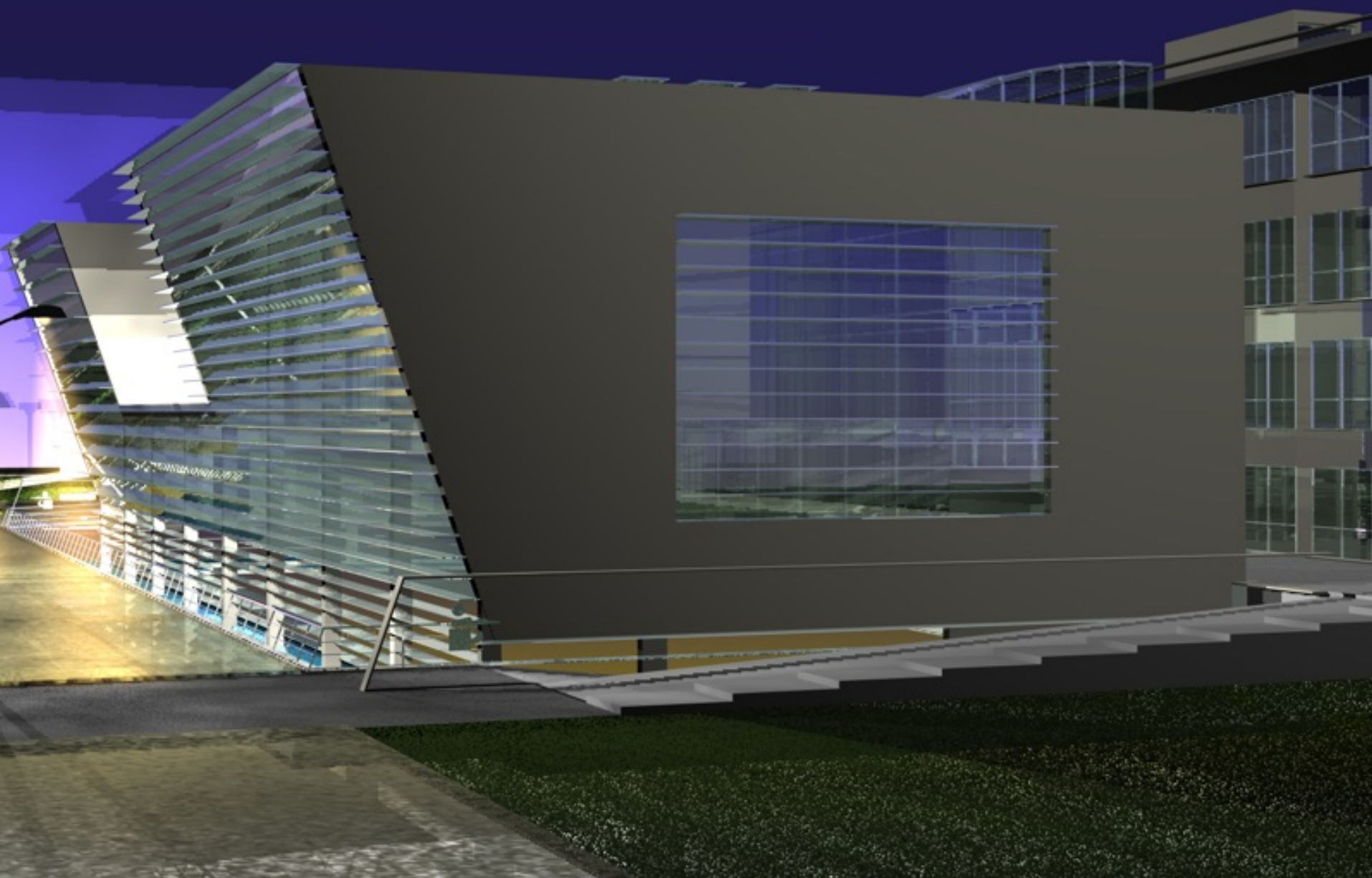
$S_{\text{vVer}} = 0,02$

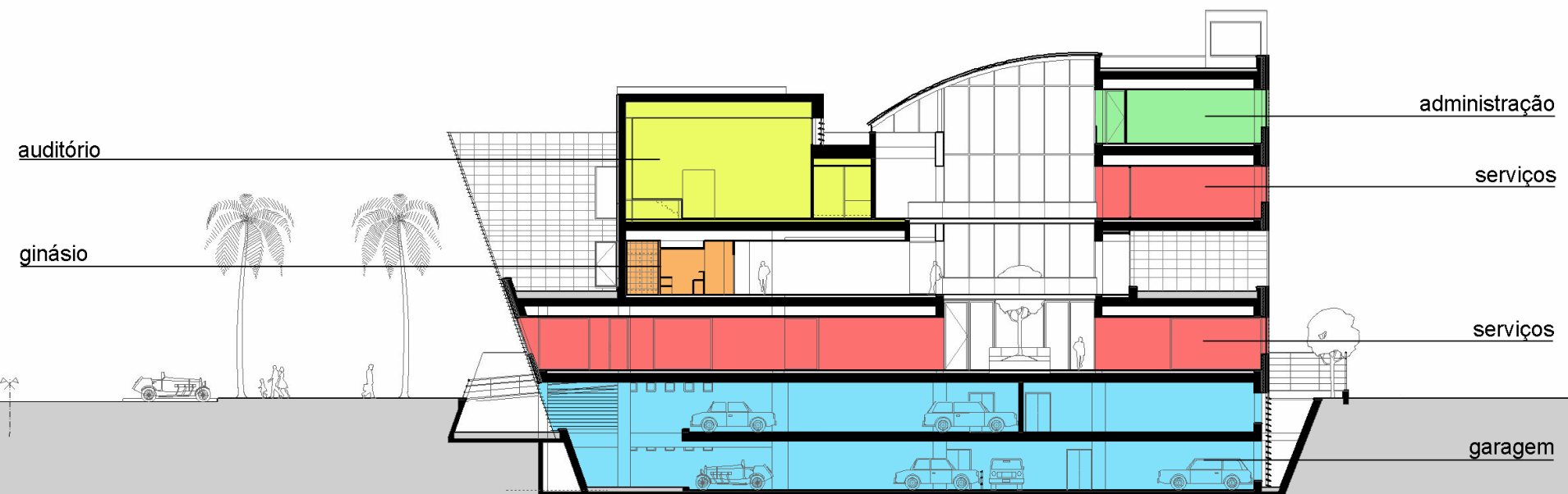




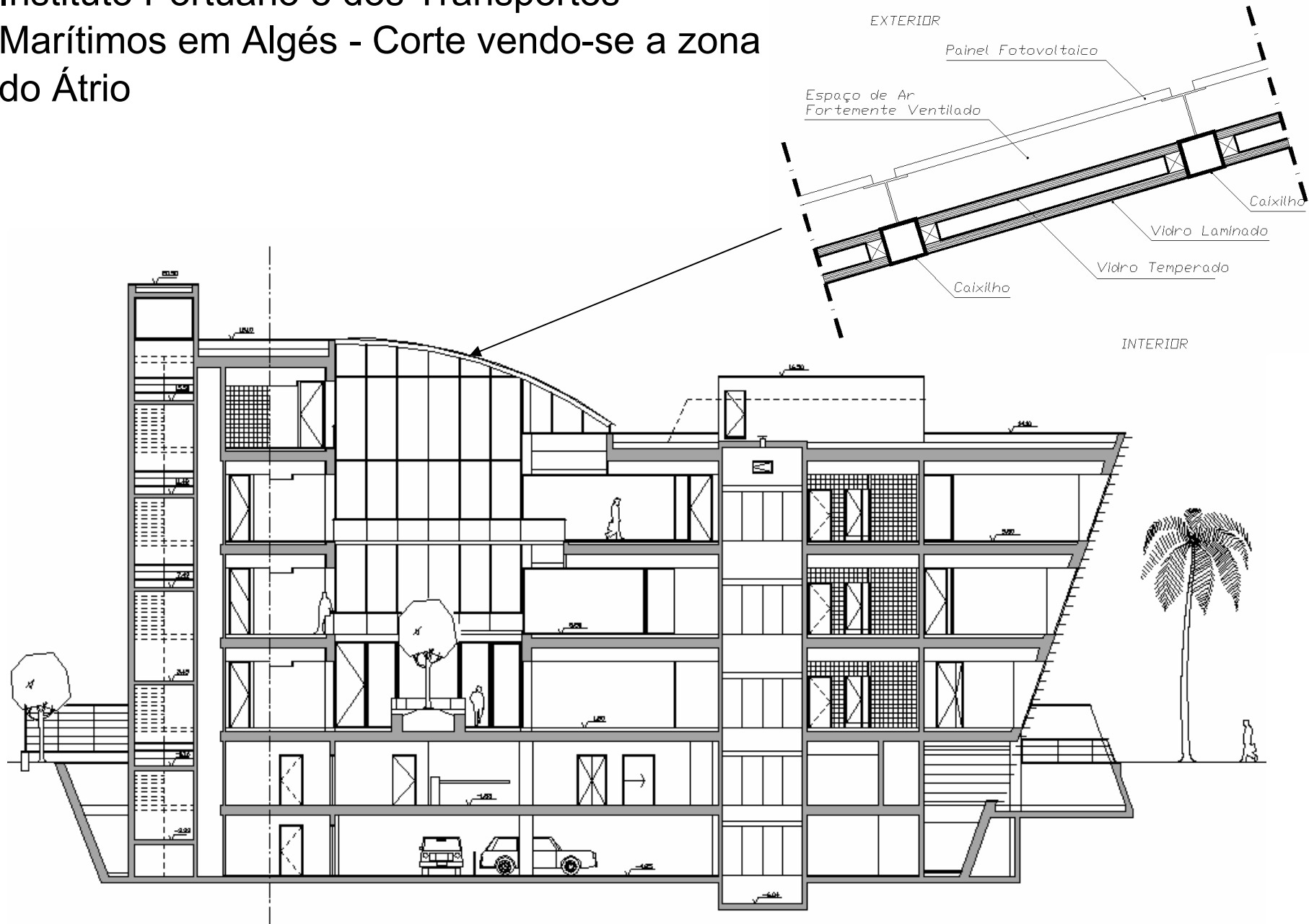
$K = 0,50 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; (5 cm de Isolamento, tipo DryVit)







Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos em Algés - Corte vendo-se a zona do Átrio



Átrio Interior (Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos em Algés)
Fontes de Iluminação natural situadas em fachadas opostas (SW / NE);

Iluminação proveniente da cobertura horizontal em vidro é muito reduzida devido ao efeito sombreador das células fotovoltaicas e do vidro escolhido. Factor Solar Resultante = 0,17



Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]

- Estando perante um edifício de serviços, introduziu-se a metodologia da avaliação da Iluminação Natural, apenas com os seguintes objectivos:
 - Encontrar metodologias de projecto de avaliação da iluminação natural de fácil implementação futura no decurso da elaboração dos projectos de arquitectura;
 - Extrair regras de projecto para projectos futuros.
- Assim, efectuaram-se:
 - Simulações com o programa ADELINE3 [sub-programas Superlite e Superlink], em diferentes compartimentos com diferentes soluções de envidraçados, com avaliação de:
 - níveis de iluminação no plano de trabalho e,
 - poupanças energéticas devidas à iluminação natural.
 - Comparação dos resultados obtidos.

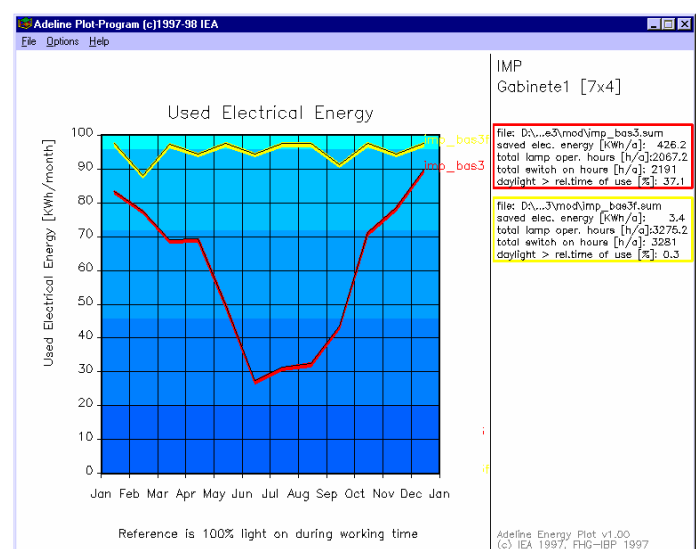
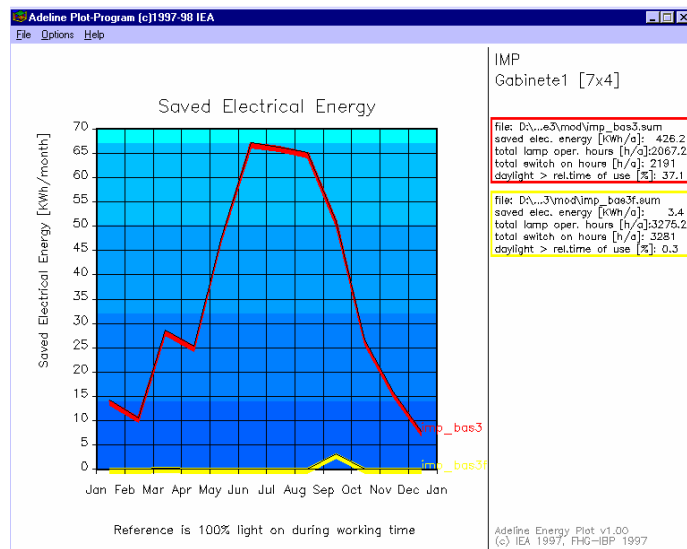
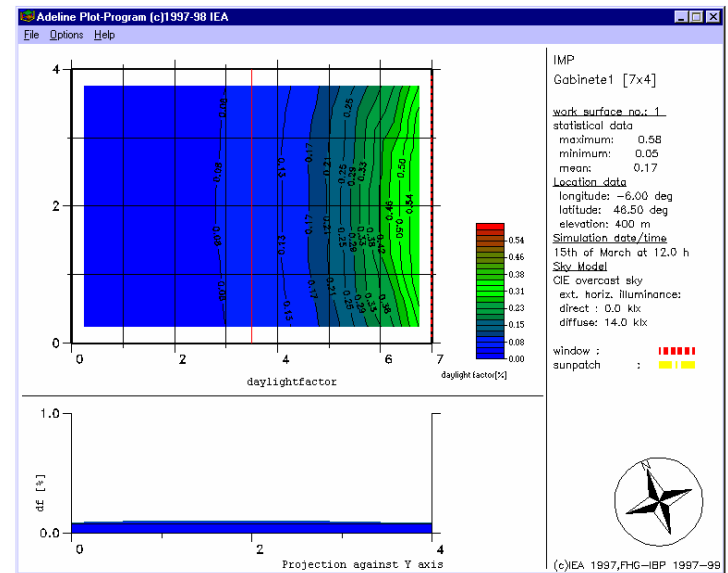
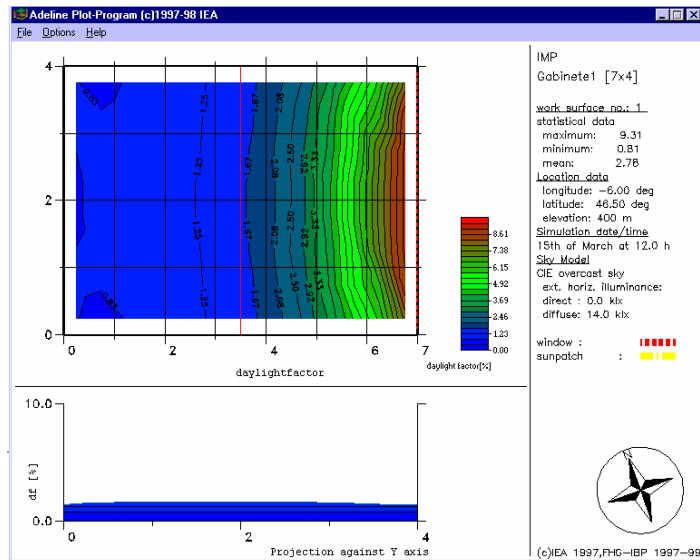
□ Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]

- Compartimentos Estudados
 - Gabinete 1 - 4m de Largura, 7m de Profundidade, Janela c/ 3,8x2m;
 - Gabinete 2 - 4m de Largura, 4m de Profundidade, Janela c/ 3,8x2m
 - Gabinete 3 - 7m de Largura, 3m de Profundidade, Janela c/ 6,8x2m.
- Acabamentos.
 - Paredes pintadas de Branco (Reflectância = 70%);
 - Tectos cinzentos claros (Reflectância = 60%);
 - Pavimento em Linóleo (Reflectância = 30%).
 - Envidraçados [Transmitância = 32%(vidro nu) ou 2% (c/ persiana fechada)].
- Definições de Projecto [consideradas pelo programa SuperLink]
 - Iluminância requerida para o plano de trabalho = 500,0 Lux;
 - Potência Total da instalação de Iluminação em cada sala = 15 W/m²;
 - Eficiência Luminosa do sistema de Iluminação = 43 Lm/W.

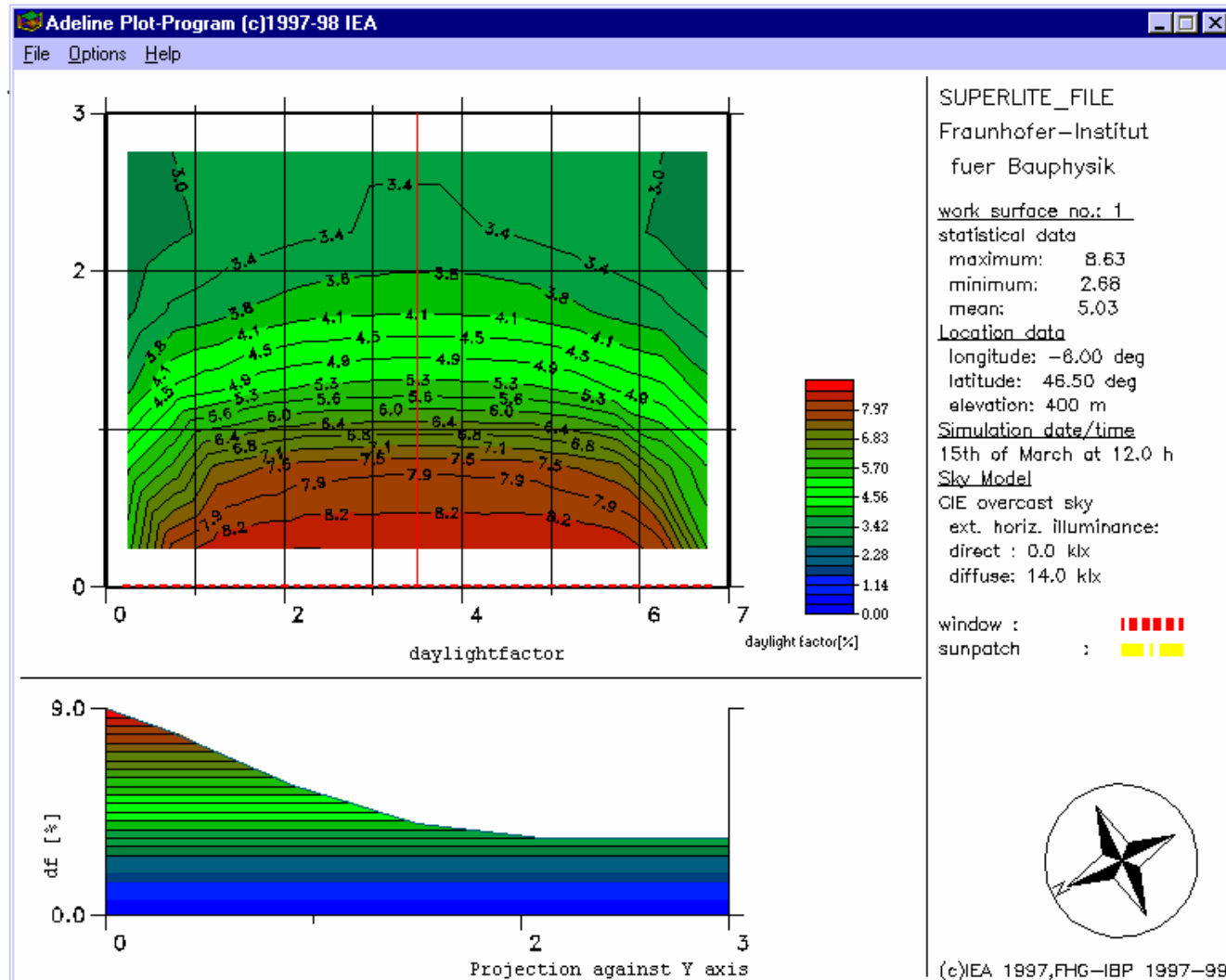
Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[Instituto Marítimo Portuário em Algés]



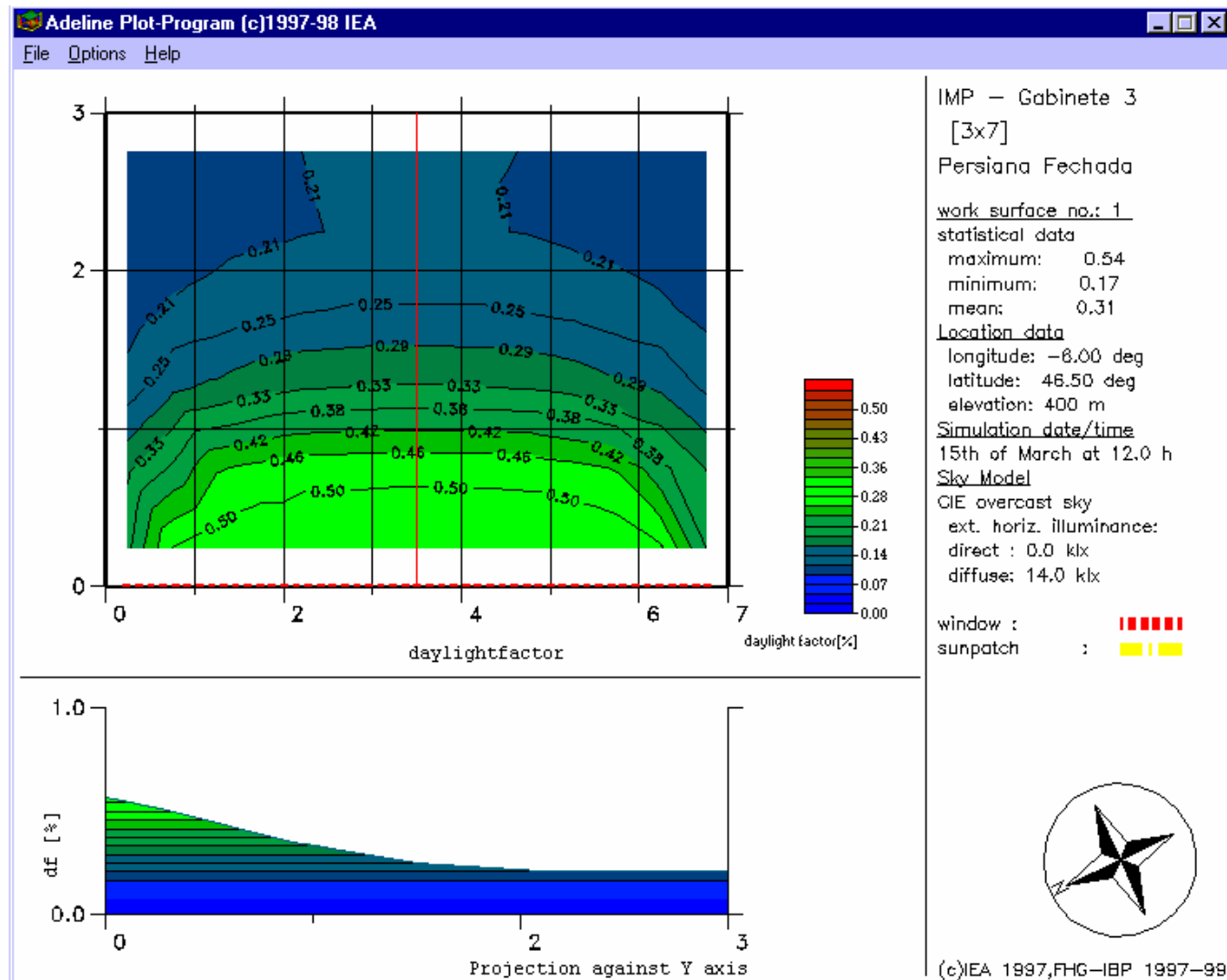
Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[Instituto Marítimo Portuário em Algés]



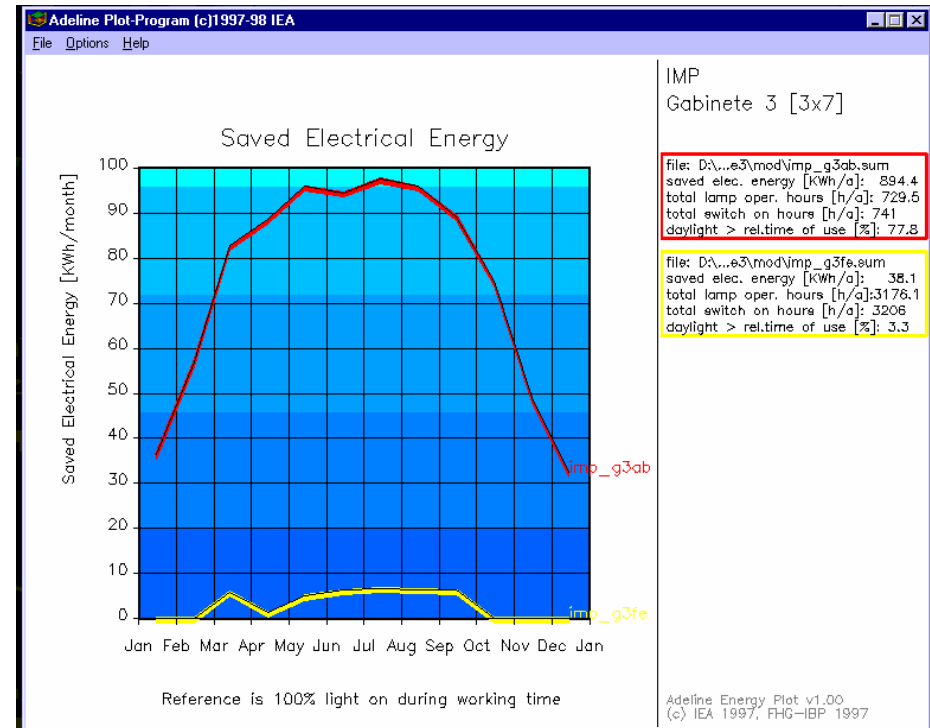
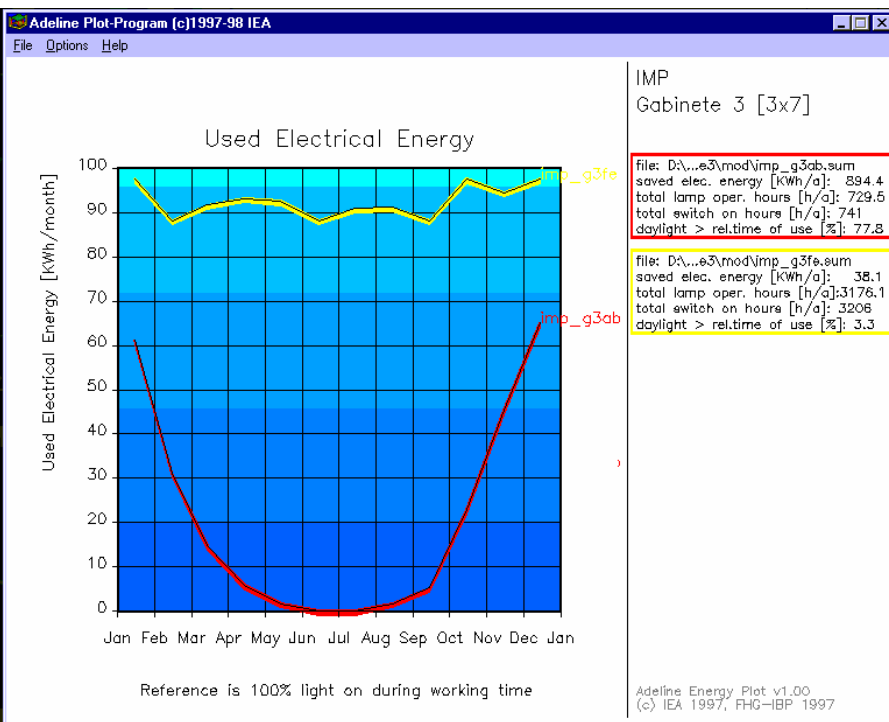
Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]



Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

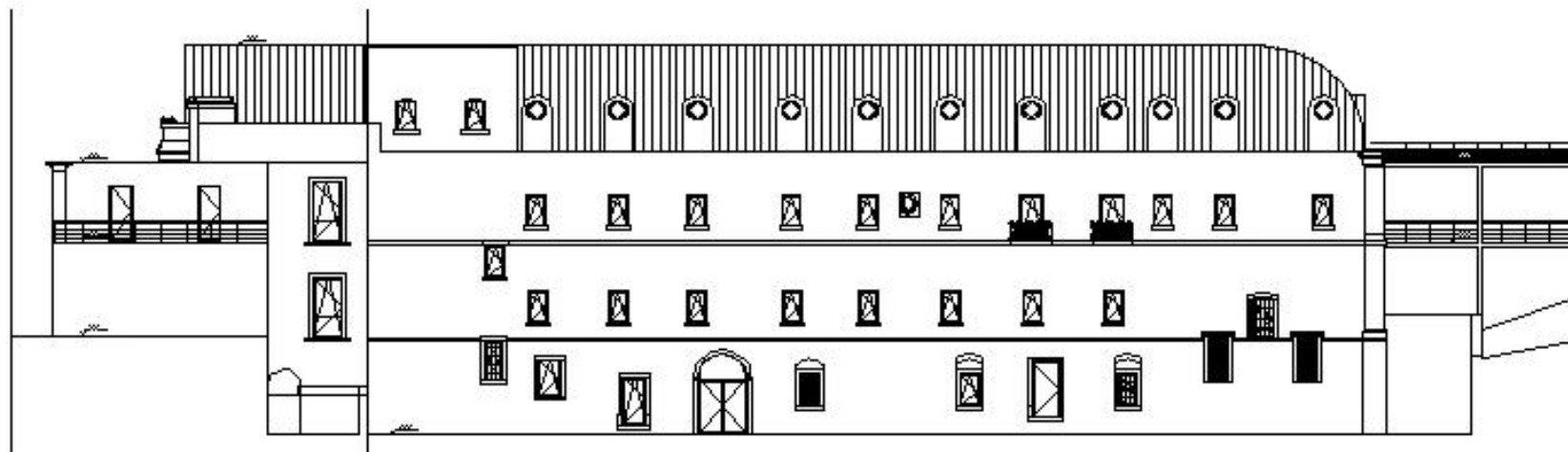
[Instituto Marítimo Portuário em Algés]



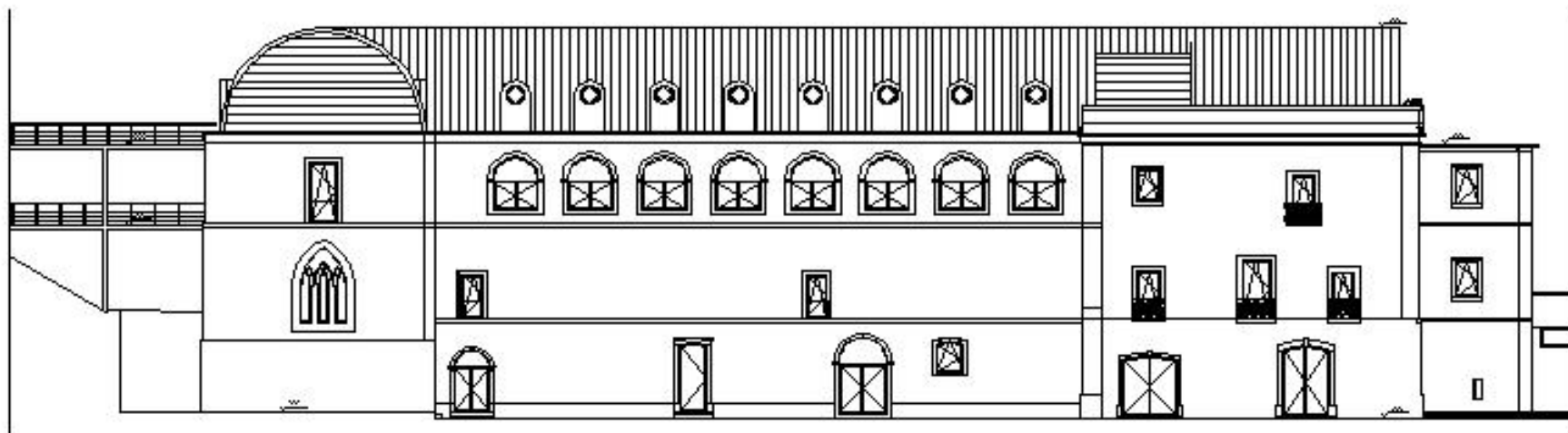
Convento S. Francisco / Setúbal;

Projecto de recuperação e remodelação

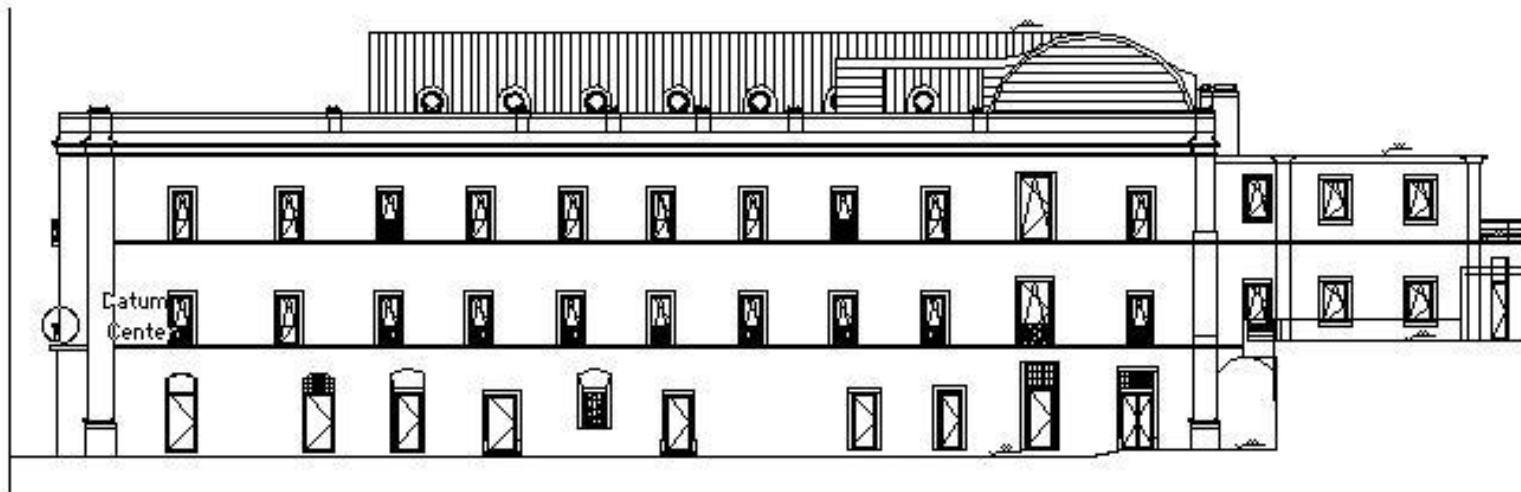




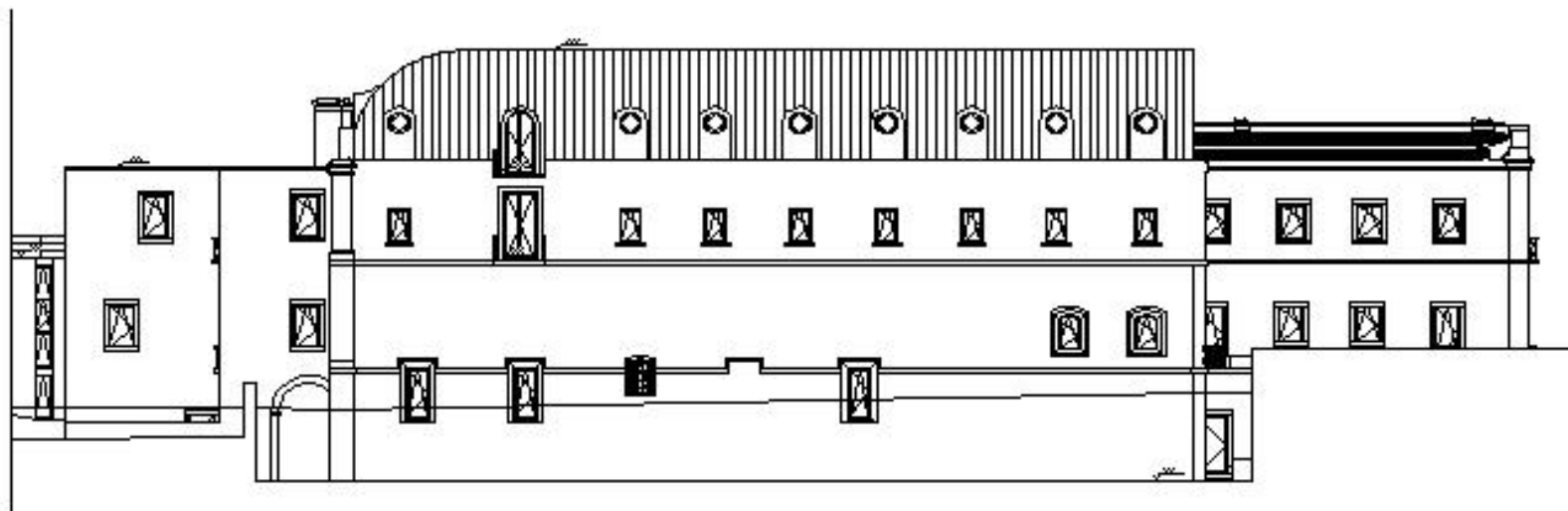
Alçado Poente



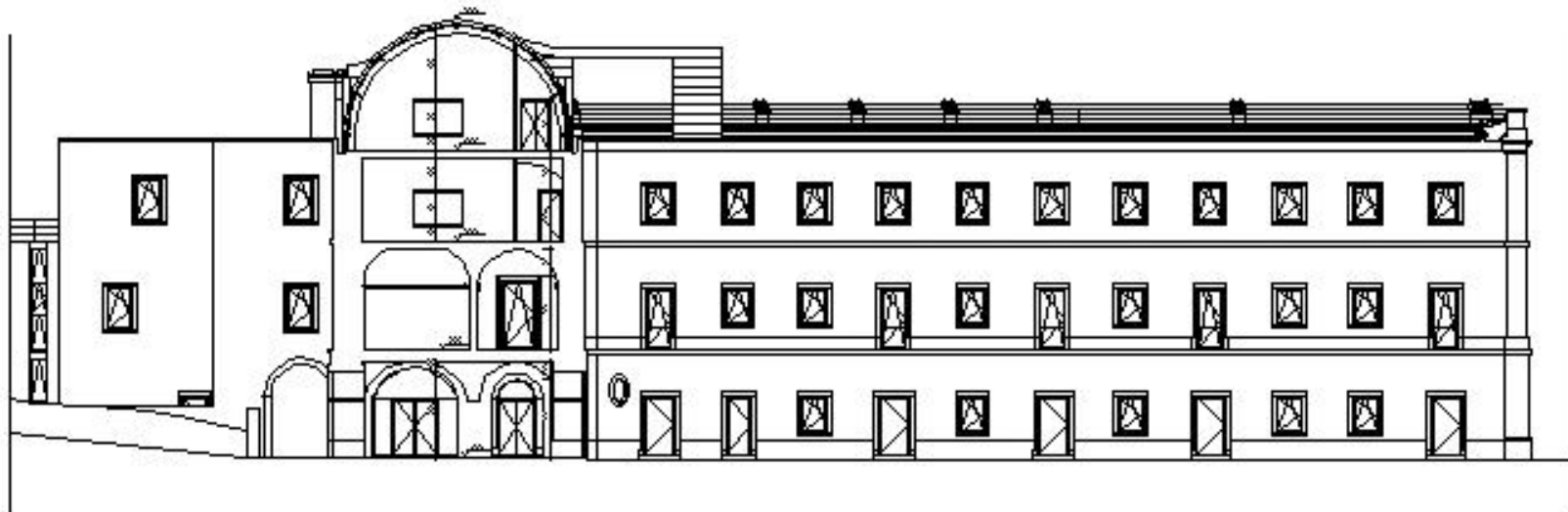
Alçado Sul



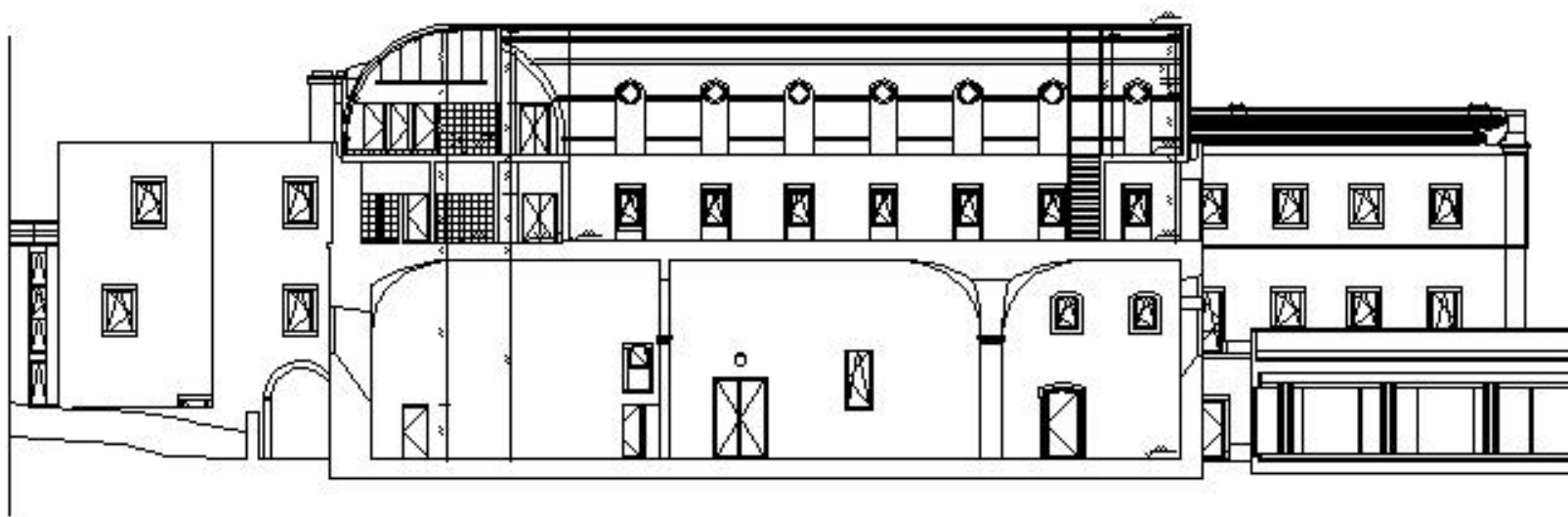
Alçado Nascente



Alçado Norte



Corte atravessando o Pátio; segundo um eixo Norte/Sul



Corte pelo auditório; segundo um eixo Norte/Sul







3 Soluções de Isolamento Avaliadas

Solução 1	Vidro duplo incolor + reflectante claro (Sem qualquer tipo de protecção Solar); Parede de Pedra c/ 0.02 cm de argamassa dos dois lados; Caixilho de Metal (alumínio)	4 cm de poliestireno extrudido na cobertura plana + laje de 20cm e intertelha com 7cm de lã mineral em mantas na cobertura curva	Consumo energético de Inverno = 139826.03kwh Consumo energético de Verão = 76810.45kwh Total=216636.48kwh
Solução 2	Vidro duplo incolor + reflectante claro (Sem qualquer tipo de protecção Solar); Parede de Pedra c/ 0.02 cm de argamassa dos dois lados; Caixilho de Metal (alumínio)	6 cm de poliestireno extrudido na cobertura plana + laje de 20cm e intertelha com 7cm de lã mineral em mantas na cobertura curva	Consumo energético de Inverno = 135855.31kwh Consumo energético de Verão = 75514.08kwh Total=211369.39kwh
Solução 3	Vidro duplo incolor + reflectante claro (Sem qualquer tipo de protecção Solar); Parede de Pedra c/ 0.02 cm de argamassa dos dois lados; Caixilho de Metal (alumínio)	10 cm de poliestireno extrudido na cobertura plana + laje de 20cm e intertelha com 7cm de lã mineral em mantas na cobertura curva	Consumo energético de Inverno = 133340.11kwh Consumo energético de Verão = 74936.84kwh Total=208276.95kwh

Energia Incorporada em Materiais de Construção

	Energia Primária (kWh/Kg)	
	Extracção de Matérias Primas e Fabrico	Transporte (200Km)
Poliestireno	32,5026	0,0333
Vidro	4,4167	0,0192
Bloco de Tijolo	0,6944	0,0011
Bloco de Betão	0,2611	0,0011

Consumo energético	INVERNO	VERÃO	TOTAL
Solução base	173472,09	84172,65	257644,74 kWh
Solução 1	138259,28	76091,32	214350,10 kWh
Solução 2	135855,31	76810,45	212665,76 kWh
Solução 3	133340,11	75514,08	208854,19 kWh

Comparação de	
3 espessuras de isolamento	
(Poliestireno Extrudido) para a Cobertura	
Solução base – sem Isolamento	-
Solução 1 – 4cm Poli. Expand. Extrud.	- 43294,64 kWh
Solução 2 – 6cm Poli. Expand. Extrud.	- 44978,98 kWh
Solução 3 – 10cm Poli. Expand. Extrud.	- 48790,55 kWh

Solução	Poupanças ANUAIS de Energia; relativamente à Solução BASE	Redução ANUAL das Emissões de CO ₂
1	43294,64 kWh	22011,65 KgCO ₂ eq
2	44978,98 kWh	22867,99 KgCO ₂ eq
3	48790,55 kWh	24805,85 KgCO ₂ eq

Soluções Construtivas Estudadas	Energia Incorporada (EE)	Energia de Manutenção Poupada num período de 30 anos (- ED)	Total (EE -ED) Total de poupanças em termos de LCA
Base (sem Isolamento)	-	-	-
1 (4cm)	$2096\text{kg} \times 32,54\text{kWh/kg} = 68203,8 \text{ kWh}$	- 43294,64 kwh/ano × 30 anos = - 1298839,2 kWh	- 1.230.635,4 kWh
2 (6 cm)	$3144\text{kg} \times 32,54\text{kWh/kg} = 102305,0 \text{ kWh}$	- 44978,98 kwh/ano × 30 anos = - 1349369,4 kWh	- 1.247.064,4 KWh
3 (10 cm)	$5240 \text{ kg} \times 32,54\text{kWh/kg} = 170509,6 \text{ kWh}$	- 48790,55 kwh/ano × 30 anos = - 1463716,5 kWh	- 1.293.206,9 KWh

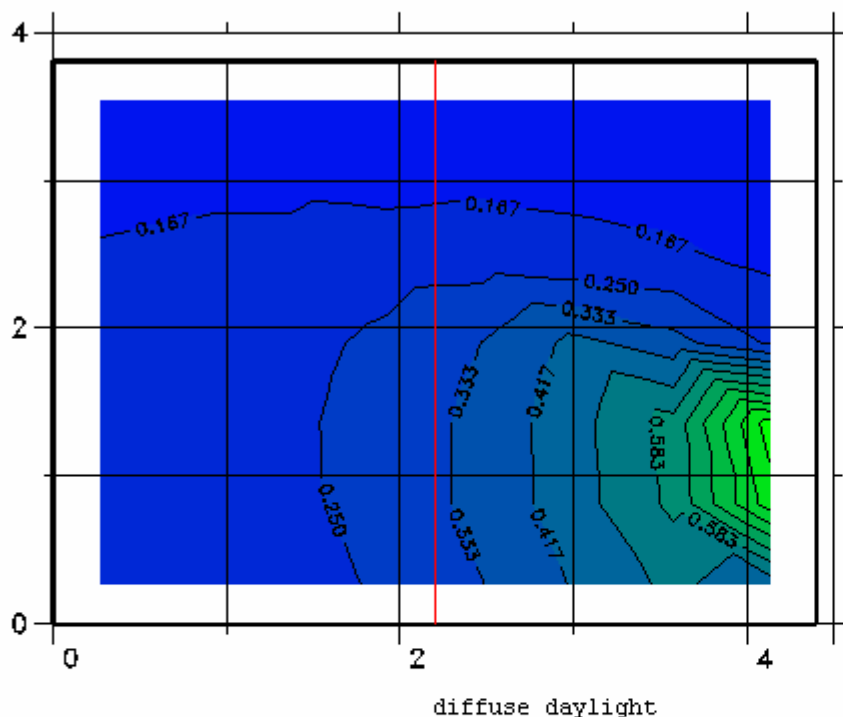
Solução	Poupanças de Energia (EE - ED) relativamente à Solução BASE	Redução das Emissões de CO ₂
1	1.230.635,4 kWh	625673,55 KgCO ₂ eq
2	1.247.064,4 KWh	634026,30 KgCO ₂ eq
3	1.293.206,9 KWh	684485,84 KgCO ₂ eq

Avaliação energética de soluções construtivas em paredes

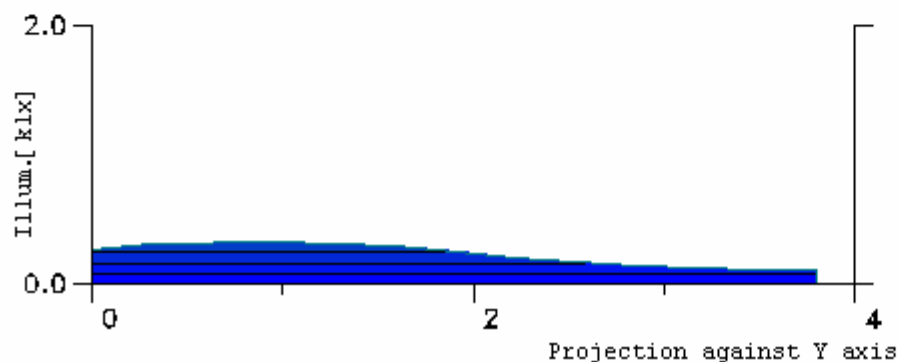
Soluções Construtivas Estudadas	Energia Incorporada (EE)	Energia de Manutenção Poupada num período de 30 anos (- ED)	Total (EE -ED) Total de poupanças em termos de LCA
Base – Alvenaria de Pedra (4cm de Isolamento)	0 kWh	-	-
Solução 1 – Parede dupla de tijolo 11+15	$1551510\text{kg} \times 0,70\text{kWh/kg} = 1086057,0 \text{ kWh}$	$- 24570,05 \text{ kwh/ano} \times 30 \text{ anos} = - 737101,5 \text{ kWh}$	348955,5 kWh

Solução	Poupanças de Energia (EE - ED) relativamente à Solução BASE	Redução das Emissões de CO ₂
Solução 1 – Parede dupla de tijolo 11+15	- 348.955,5 kWh	177.414,22 KgCO ₂ eq

GEE (kgCO ₂ eq/ton)			GEE			
Materiais de Construção	Extracção das matérias primas e fabrico	Transporte (200 km)	Fonte de Energia	CO ₂ (kg/GJ)	N ₂ O (g/GJ)	CH ₄ (g/GJ)
Poliestireno	200	500	Electricidade	140	9,4	2,5
Vidro	1300	Gás natural		64	0,1	102,5
Bloco de tijolo	300	Gasóleo		74	4,3	1,5
Bloco de betão	200	Propano		64	0,6	3,5



Illuminance [klx]



Fraunhofer Institute
of Building Ph

work surface no.: 1

statistical data

maximum: 1.04
minimum: 0.08
mean: 0.27

Location data

longitude: 8.90 deg
latitude: 38.52 deg
elevation: 35 m

Simulation date/time

15th of March at 12.0 h

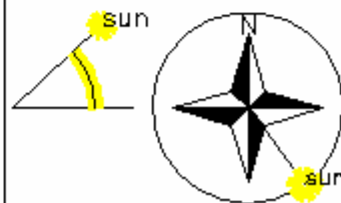
Sky Model

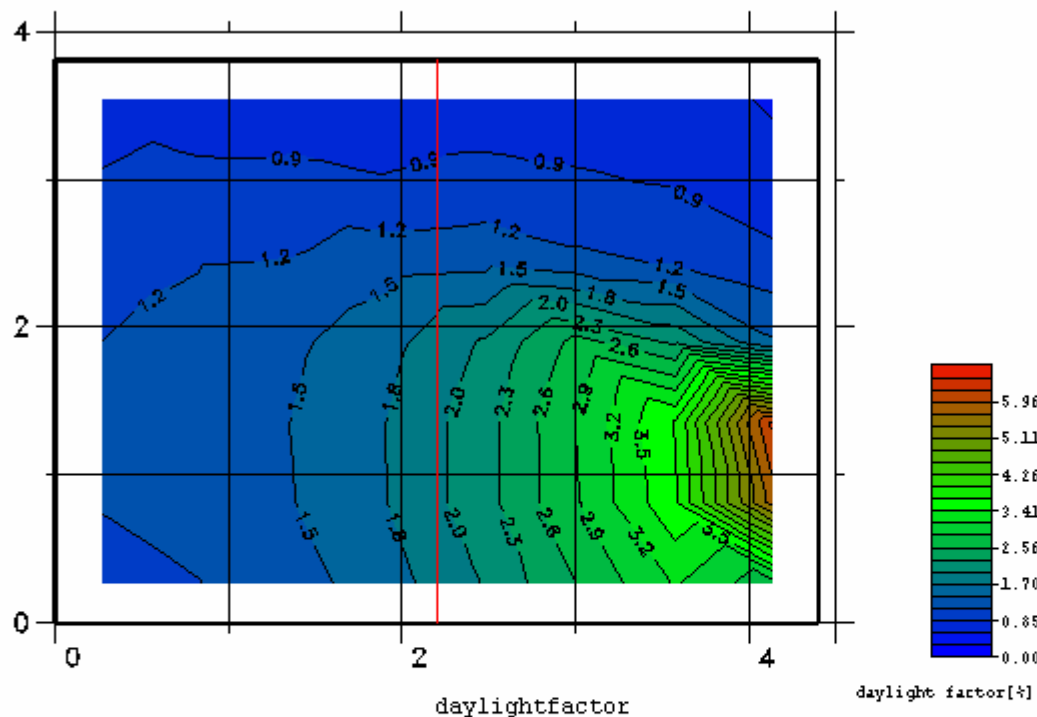
CIE clear sky with sun
ext. horiz. illuminance:
direct : 55.1 klx
diffuse: 16.1 klx

sun position

above horizon: 42.5 deg
south to east: 38.7 deg

window : 
sunpatch : 





Fraunhofer Institute
of Building Ph

work surface no.: 1

statistical data

maximum: 6.45

minimum: 0.56

mean: 1.68

Location data

longitude: 8.90 deg

latitude: 38.52 deg

elevation: 35 m

Simulation date/time

15th of March at 12.0 h

Sky Model

CIE clear sky with sun

ext. horiz. illuminance:

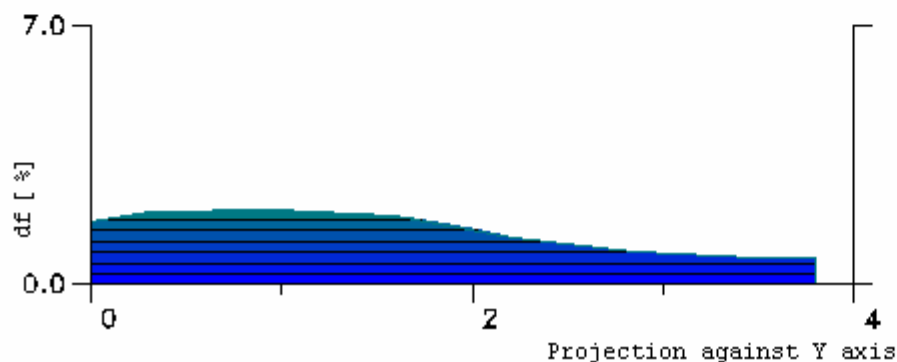
direct : 55.1 klx

diffuse: 16.1 klx

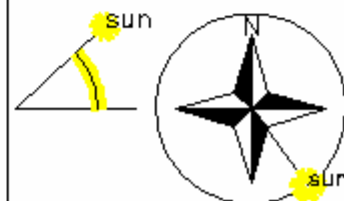
sun position

above horizon: 42.5 deg

south to east: 38.7 deg



window : 
sunpatch : 



Conclusões

- As boas soluções arquitectónicas em matéria de energia deverão considerar todos os aspectos aplicáveis. Como por exemplo; energia para manutenção do conforto térmico; energia eléctrica para iluminação artificial; energia incorporada na extracção, fabrico, e transporte dos materiais, sistemas e componentes utilizados na construção;
- Não existem ainda dados fiáveis que permitam aos arquitectos avaliarem diferentes soluções construtivas em termos do seu impacto no ambiente utilizando a metodologia de uma avaliação do ciclo de vida (LCA / Life Cycle Assessment) dos materiais da construção;
- O Design Arquitectónico tendo em atenção o desempenho dos espaços em termos da Iluminação Natural poderá ter um papel muito importante na redução das emissões de CO₂ devidas aos edifícios.
- A metodologia de design dos espaços, para tal efeito, deverá basear-se em regras de boa prática.

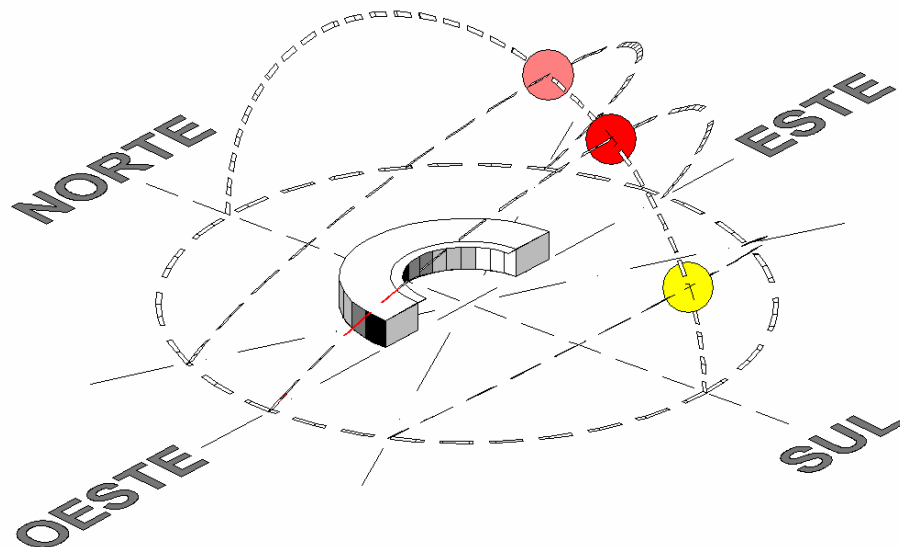
SUMÁRIO

- **Introdução**
- **Regulamentação Portuguesa e Conforto dos Edifícios**
- **O Clima de Portugal e as Estratégias bioclimáticas mais adequadas às diferentes regiões;**
- **Alguns Exemplos de Edifícios projectados e construídos em Portugal;**
- **Conceitos de Sistemas Passivos, Estratégias Bioclimáticas;**
- **Diferentes Tipos Funcionais de Edifícios e Estratégias/Sistemas mais adequados atendendo ao tipo de utilização;**
- **Conclusões.**

Introdução

(Necessidade de Projectar com o Clima)

- **Harmonia com a Natureza** - Em 1943 o Arquitecto Frank Lloyd Wright, projectou e construiu a casa Jacobs II em Wiscosin.



Introdução

(Necessidade de Projectar com o Clima)

- **Poupança Energética**

- Com a primeira crise do petróleo em 1973 começou a sentir-se necessidade de reduzir os consumos energéticos dos edifícios.

- **Preocupações com o Meio Ambiente**

- Uma grande parcela da energia que é utilizada nos edifícios é produzida por meios poluentes. Pelo que a adaptação dos edifícios ao clima passou justificar-se:
 - como meio de reduzir as emissões de CO₂ para a atmosfera (caso de Centrais Térmicas), ou;
 - como meio de reduzir os detritos nucleares (caso a energia consumida na habitação seja produzida por esse processo)

Introdução

(Projectar com o Clima em Portugal)

- **Em Portugal estas questões também se colocam. Porém de modo distinto de regiões como a Suécia, o Médio Oriente ou a África Tropical e Equatorial.**
- **Para Adaptar os Edifícios ao Clima de Portugal será necessário:**
 - **Conhecer o Clima;**
 - **Conhecer os processos de desempenho energético dos edifícios.**

Regulamentação Portuguesa e Conforto dos Edifícios - objectivos, e metodologia.

- **Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) - Decreto-Lei 40/90 de 6 de Fevereiro.**
 - **1º Objectivo do RCCTE -**
Que o conforto no interior dos edifícios seja obtido sem excessivo dispêndio de Energia
 - **2º Objectivo do RCCTE -**
Evitar patologias dos edifícios devidas à ocorrência de condensações
- **Requisitos mínimos de qualidade térmica**

R.C.C.T.E. - 1º Objectivo

O Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (R.C.C.T.E. / Decreto-Lei 40/90 de 6/2)

Para tal é usado um método de tipo “Solar Load Ratio”

Impõe que o conforto no interior dos edifício seja obtido com pouco dispêndio de energia

N_{IC} = Nec. Nom. Energ. Inverno;
 N_I = Nec. Energia de Referência
 N_{VC} = Nec. Nom. Energ. Verão;
 N_V = Nec. Energia de Referência

$$\frac{N_{IC}}{N_I} \leq 1,0 \text{ e } \frac{N_{VC}}{N_V} \leq 1,0$$

2º Objectivo do RCCTE - Evitar patologias dos edifícios devidas à ocorrência de condensações (Requisitos mínimos de qualidade térmica)

INVERNO

O RCCTE estabelece que a envolvente dos Edifícios nunca poderá exceder os “K máximos”:

Coeficientes de transmissão térmica máximos admissíveis ($K - W/m^2 \cdot ^\circ C$)

Elementos da Envolvente	Zona Climática		
	I_1	I_2	I_3
Elementos exteriores:			
Zonas opacas horizontais	1,25	1,00	0,90
Zonas opacas verticais	1,80	1,60	1,45
Elementos interiores:			
Zonas opacas horizontais	1,65	1,30	1,20
Zonas opacas verticais	2,00	2,00	1,90

1º Objectivo do RCCTE - Que o conforto no interior dos edifícios seja obtido sem excessivo dispêndio de Energia (Requisitos mínimos de qualidade térmica)

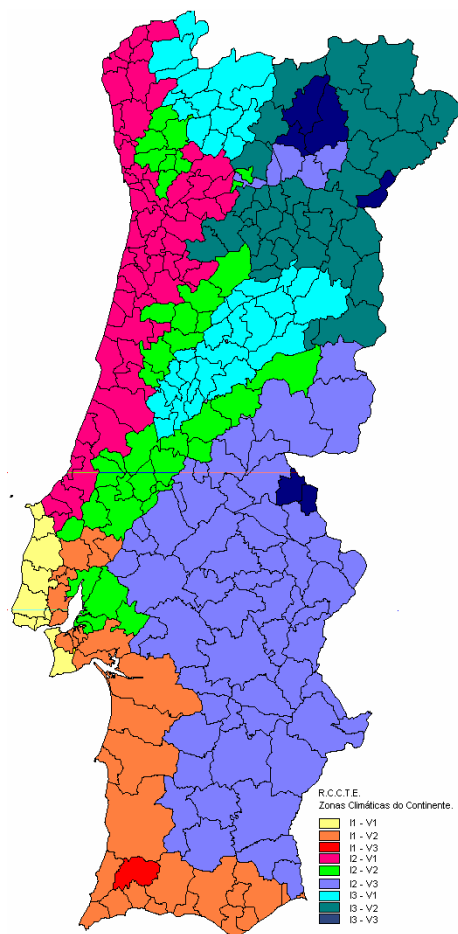
VERÃO

O RCCTE estabelece que os factores solares dos envidraçados nunca poderão exceder certos valores máximos:

Factores solares máximos admissíveis

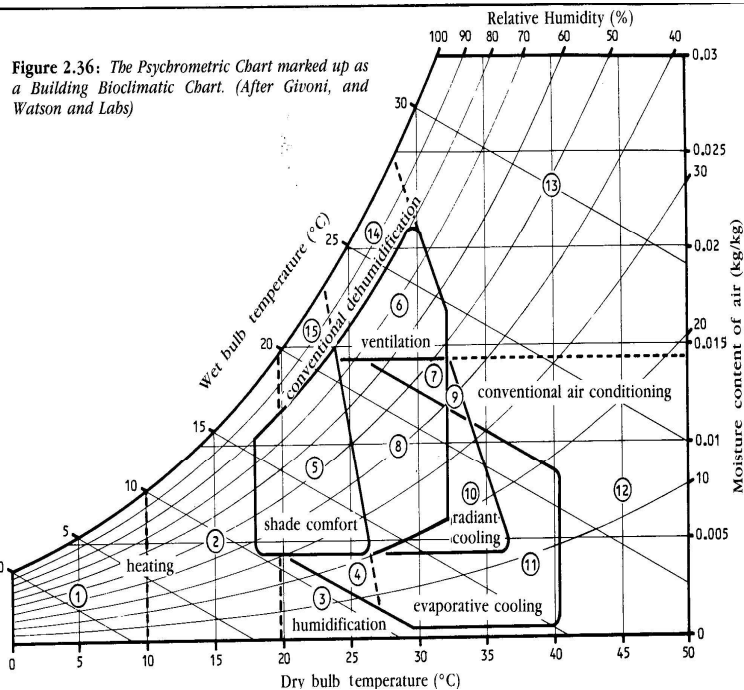
Classe de Inércia Térmica	Zona Climática		
	V_1	V_2	V_3
Fraca	0,15	0,15	0,10
Média	0,56	0,56	0,50
Forte	0,56	0,56	0,50

Zonas Climáticas definidas na Regulamentação Portuguesa



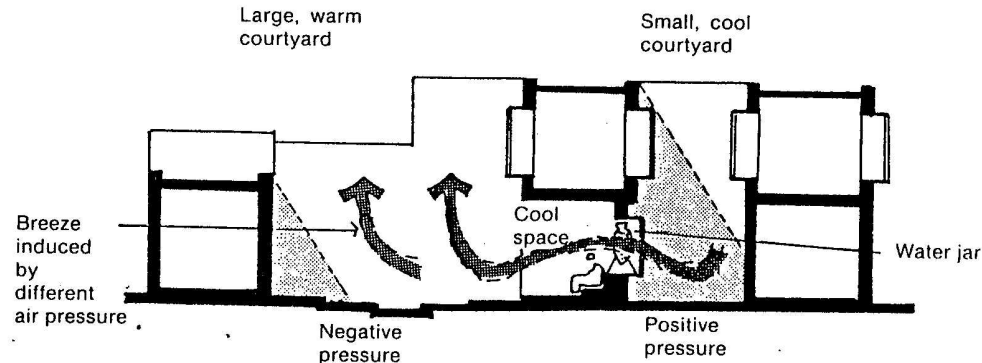
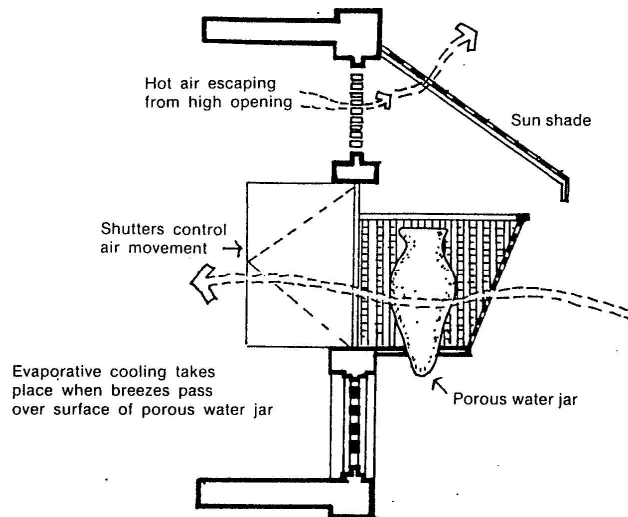
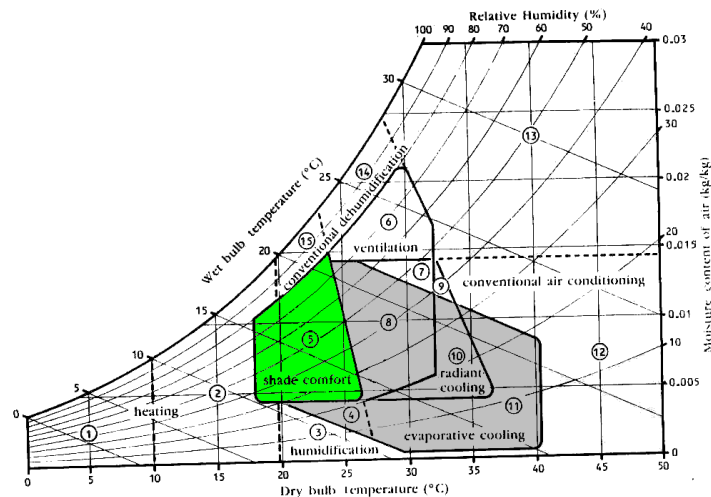
- **INVERNO** - Promover ganhos solares e restringir perdas por condução:
 - I_1 = Importante;
 - I_2 = Muito Importante;
 - I_3 = Muitíssimo Importante
- **VERÃO** — Restringir ganhos solares e ganhos de calor por condução:
 - V_1 = Importante;
 - V_2 = Muito Importante;
 - V_3 = Muitíssimo Importante.

A Carta Bioclimática (Baruc Givoni)



- **Estratégias de Verão:**
 - Ventilação ou;
 - Arrefecimento Evaporativo ou;
 - Massa Térmica.

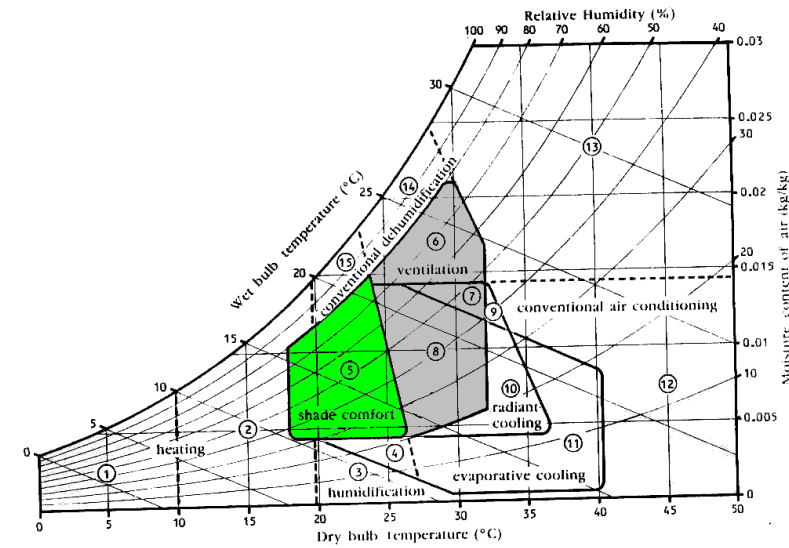
Estratégias Bioclimáticas de Verão



- Arrefecimento Evaporativo

Estratégias Bioclimáticas de Verão

- Ventilação [1]



Estratégias Bioclimáticas de Verão

- Ventilação [2]

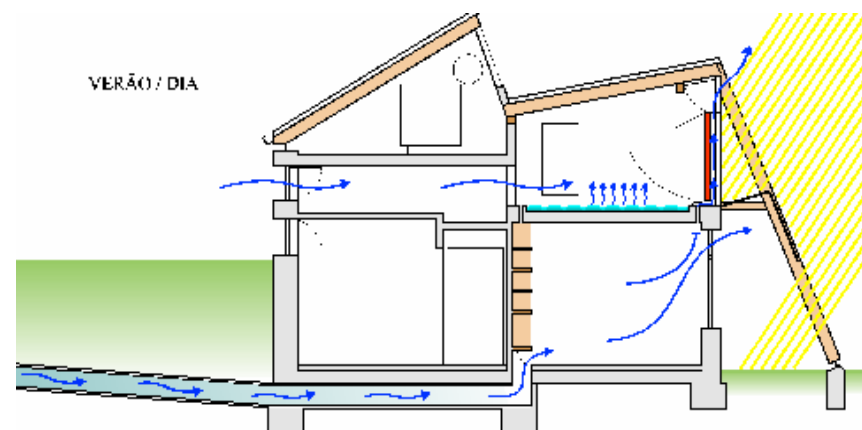
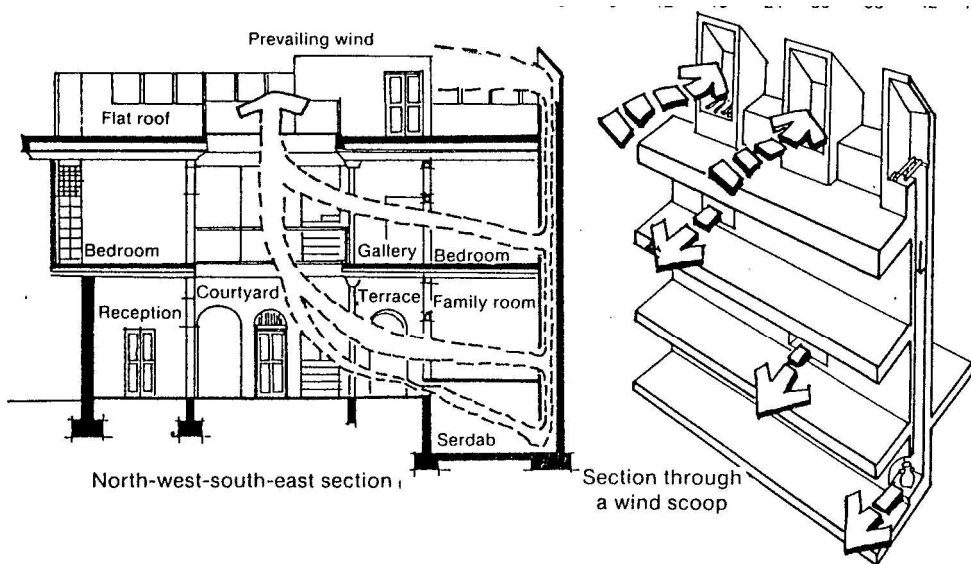
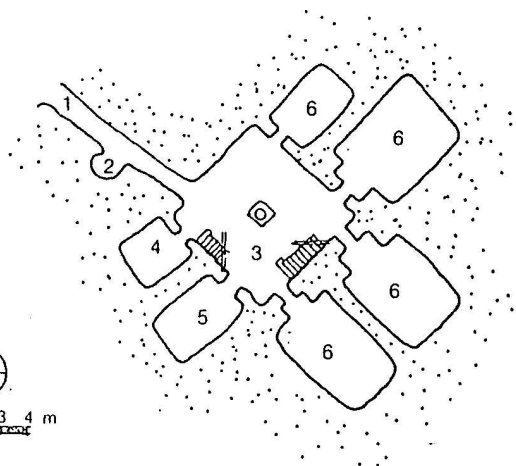
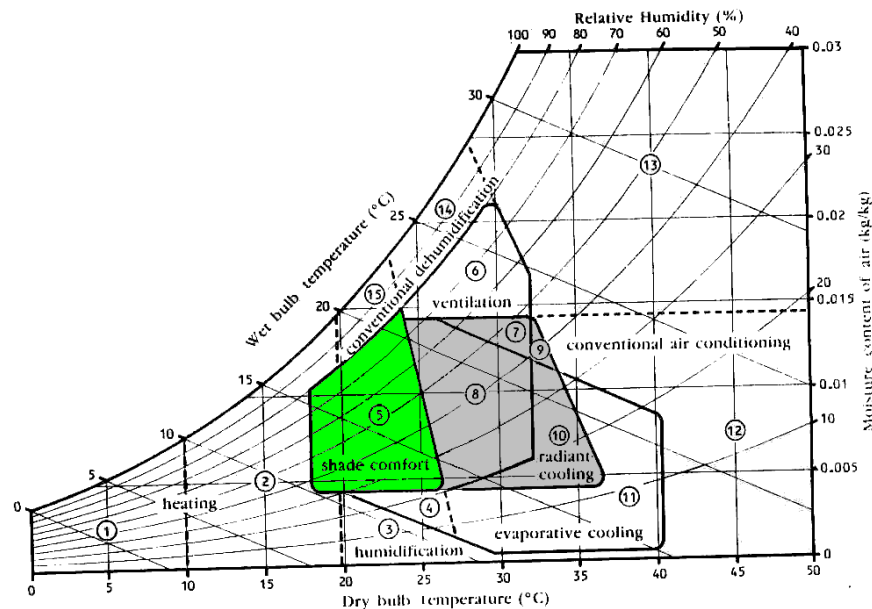


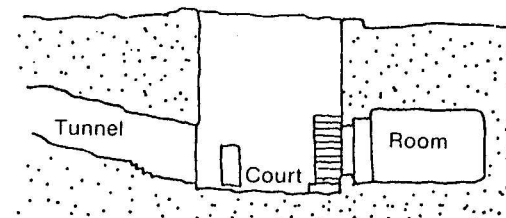
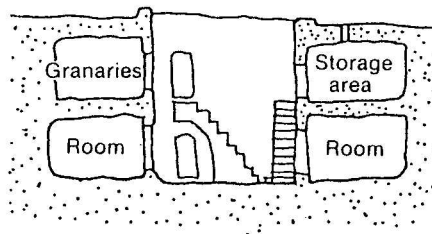
Figure 7. Ventilation flows through a typical Iraqi house (Al-Azzawi, 1969)

Estratégias Bioclimáticas de Verão

• Massa Térmica



- 1 Tunnel
- 2 Stable
- 3 Courtyard
- 4 Cooking
- 5 Granaries
- 6 Rooms

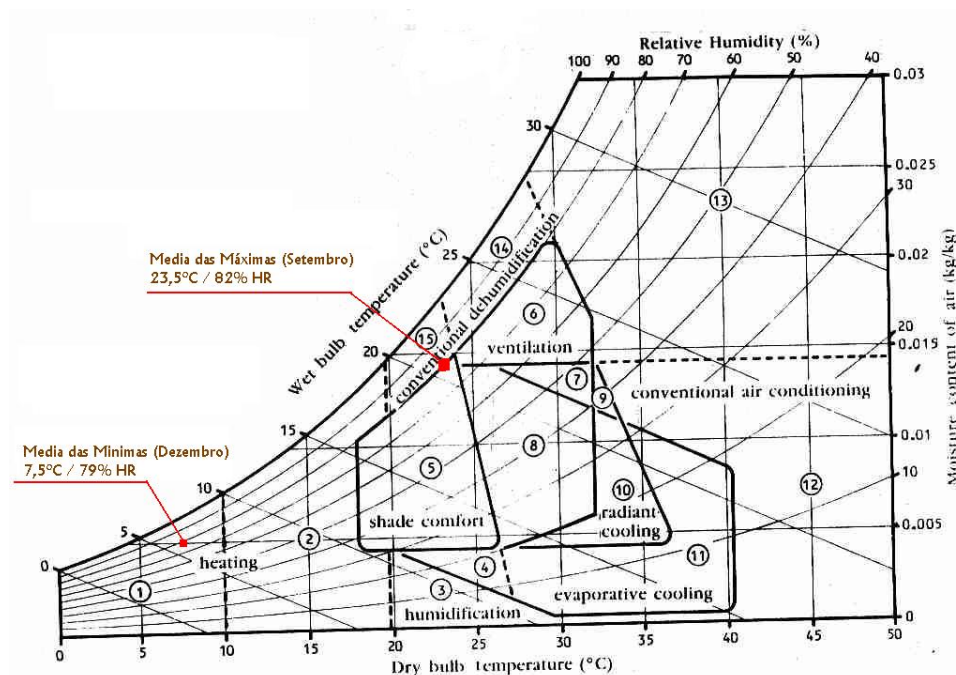
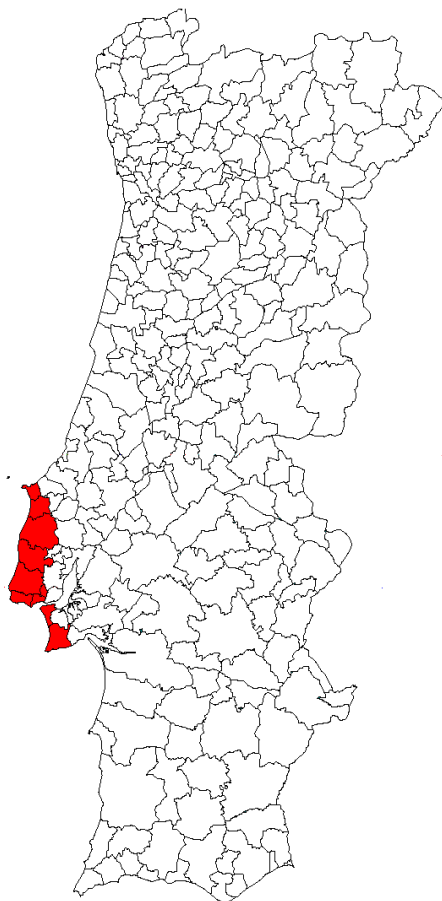


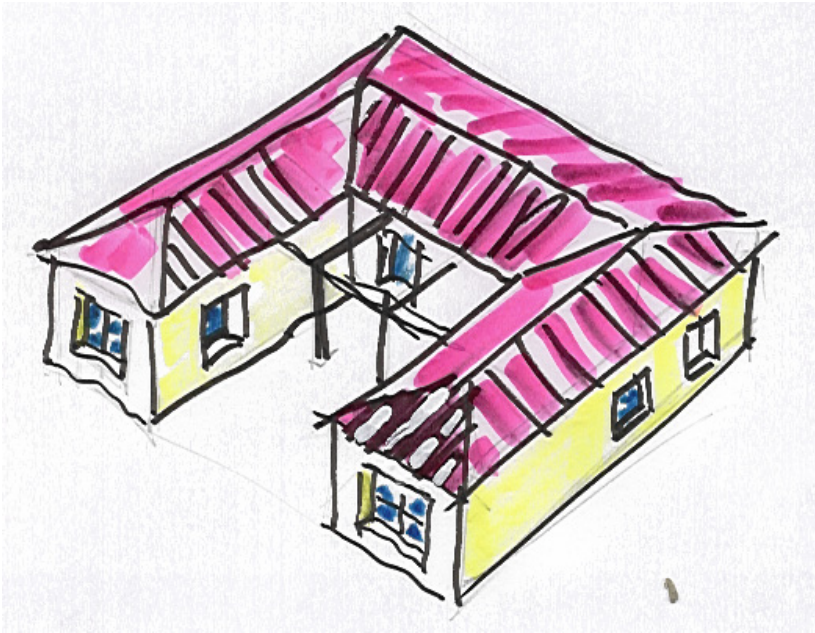
Exemplos de Sistemas Passivos para Adaptação dos Edifícios ao Clima de Portugal

- **Sistemas para o Inverno [Estratégias]:**
 - Estufas [Ganhos de radiação];
 - Paredes de Trombe [Ganhos de radiação];
 - Colectores a ar [Ganhos de radiação];
 - Isolamento na Envolvente [Conservação de Energia].
- **Sistemas para Verão [Estratégias]:**
 - Tubos Enterrados [Ventilação];
 - Fontes, espelhos de água [Arrefecimento Evaporativo];
 - Isolamento na Envolvente [Conservação de Energia].
- **Iluminação Natural:**
 - Janelas;
 - Lumidutos.

Climas I1-V1

- **Carta Psicrométrica (Colares)**





Climas I1-V1

- **Estratégias RCCTE**

- Inverno

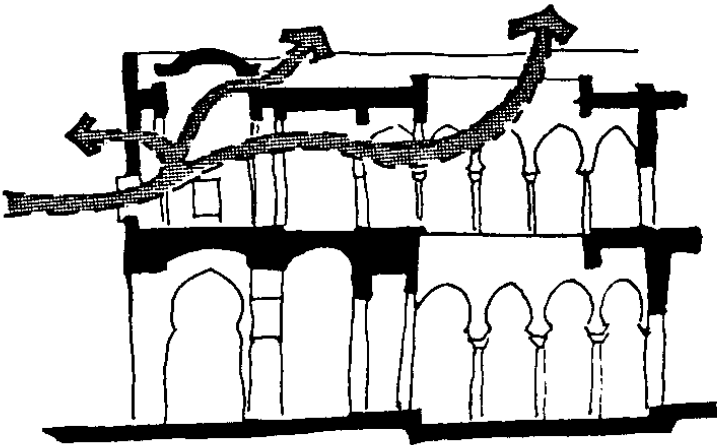
- Promover ganhos solares = Importante

- Verão

- Restringir ganhos solares = Importante

- **Estratégias de Verão**

- Ventilação



VALE ROSAL

Arqº. Fausto Simões

Charneca da Caparica
1986



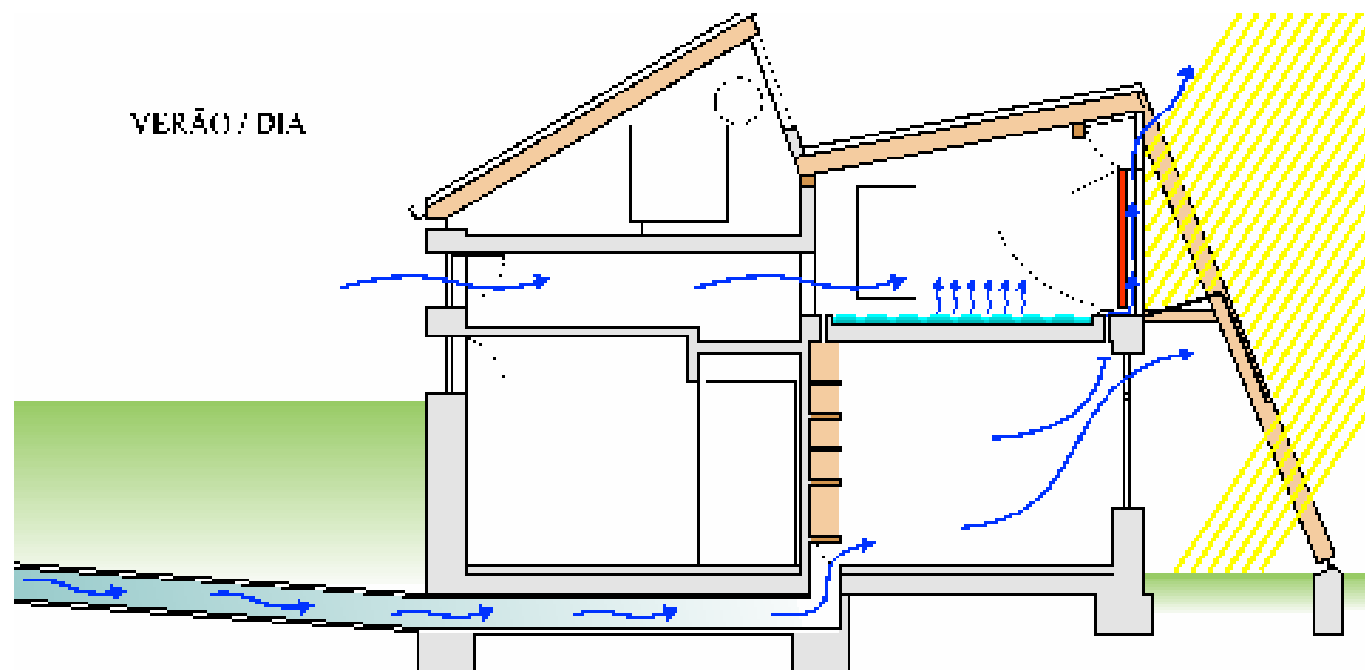


VALE



ROSAL

Casa Solar em Porto Santo

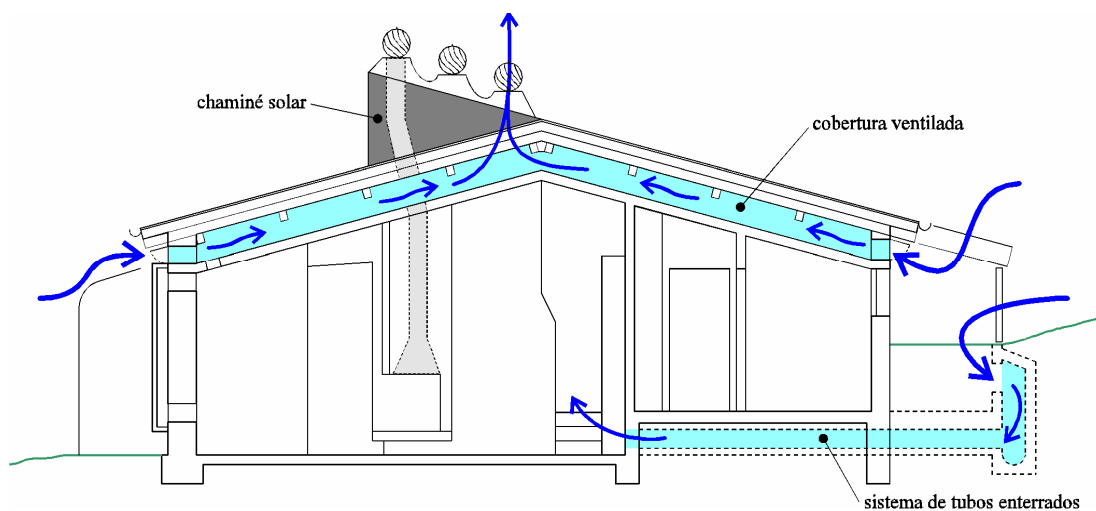


Arrefecimento Passivo



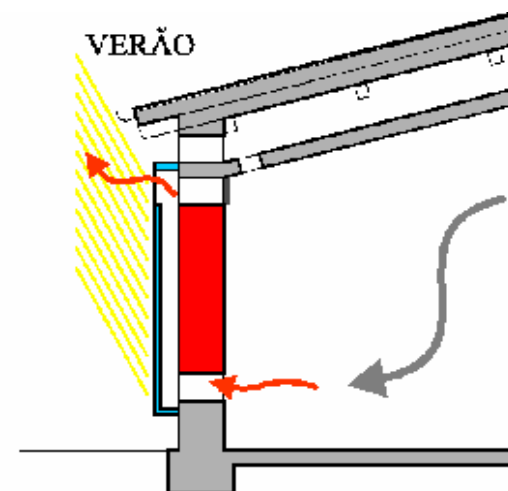
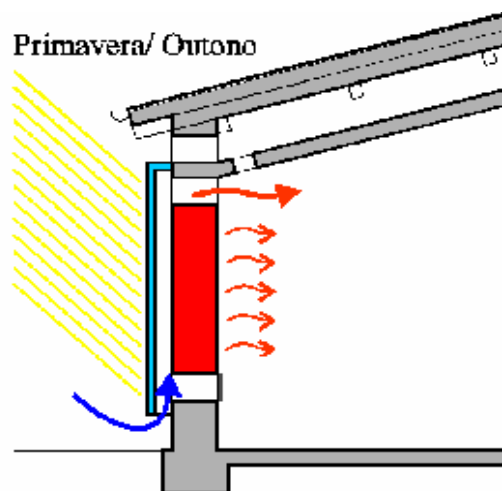
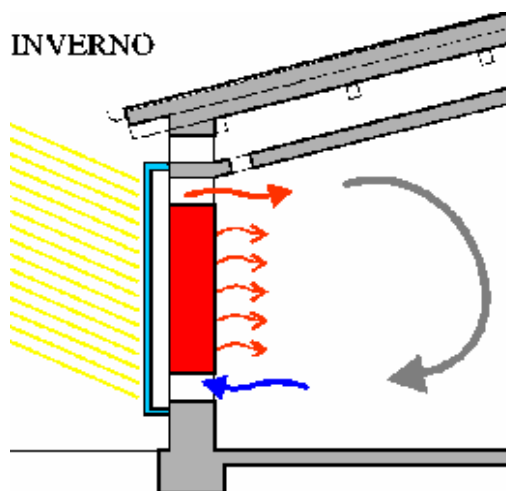
**Casa “Schaefer”
em Porto Santo**

Ground Cooling e Ventilação Natural



Paredes de “Trombe”

Casa “Schaefer”
em Porto Santo



Paredes de “Trombe”

Sistemas Solares Passivos:

- De ganho Solar – Parede de “Trombe”;
- De conservação de energia – Isolamento pelo exterior em revestimento isolante com acabamento em argamassa sintética de espessura delgada com estrutura resistente em rede de fibra de vidro.

Jade 1

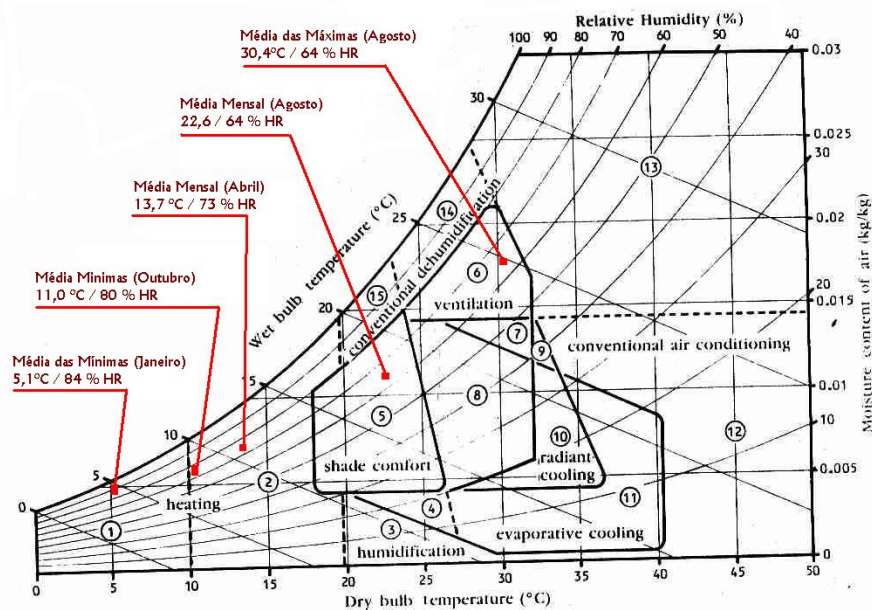
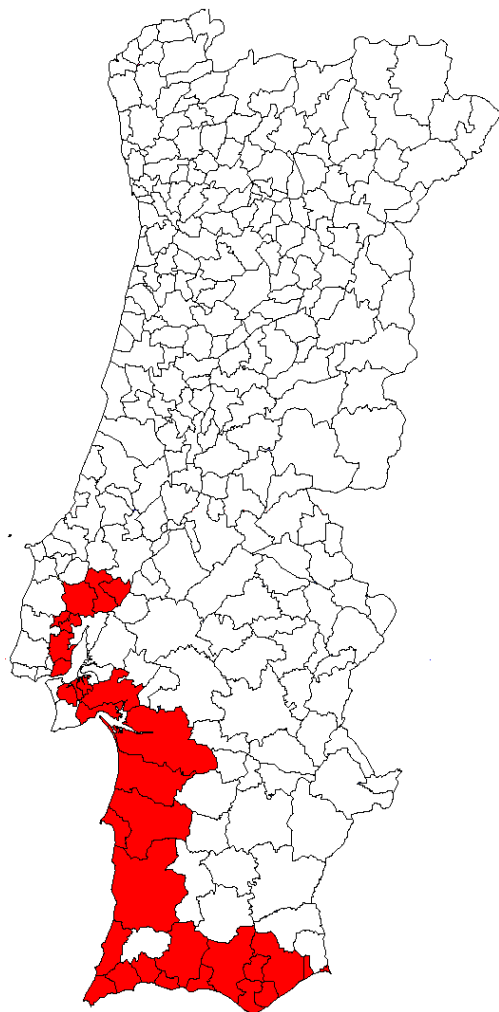


Jade 2



Climas I₁-V₂

- Carta Psicrométrica (Grândola)

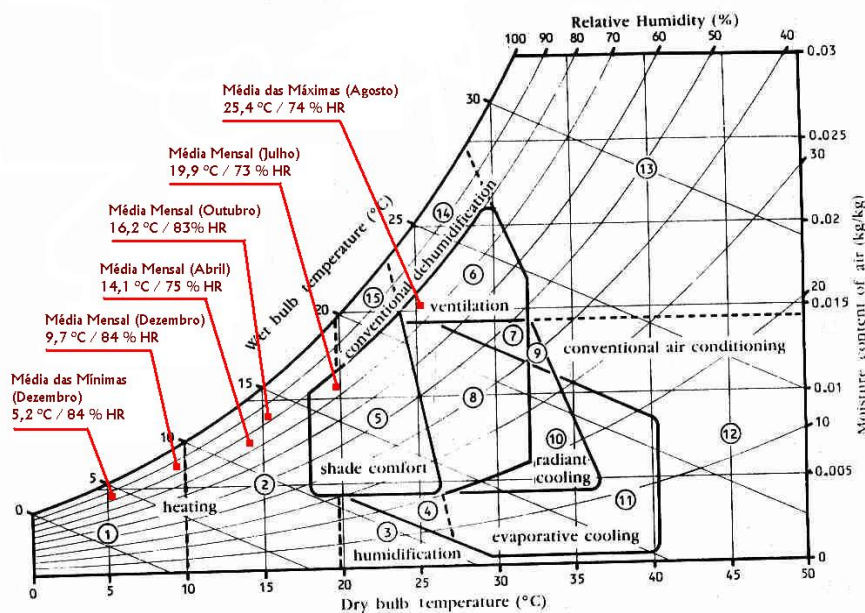
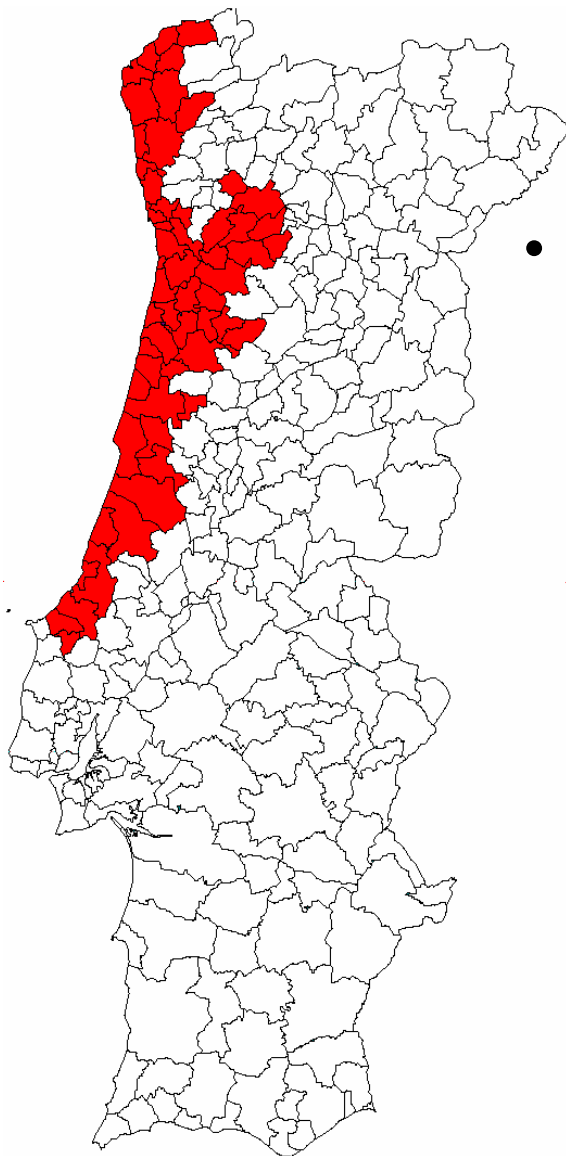


Edifício de Escritórios da Empresa Soalgoz Algoz [I₁-V₂]



Climas I₂-V₁

- Carta Psicrométrica (Montemor-O-Velho)



Duas casas na cidade do Porto [I_2 - V_1]

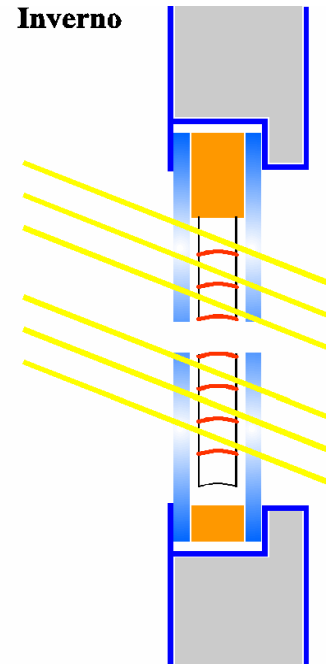
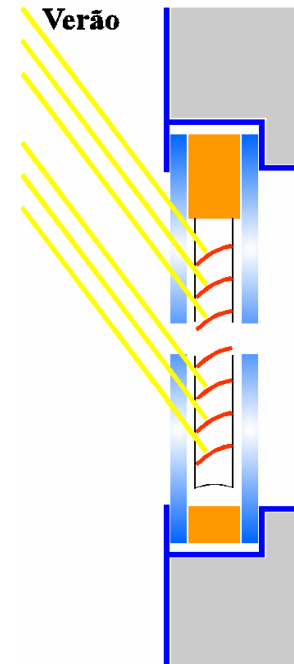
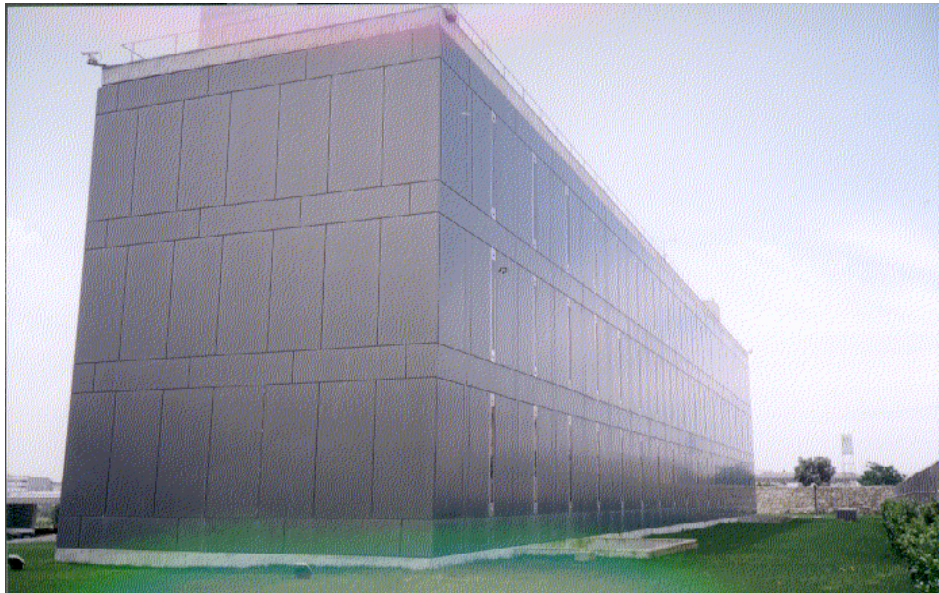
Casa “João Delgado”



Casa Laboratório do INETI (Parede de “Trombe”)

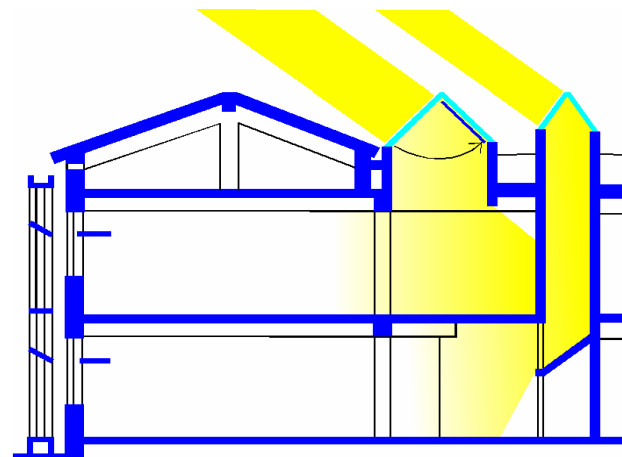
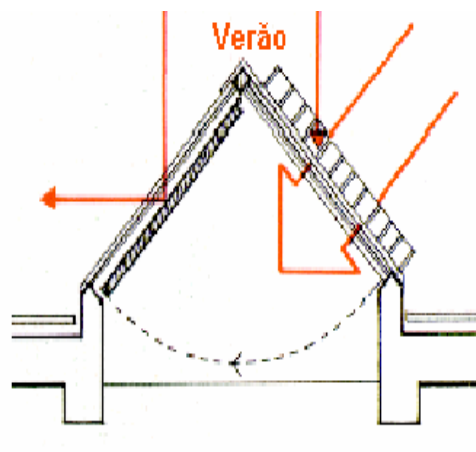
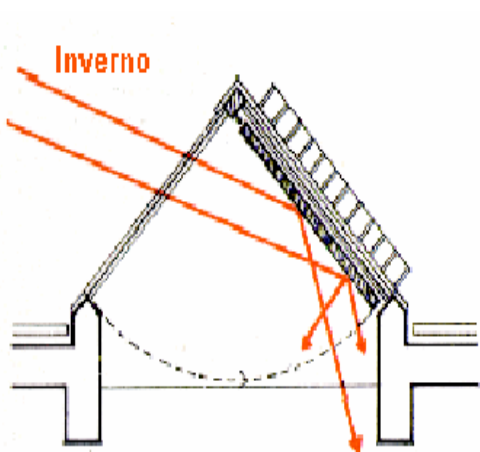
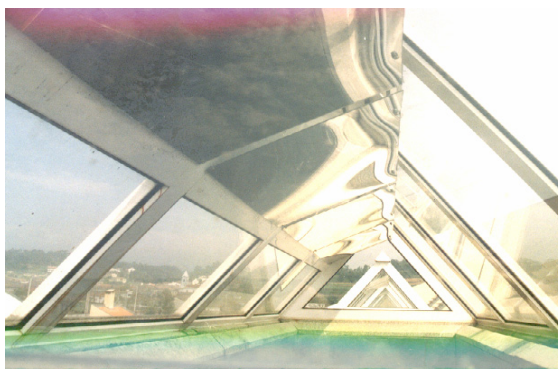


Centro de Comunicações (Porto)



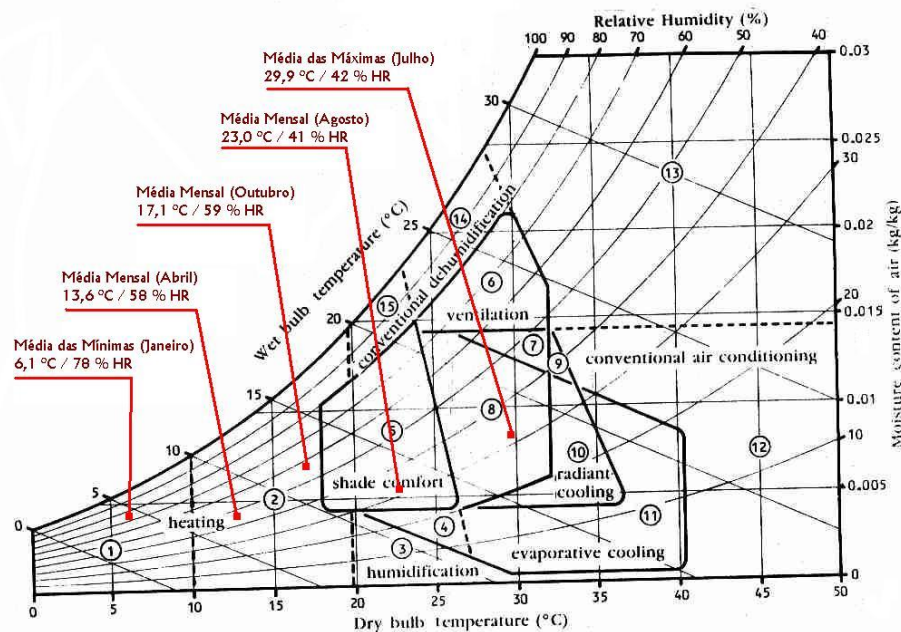
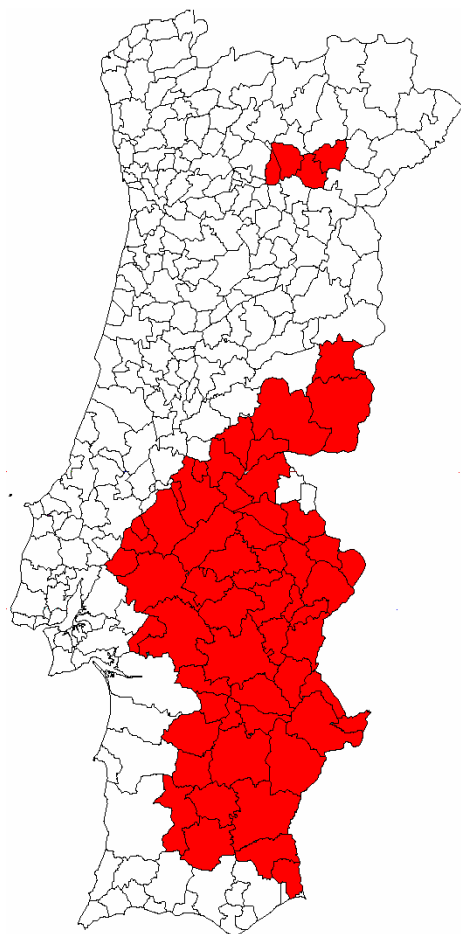
Iluminação Natural

Escola Secundária do Vouga



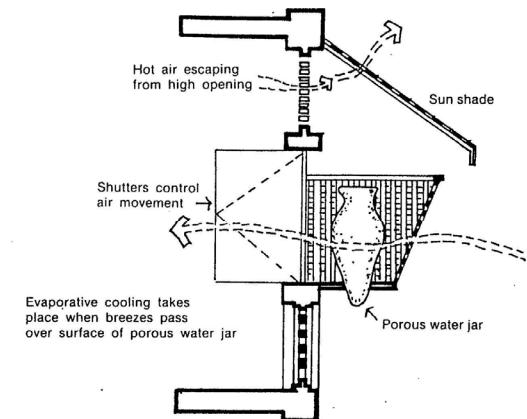
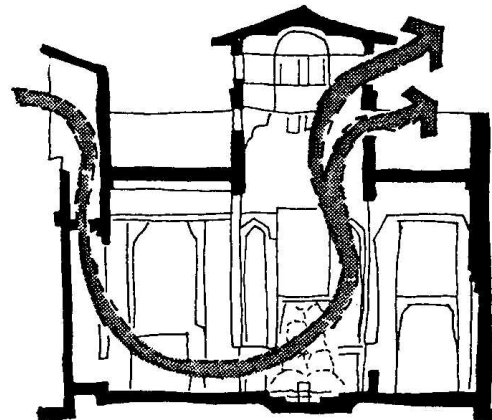
Climas I2-V3

- Carta Psicrométrica (Évora)



Climas I2-V3

- **Estratégias RCCTE**
 - Inverno - Promover ganhos solares = Muito Importante
 - Verão - Restringir ganhos solares = Muitíssimo importante
- **Estratégias de Verão - Arrefecimento Evaporativo**

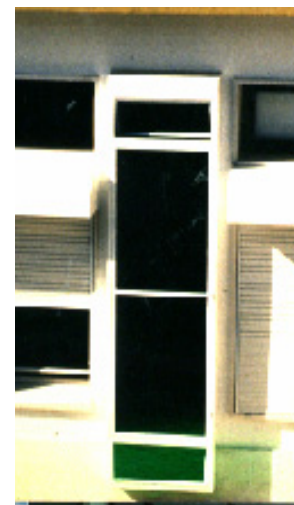
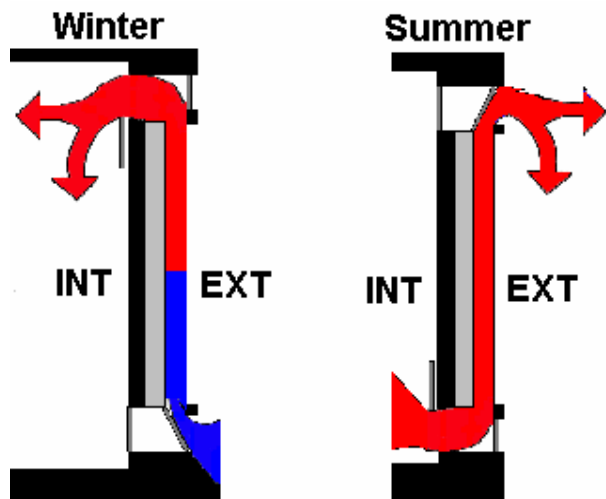


Ventilação no Inverno;



Escola do Crato
[I₂-V₃]

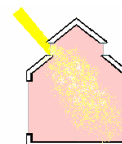
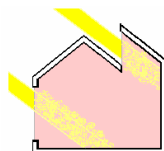
Painel Solar (Colector de Ar)



Agência Bancária – Pedrogão Grande [I₂ V₃]

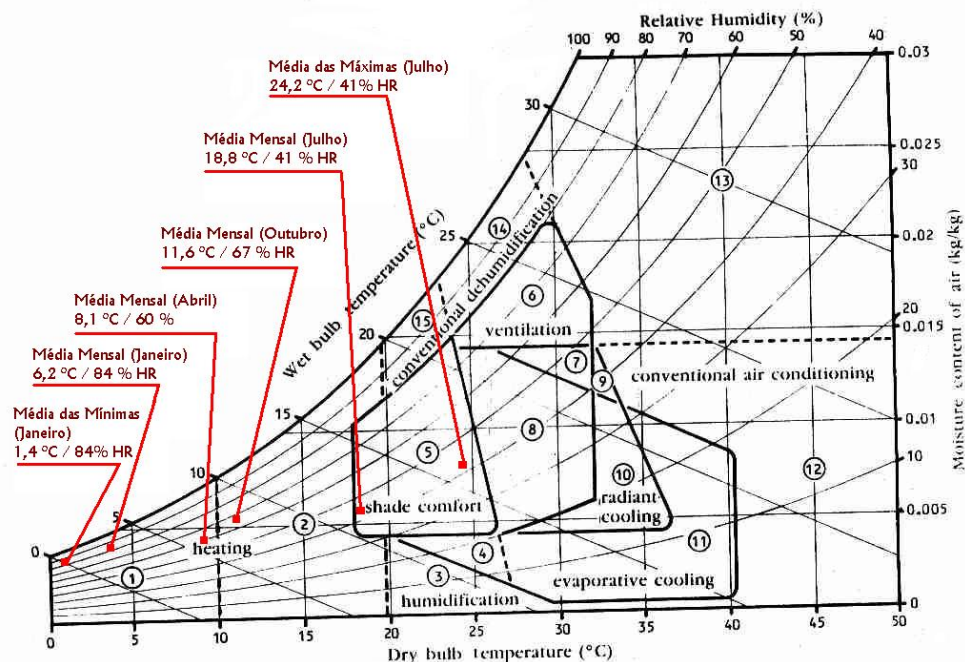
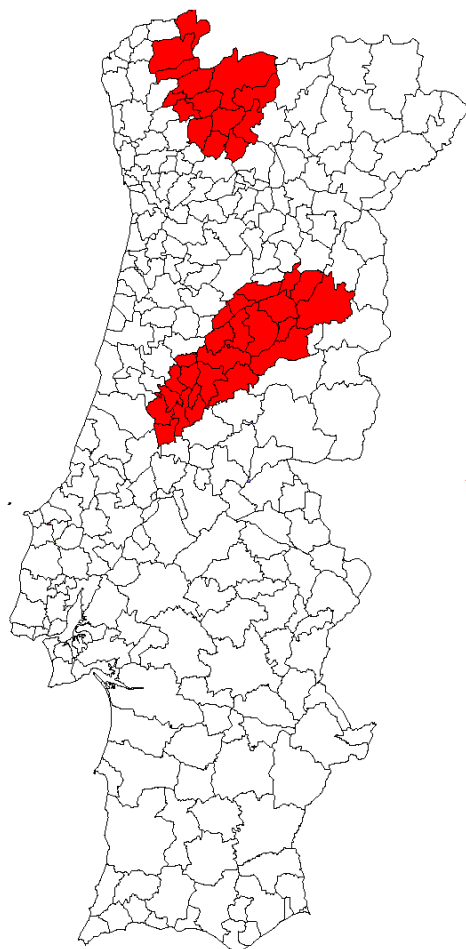


Centro de Reabilitação – Abrantes [I₂ V₃]



Climas I3-V1

- Carta Psicrométrica (Guarda)





Climas I3-V1

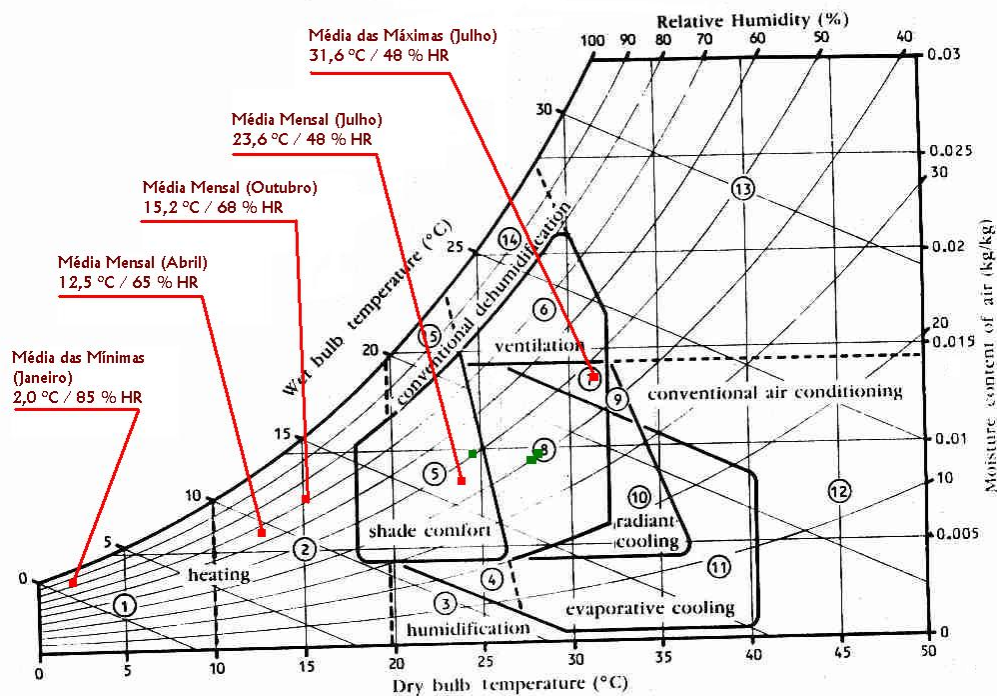
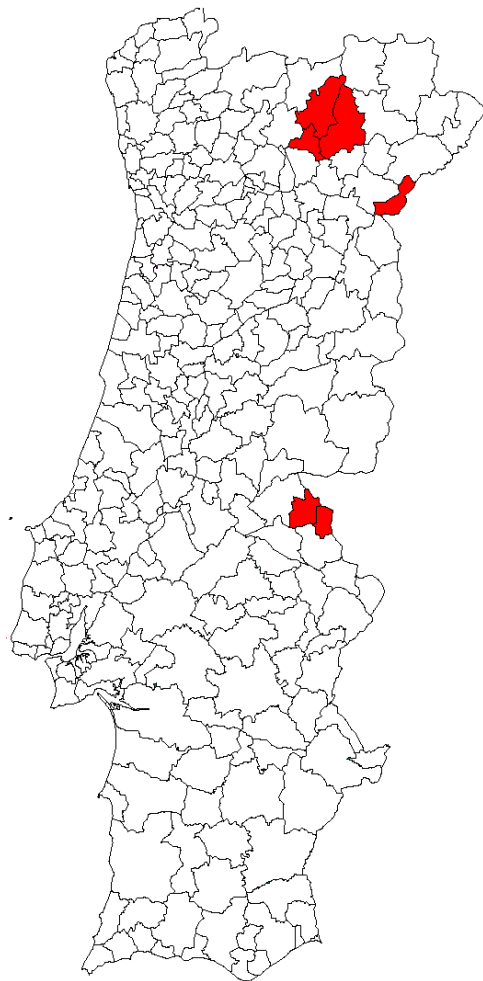
- **Estratégias RCCTE**
 - Inverno - Promover ganhos solares = **Muitíssimo importante**
 - Verão - Restringir ganhos solares = **Importante**

Centro da Biomassa para a Energia – Miranda do Corvo [I3-V1]

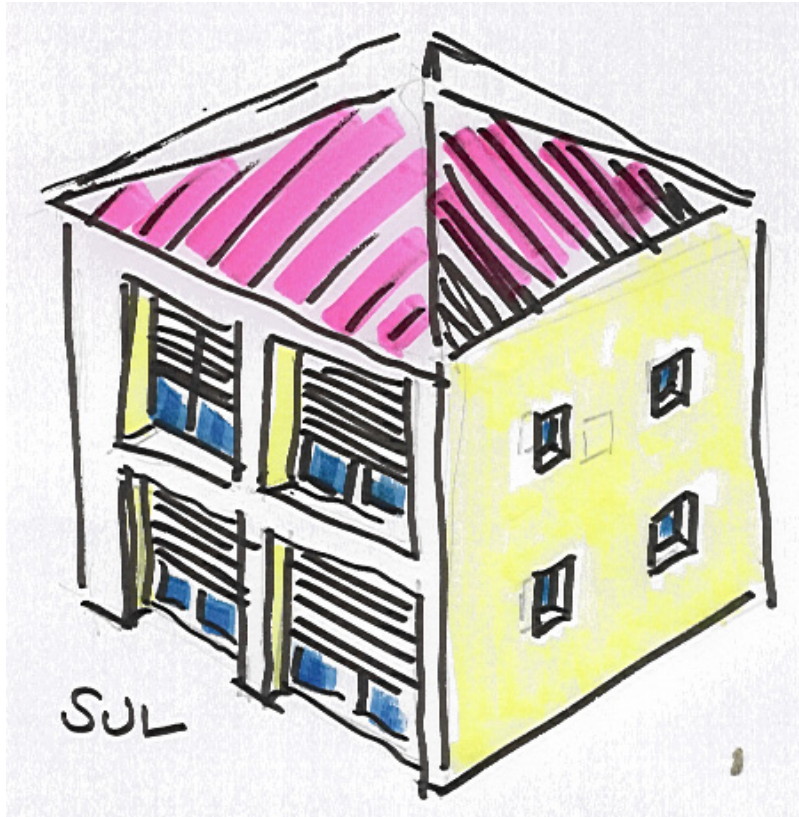


Climas I3-V3

- Carta Psicrométrica (Mirandela)



Climas I3-V3



- **Estratégias RCCTE**
 - Inverno - Promover ganhos solares = **Muitíssimo importante**
 - Verão - Restringir ganhos solares = **Muitíssimo importante**
- **Estratégias de Verão - Arrefecimento Evaporativo**
 - Planta Quadrada favorece o factor de forma e diminue as perdas de condução;
 - Grandes áreas de vidro a Sul c/ protecções muito Eficazes.

Moradia em S. Pedro de Moel; Marinha Grande [I₂-V₁]







Novo Edifício Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos em Algés, Um Edifício Energeticamente eficiente.



Rui Paz Rafael - Arquitecto Coordenador do Projecto;

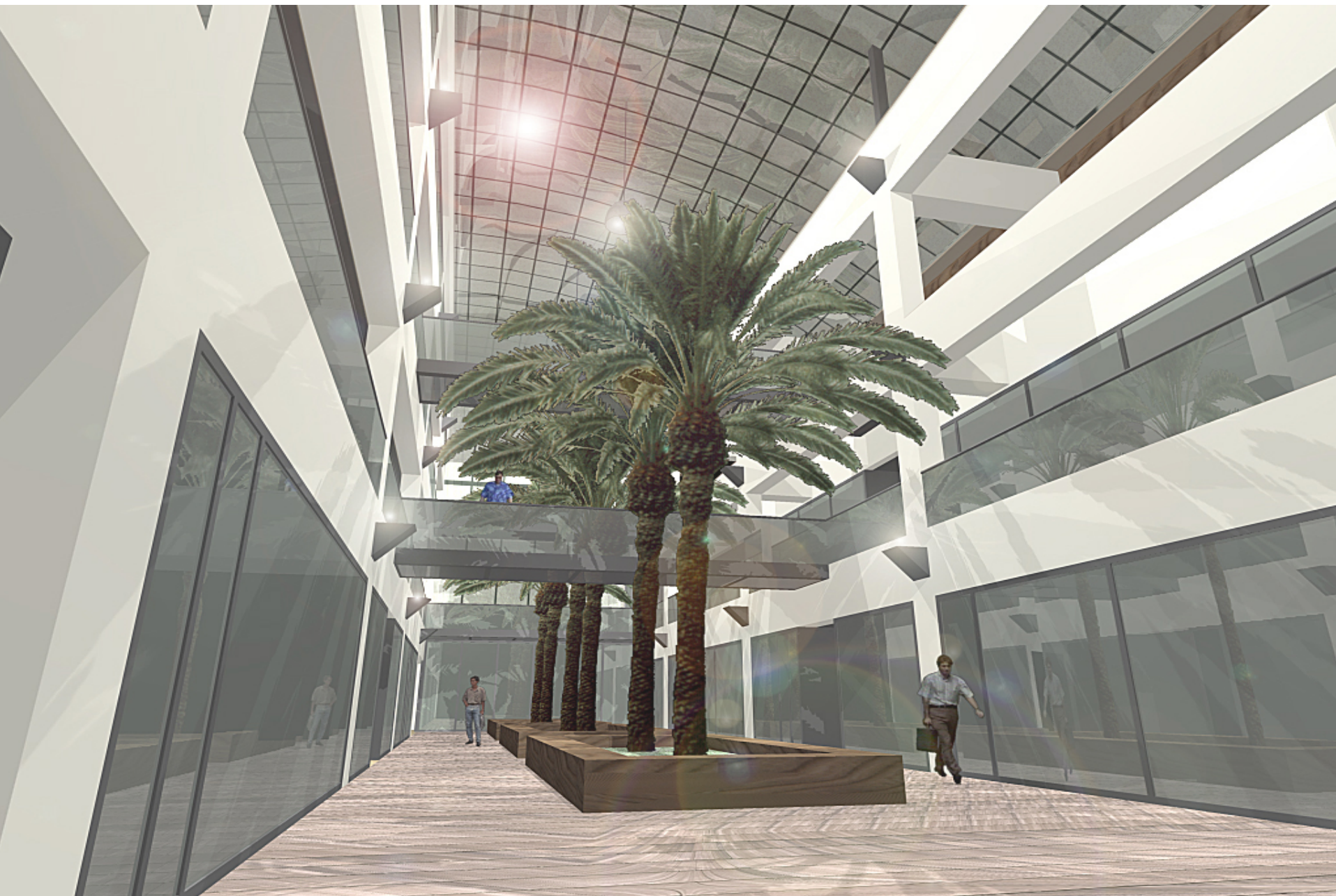
João Mariz Graça - Arquitecto / Estudos Energéticos para a Envolvente;

Pedro Espada Cordeiro, Arquitecto;

Ricardo Moura, Arquitecto.

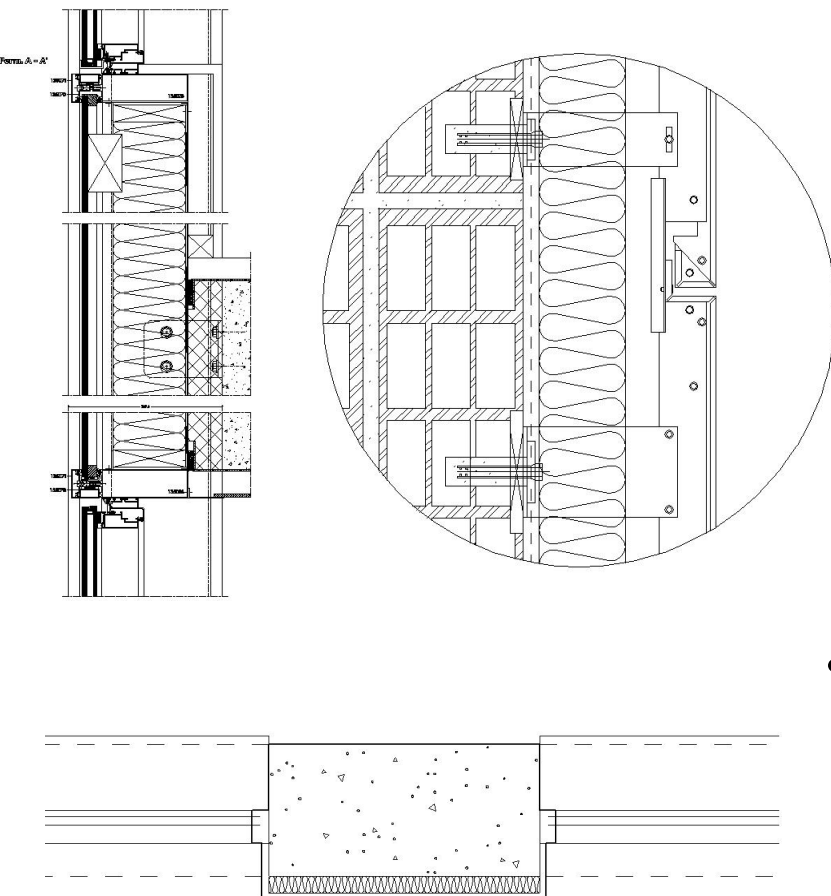


Descrição resumida do projecto [Instituto Marítimo Portuário em Algérs]



Optimização energética da Envolvente

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]



- Paredes:

- Duplas de Alvenaria c/ Isolamento de 8 cm de espessura - $K=0,32\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$;
- Integradas em Fachada Cortina revestidas exteriormente c/ chapa metálica, c/ Isolamento de 15 cm de espessura - $K=0,26\text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$;
- Zonas estruturais revestidas c/ Isolamento pelo Interior c/ 5 cm de espessura - $K=0,56\text{ W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$;

- Coberturas:

- Invertidas em laje maciça c/ 10 cm de Isolamento - $K=0,30\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$;

- Pavimentos Interiores:

- Laje Aligeirada com áreas ocas; isolamento de 5 cm de espessura pelo interior - $K=0,48\text{W/m}^2\cdot^\circ\text{C}$

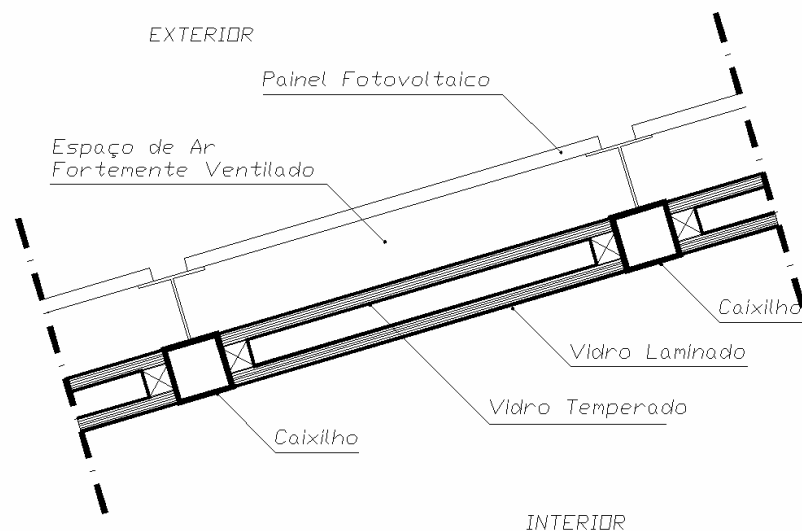
Optimização energética da Envolvente

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]

Envidraçados:

- vidro duplo c/ caixilharia de Corte térmico;
- $K=1,78 \text{ W/m}^2.\text{°C}$;
- Factor Solar de Inverno $F_s = 0,32$; Ou $F_s = 0,17$;
- Factores Solares de VerPto:
 - Em Zonas **sem** persiana exterior $F_s = 0,32$;
 - Em Zonas **com** persiana exterior $F_s = 0,02$;
 - Na Cobertura do Átrio $f_c = 0,17$.

Inércia Forte.



Inverno	Necessidades Nominais de Aquecimento	Verão	Necessidades Nominais de Arrefecimento
N_{ic} (KW h/m ² .ano)	8,9	N_{vc} (KW h/m ² .ano)	8,7
N_l (KW h/m ² .ano)	33,2	N_v (KW h/m ² .ano)	17,6

Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]

- Estando perante um edifício de serviços, introduziu-se a metodologia da avaliação da Iluminação Natural, apenas com os seguintes objectivos:
 - Encontrar metodologias de projecto de avaliação da iluminação natural de fácil implementação futura no decurso da elaboração dos projectos de arquitectura;
 - Extrair regras de projecto para projectos futuros.
- Assim, efectuaram-se:
 - Simulações com o programa ADELINE3 [sub-programas Superlite e Superlink], em diferentes compartimentos com diferentes soluções de envidraçados, com avaliação de:
 - níveis de iluminação no plano de trabalho e,
 - poupanças energéticas devidas à iluminação natural.
 - Comparação dos resultados obtidos.

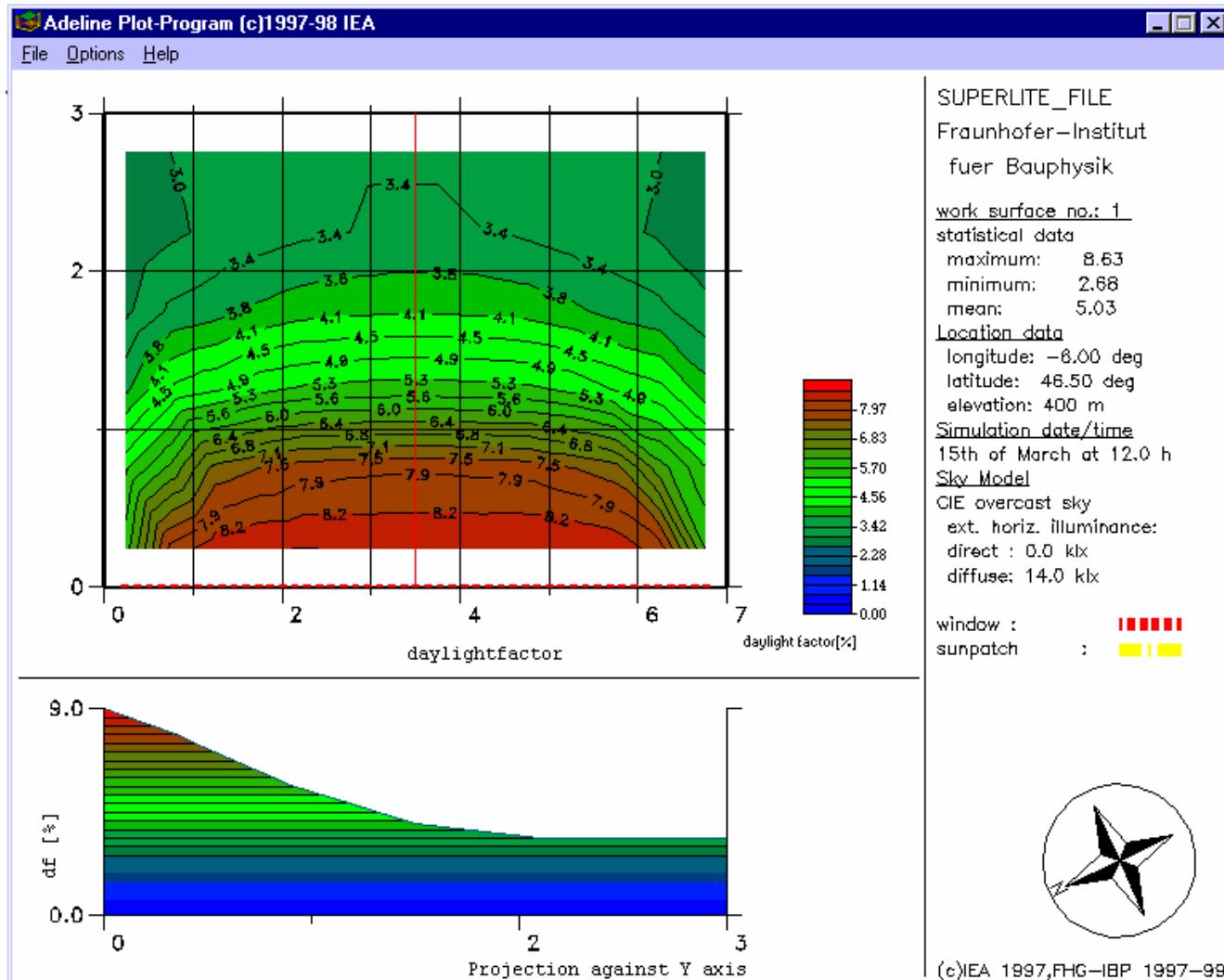
Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Alés*]

- Compartimentos Estudados
 - Gabinete 1 - 4m de Largura, 7m de Profundidade, Janela c/ 3,8x2m;
 - Gabinete 2 - 4m de Largura, 4m de Profundidade, Janela c/ 3,8x2m
 - Gabinete 3 - 7m de Largura, 3m de Profundidade, Janela c/ 6,8x2m.
- Acabamentos.
 - Paredes pintadas de Branco (Reflectância = 70%);
 - Tectos cinzentos claros (Reflectância = 60%);
 - Pavimento em Linóleo (Reflectância = 30%).
 - Envidraçados [Transmitância = 32%(vidro nu) ou 2% (c/ persiana fechada)].
- Definições de Projecto [consideradas pelo programa SuperLink]
 - Iluminância requerida para o plano de trabalho = 500,0 Lux;
 - Potência Total da instalação de Iluminação em cada sala = 350 W;
 - Eficiência Luminosa do sistema de Iluminação = 43 Lm/W.

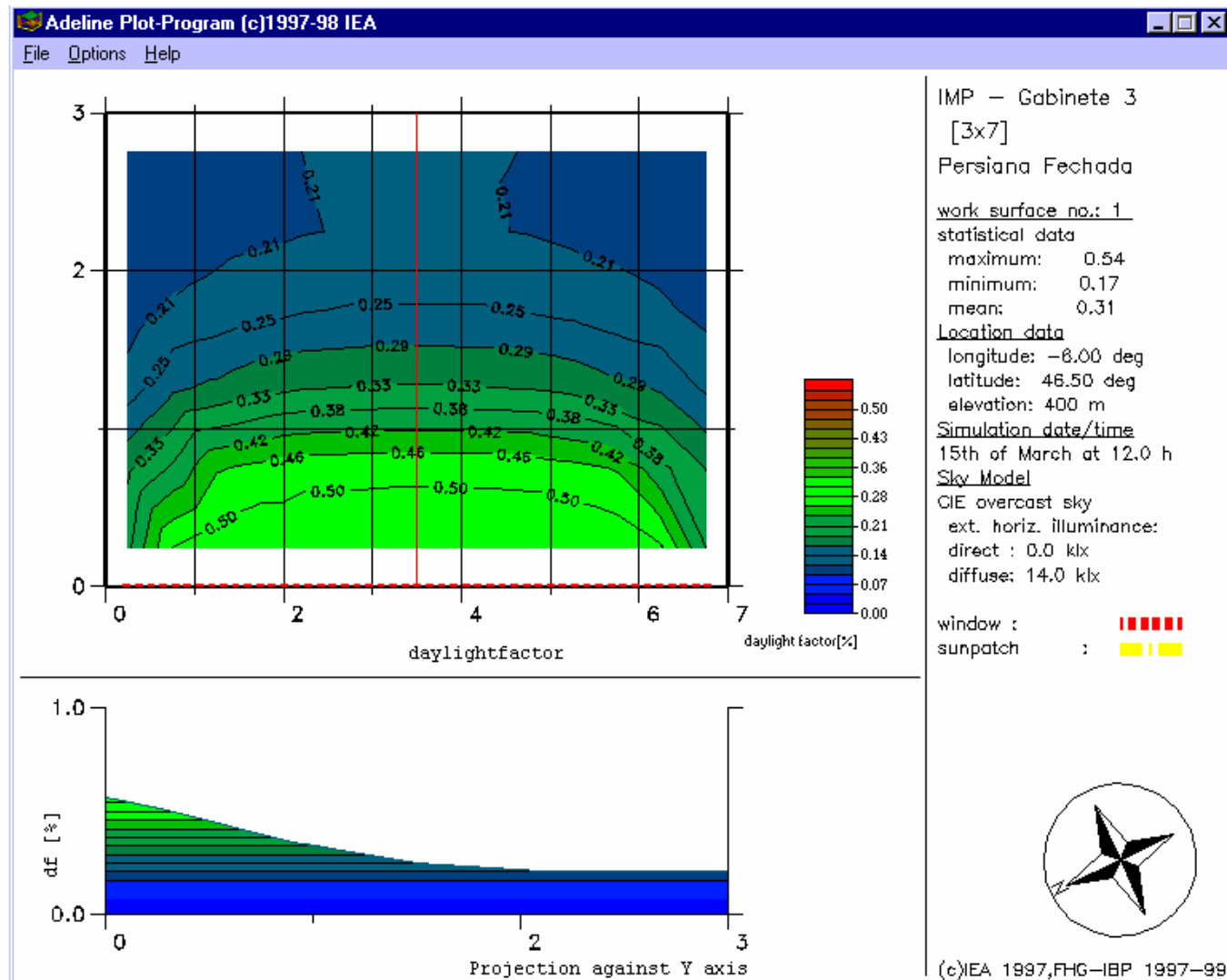
Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Alés*]



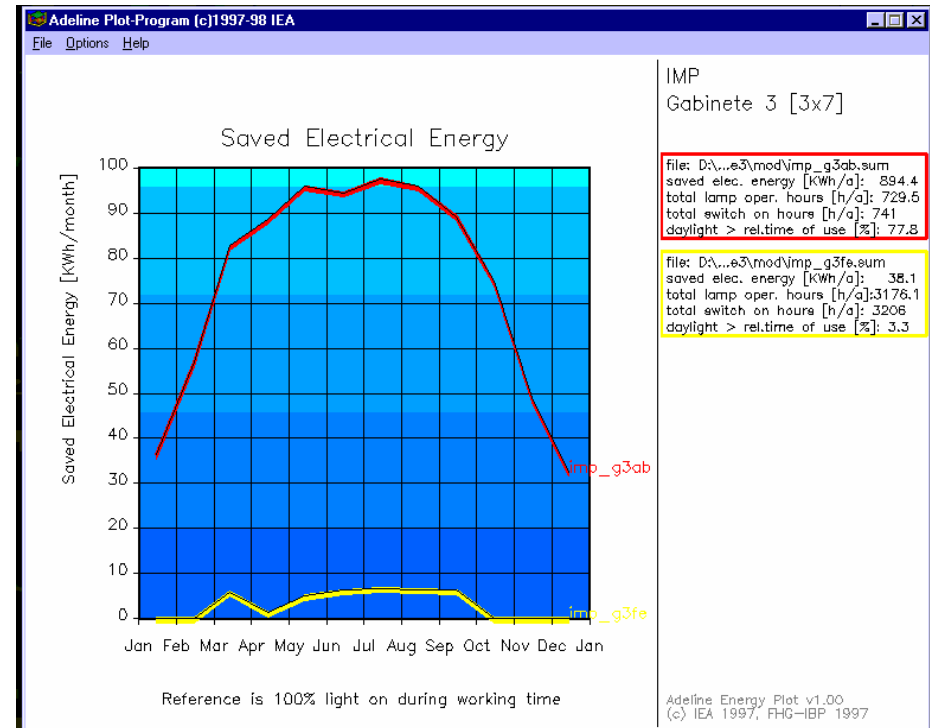
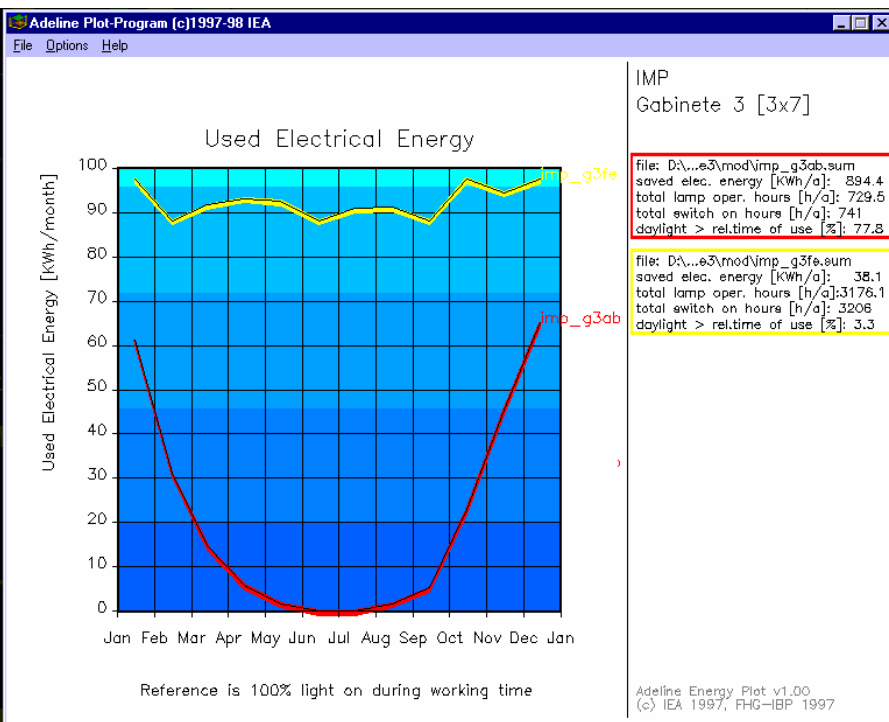
Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]



Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[Instituto Marítimo Portuário em Algés]



Estudo de Iluminação Natural com o Programa ADELINE3

[*Instituto Marítimo Portuário em Algés*]

Conclusões:

No projecto deste edifício as Necessidades Nominais de Aquecimento e de Arrefecimento são menores que 50% das exigências regulamentares (RCCTE);

O consumo de energia adicional, relativo à iluminação artificial, para o caso das persianas fechadas estimou-se 36260kWh/ano, com base nas simulações efectuadas com o programa Adeline3;

O consumo de energia adicional, relativo ao efeito da radiação solar exterior no Verão, para o caso das persianas abertas estimou-se 31500kWh/ano, com base no modelo do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios;

A configuração/desenho dos compartimentos tem influência no maior ou menor aproveitamento da iluminação natural e na poupança de energia que lhe diz respeito;

O programa Adeline3 poderá ajudar os arquitectos a conceber edifícios mais eficientes do ponto de vista energético, uma vez que ajuda a melhorar o aproveitamento da iluminação natural dos edifícios em projecto.