

# Desempenho Térmico de edificações

## Aula 5: Orientação e Diagrama Solar

PROFESSOR  
**Roberto  
Lamberts**

ECV 5161  
UFSC  
FLORIANÓPOLIS

- + importância
- + movimentos da Terra
- + azimute a altura solar

**introdução**

- + diagramas solares
- + sombreamento do entorno
- + transferidor de ângulos
- + máscara de sombra

**diagramas**

- + análise de proteção solar
- + dimensionamento

**proteções**

- + exemplos mascaramento
- + programa solar
- + exemplos aplicações

**aplicações**

+ importância  
+ movimentos  
da Terra  
+ azimute a  
altura solar  
+ estratégias na  
prática

O estudo da geometria solar é fundamental para engenheiros e arquitetos, pois o sombreamento é uma das estratégias bioclimáticas mais indicadas no Brasil

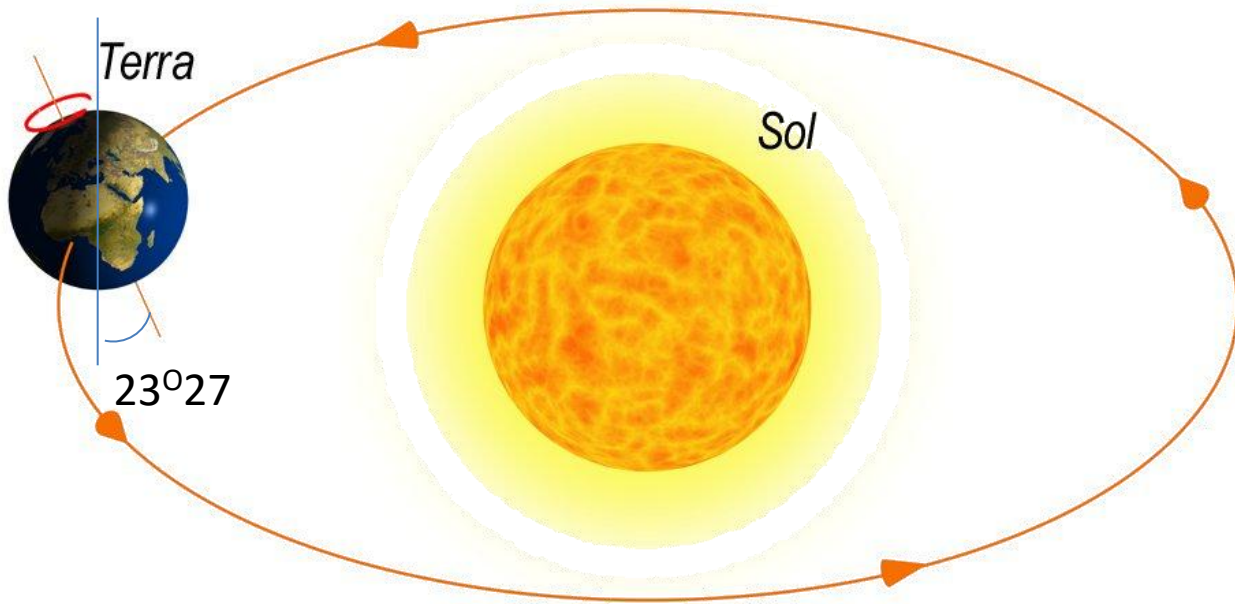
## Importância

- As proteções solares são utilizadas quando a radiação direta não é desejada dentro do ambiente.
- O traçado das proteções exige o conhecimento dos movimentos do Sol e da Terra, e de seus efeitos sob a visão do observador na terra.
- Observador: pode ser um ponto, uma reta, um plano como uma parede ou janela ou um volume, no caso de uma edificação.

## Movimentos da Terra

### Rotação

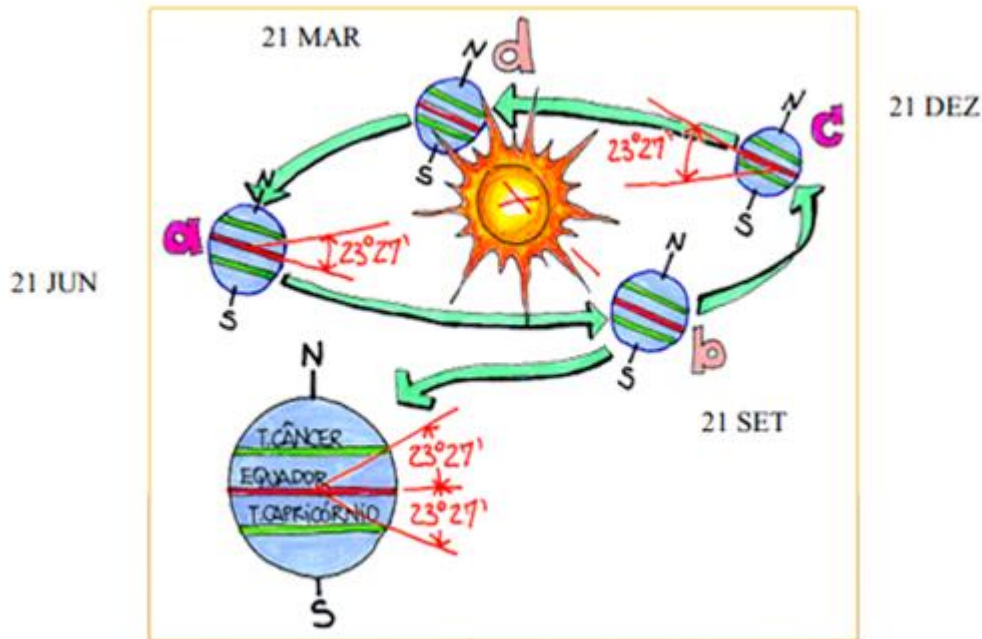
A rotação ao redor de um eixo Norte-Sul, que passa por seus pólos, origina o dia e a noite.



# Movimentos da Terra

## Translação

O movimento de translação da Terra ao redor do Sol determina as quatro diferentes estações do ano.



# Movimentos da Terra

## Data de início destas estações no hemisfério sul

Data	Denominação
21 de março	Equinócio de outono
21 de setembro	Equinócio de primavera
21 de junho	Solstício de inverno
21 de dezembro	Solstício de verão

**Solstício** = Época em que o Sol passa pela sua maior declinação boreal ou austral, e durante a qual cessa de afastar-se do equador.

**Equinócio** = Ponto da órbita da Terra em que se registra uma igual duração do dia e da noite.

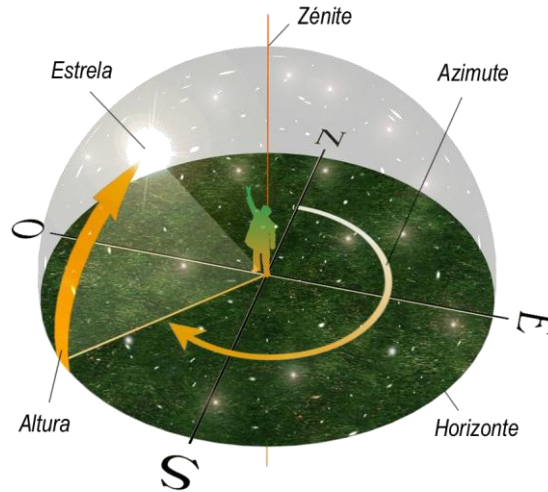
## Azimute a Altura Solar

Projeção estereográfica do sol sobre o plano do observador localizado em um ponto qualquer da Terra.

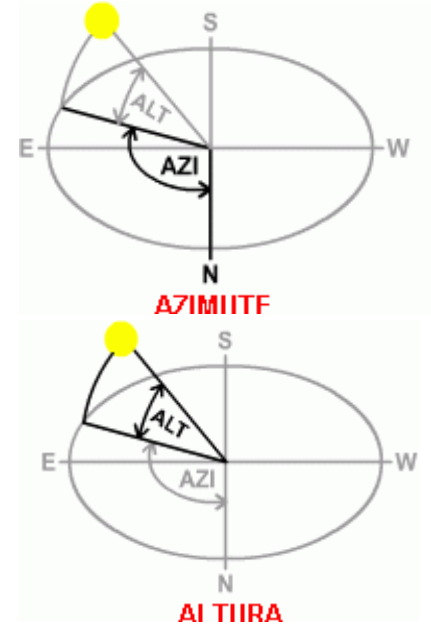
A localização do sol na abóbada celeste pode ser identificada através de dois ângulos:  
**a altura solar e o azimute.**

O azimute é o ângulo que a projeção do sol faz com a direção norte.

Altura solar é o ângulo formado entre o sol e o plano horizontal.



Fonte: [nautilus.fis.uc.pt](http://nautilus.fis.uc.pt)

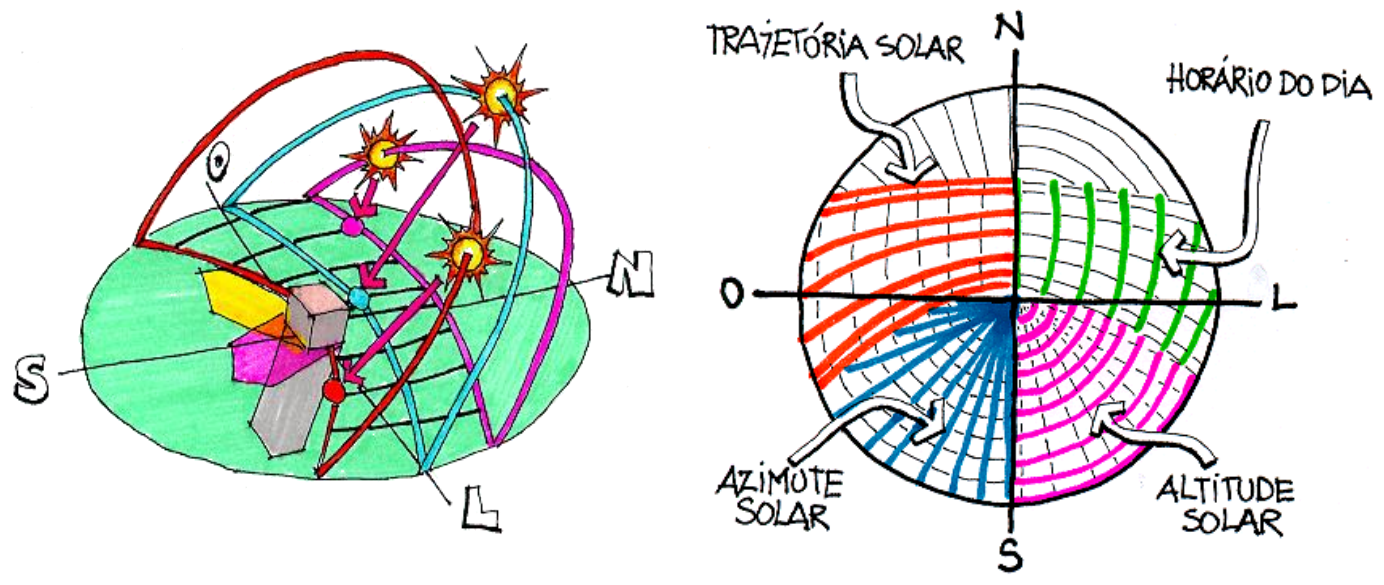


Fonte: [www.heliodon.com.br](http://www.heliodon.com.br)

- + diagramas solares
- + sombreamento do entorno
- + transferidor de ângulos
- + máscara de sombra

Os diagramas ou cartas solares podem ser interpretados como a projeção das trajetórias solares ao longo da abóbada celeste durante todo o ano.

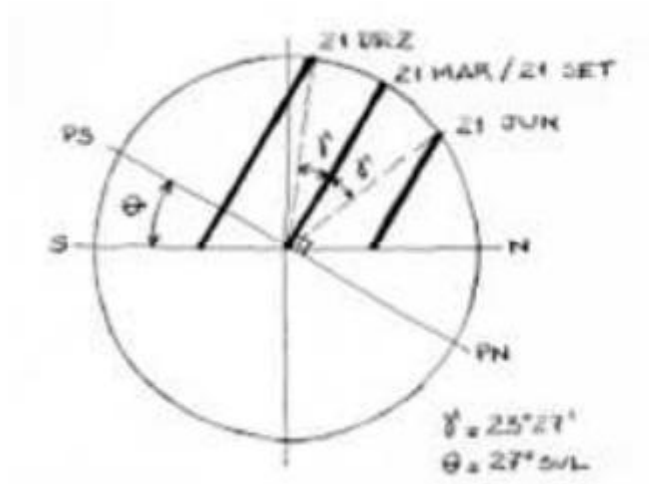
Para traçar os diagramas solares, considera-se a Terra fixa e o Sol percorrendo a trajetória diária da abóbada celeste, variando de caminho em função da época do ano.





# Diagramas Solares

## Movimento aparente do Sol no hemisfério sul



Projeção estereográfica para a latitude 27° Sul.

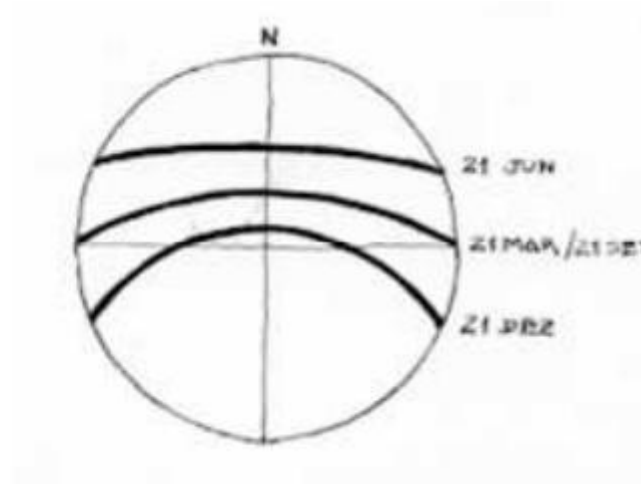
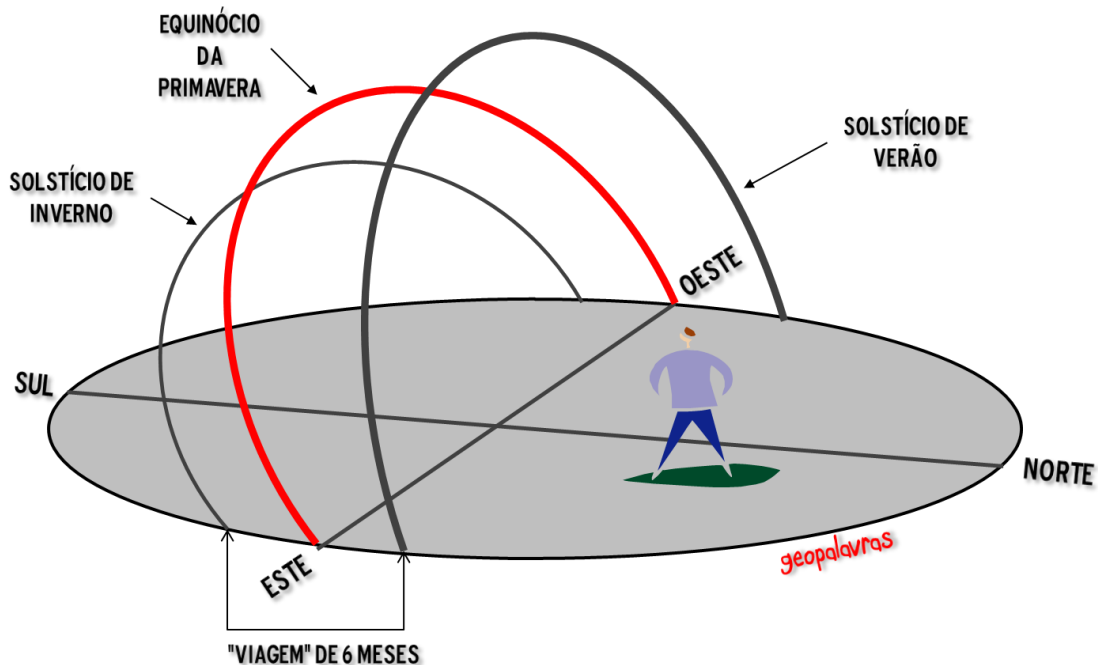


Diagrama solar para a latitude 27° Sul.

# Diagramas Solares

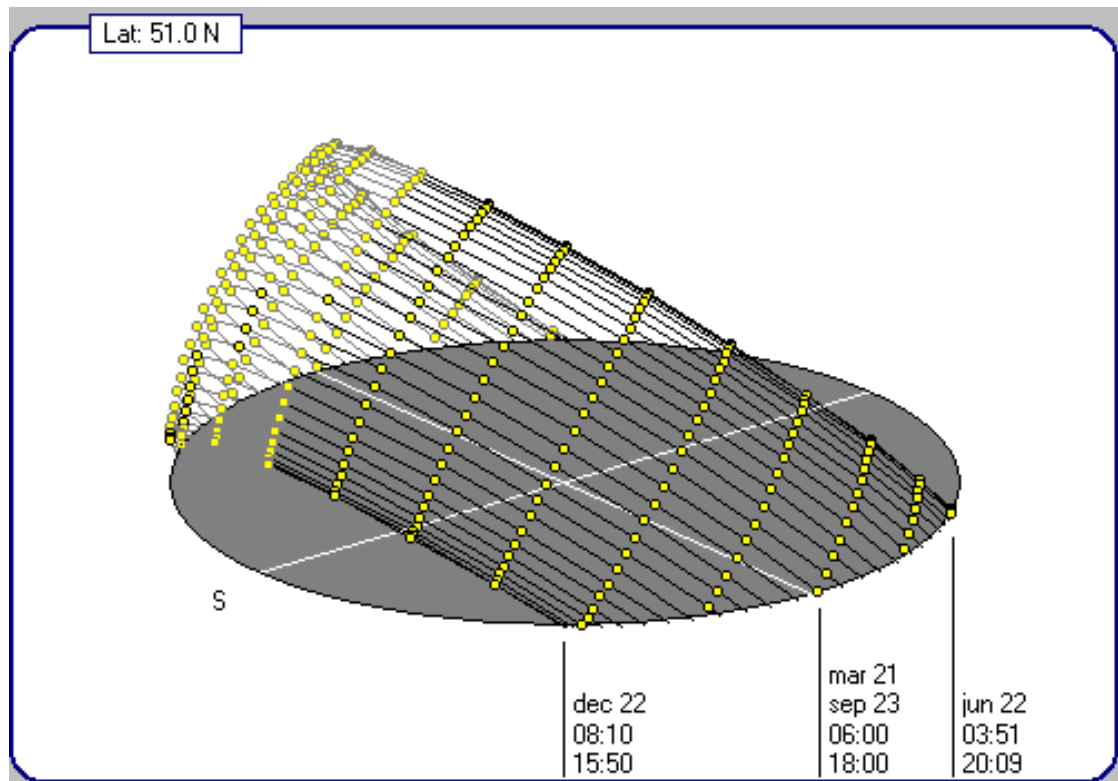
## Movimento aparente do Sol



Fonte: [geopalavras.wordpress.com](http://geopalavras.wordpress.com)

# Diagramas Solares

## Movimento aparente do Sol

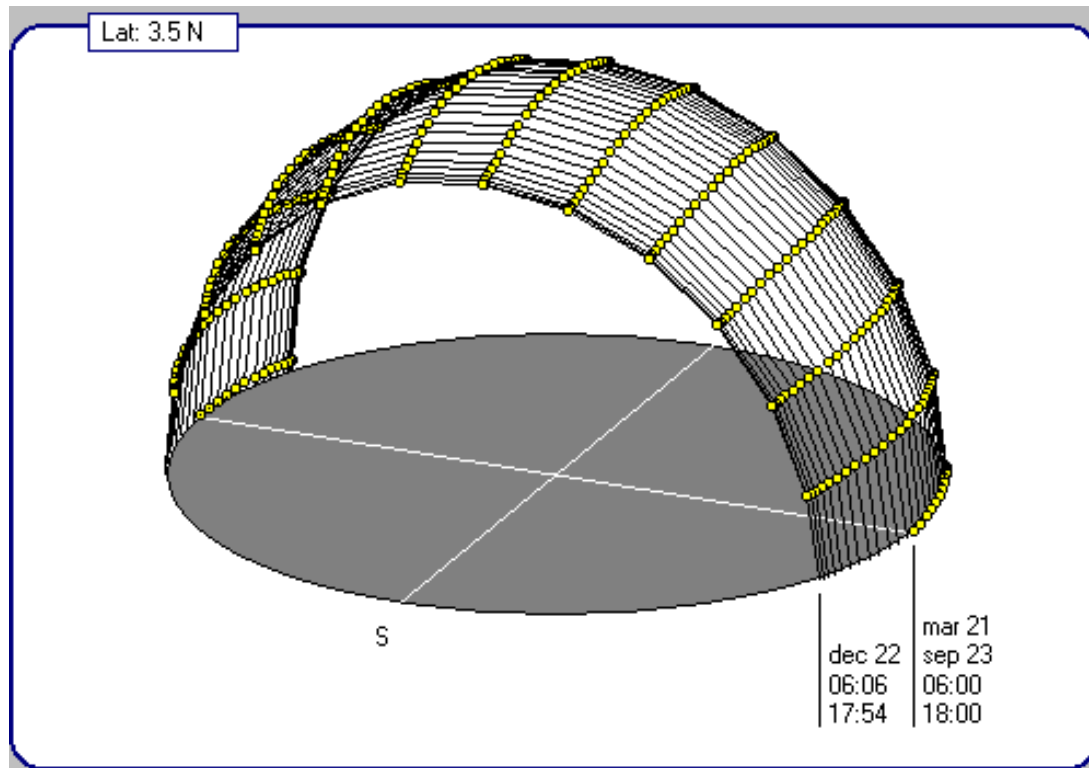


## Trajetória solar Londres

Programa Sunpath (Roriz, M.)

# Diagramas Solares

## Movimento aparente do Sol

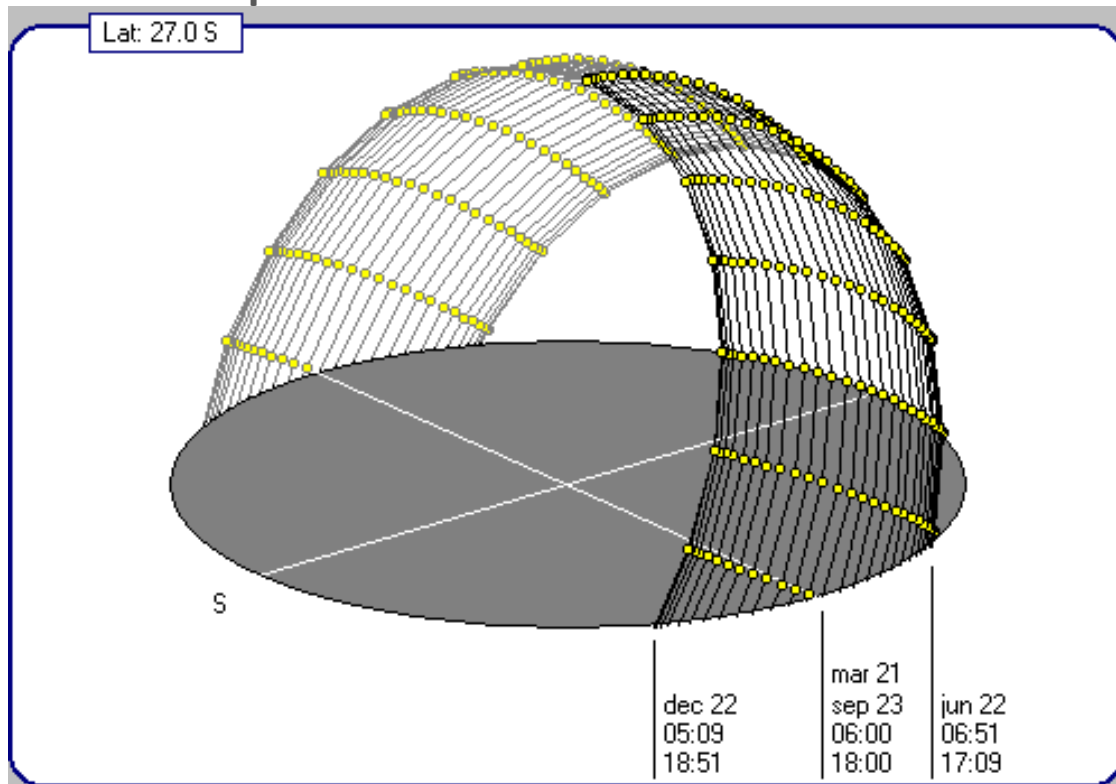


### Trajétória solar Cali- Colômbia

Programa Sunpath (Roriz, M.)

# Diagramas Solares

## Movimento aparente do Sol

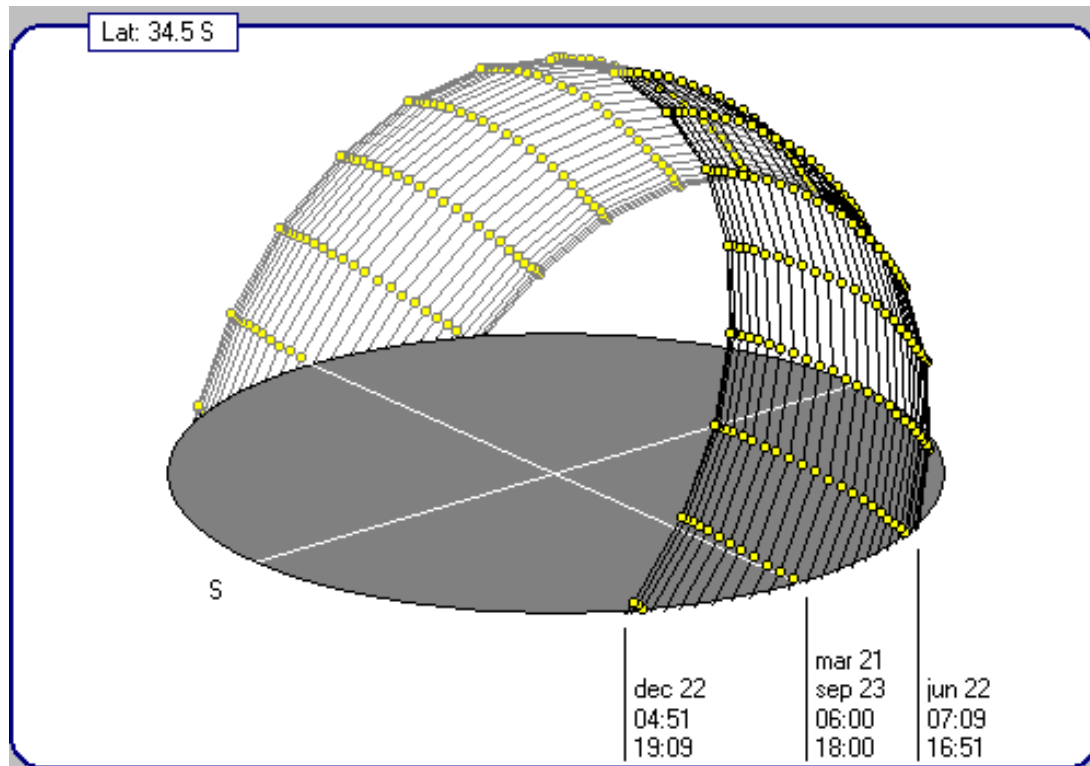


Trajectoria solar  
Florianópolis

Programa Sunpath (Roriz, M.)

# Diagramas Solares

## Movimento aparente do Sol



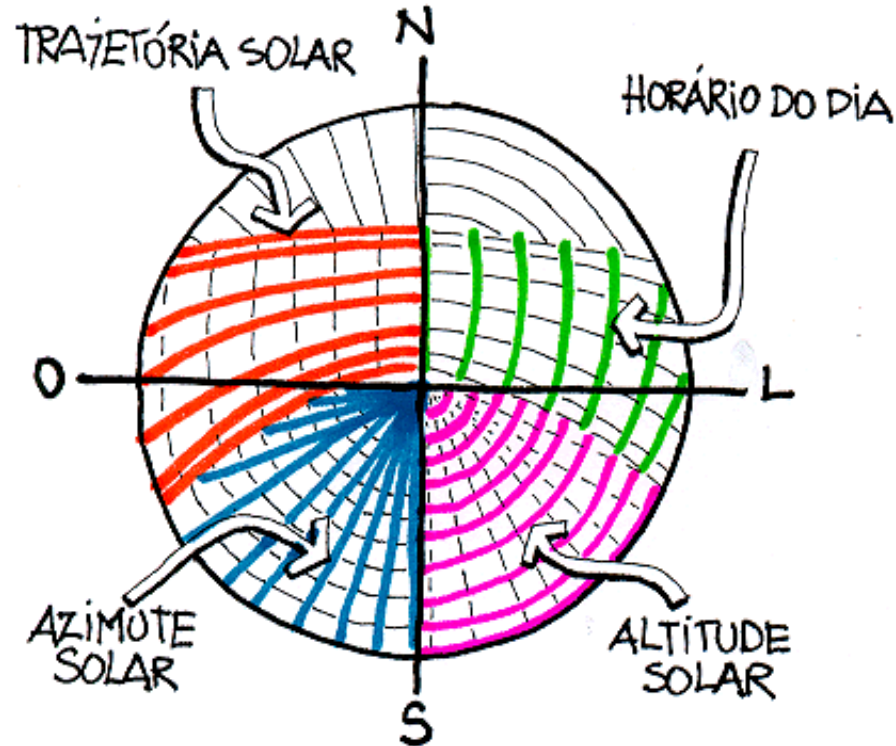
## Trajectoria solar Buenos Aires

Programa Sunpath (Roriz, M.)

14 61

## Diagramas Solares

- Mapa da abóbada celeste contendo a trajetória solar;
- Identifica dias e horas do sol na abóbada celeste ao longo do ano (de 6 em 6 meses);
- Usada para identificar áreas de sombra e sol ao longo do ano em:
  - planos: terrenos, fachadas,
  - aberturas: janelas, portas, vãos
  - ou no interior de ambientes, através destes vãos.



# Diagramas Solares

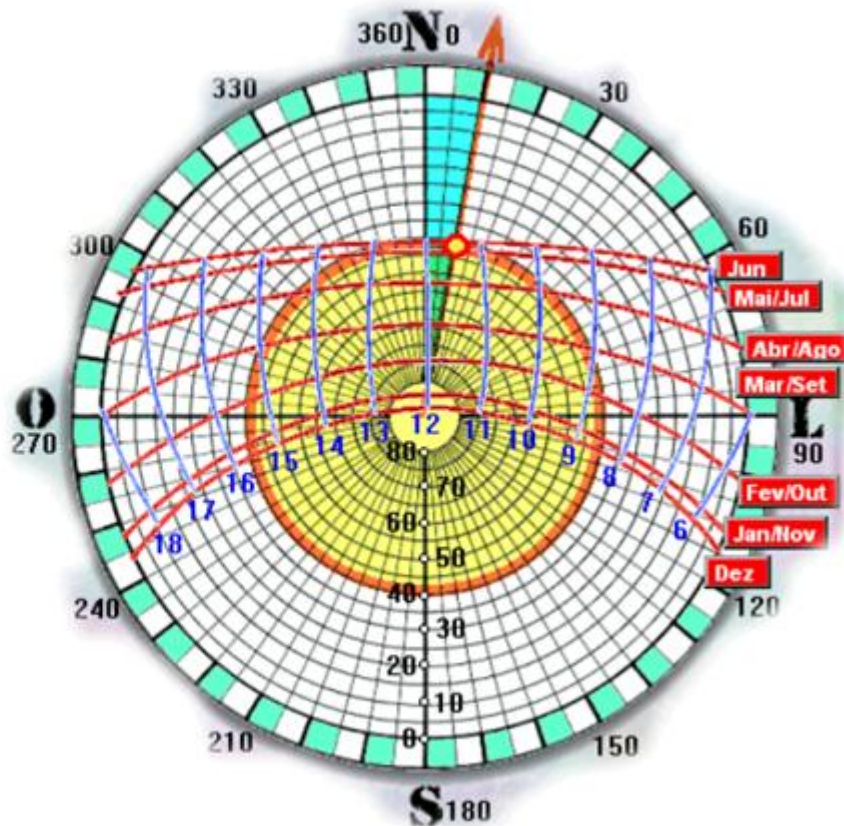
## EXEMPLOS

**21 junho**

**11:30 h**

Altitude:  $40^\circ$

Azimute:  $10^\circ$







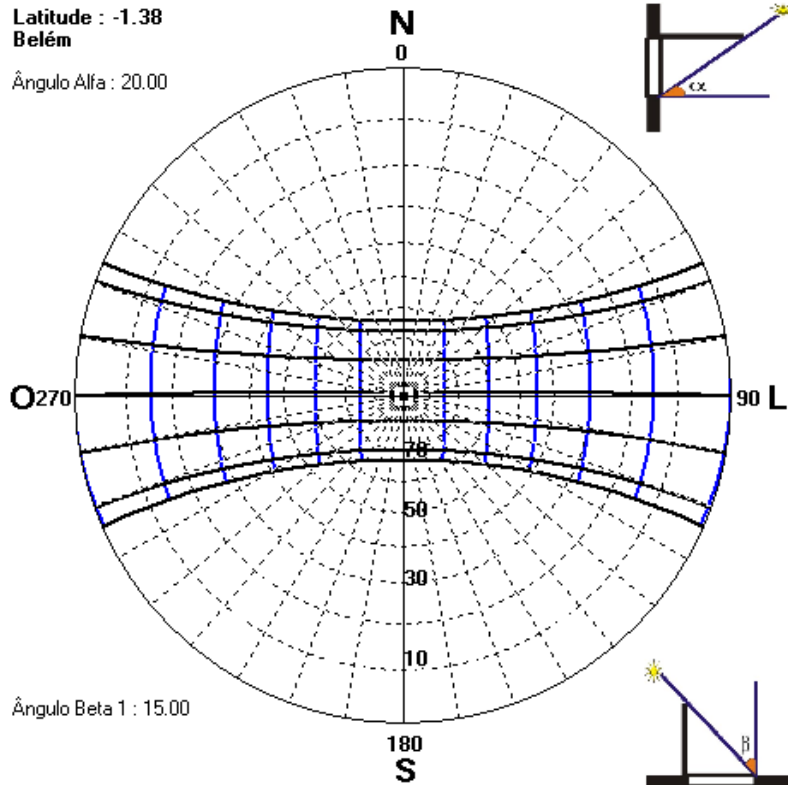
## Diagrama solar Belém

Latitude 1° Sul



Latitude : -1.38  
Belém

Ângulo Alfa : 20.00

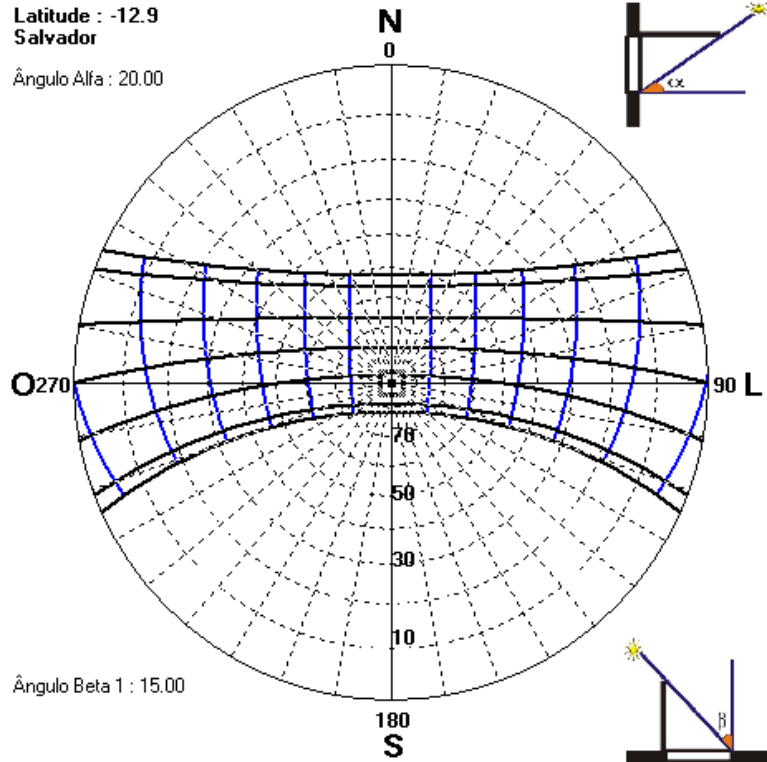


Ângulo Beta 1 : 15.00

# Diagrama solar Salvador

Latitude : -12.9  
Salvador

Ângulo Alfa : 20.00



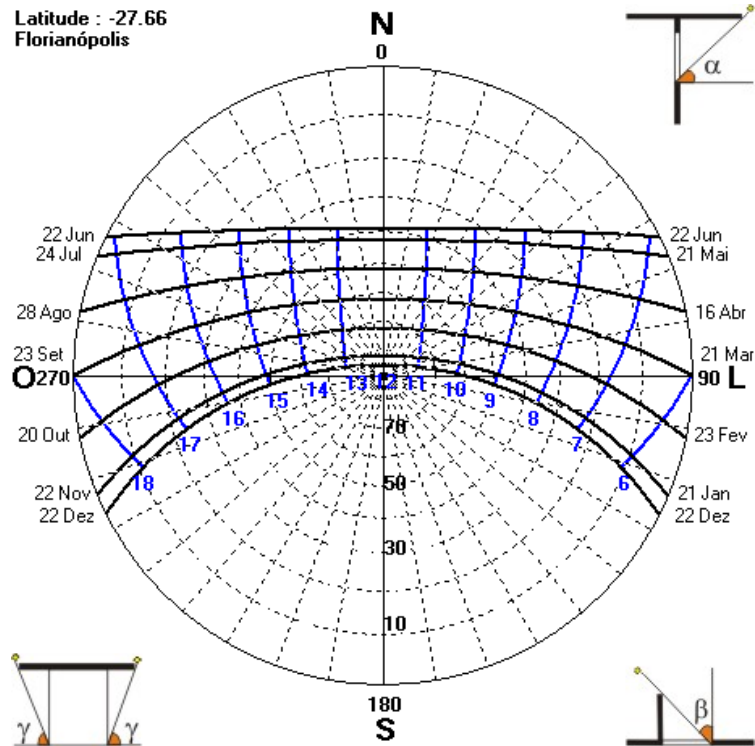
Latitude 13° Sul



# Diagrama solar Florianópolis

Latitude 27° Sul

Latitude : -27.66  
Florianópolis

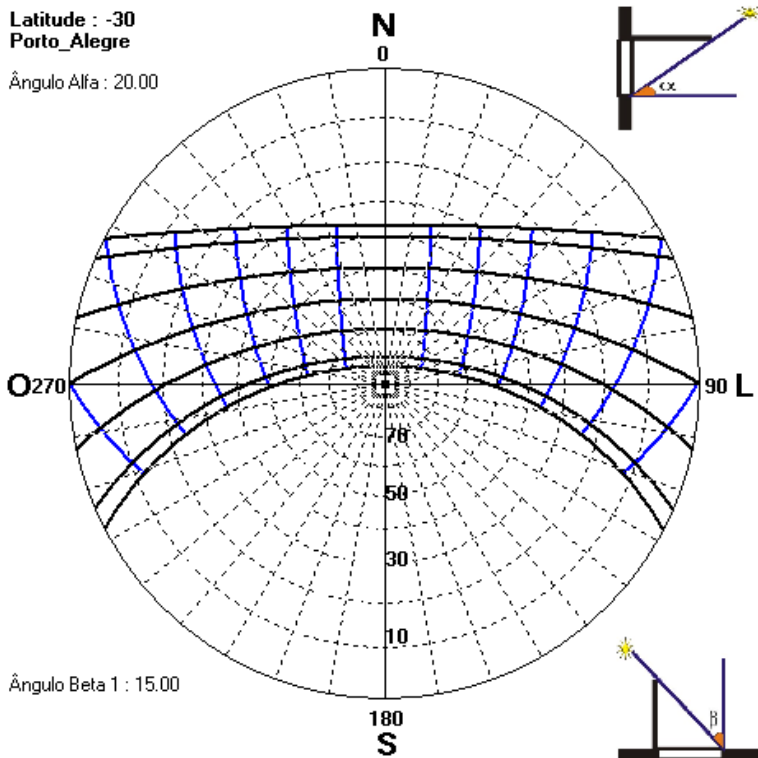


# Diagrama solar Porto Alegre

Latitude 30° Sul

Latitude : -30  
Porto\_Alegre

Ângulo Alfa : 20.00



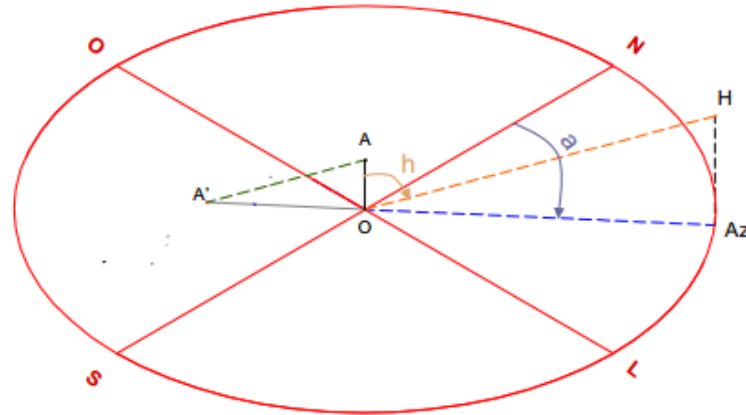
Ângulo Beta 1 : 15.00



## Sombreamento do Entorno

A altura solar e o azimute são as informações necessárias para projetar uma sombra em uma determinada hora.

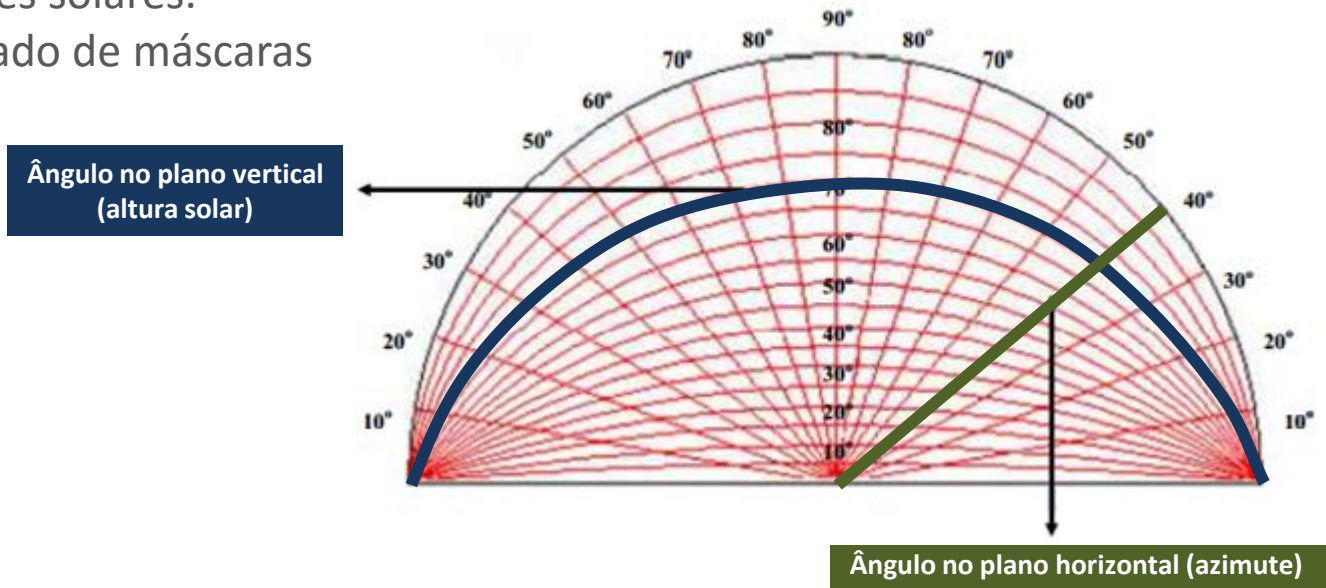
### EXEMPLOS



Sombra de um poste no piso

## Transferidos de ângulos

- Utilizado para converter ângulos da geometria solar de elementos construtivos, como obstruções, aberturas, proteções solares, edifícios, vegetação.
- Útil para a análise mais rápida e fácil do sombreamento do entorno, penetração solar e proteções solares.
- Facilita o traçado de máscaras



## Máscara de Sombra

- Representa graficamente, nos diagramas solares, obstáculos que impedem a visão da abóboda celeste por arte de um observador (ou elemento fixo) em algum ponto.
- Para projetar proteções solares, é importante o conhecimento do tipo de mascaramento que cada tipo de brise proporciona.



+ análise de  
proteção solar  
+ dimensiona-  
mento

A escolha do tipo de  
brise e seu  
dimensionamento são  
função da eficiência  
desejada

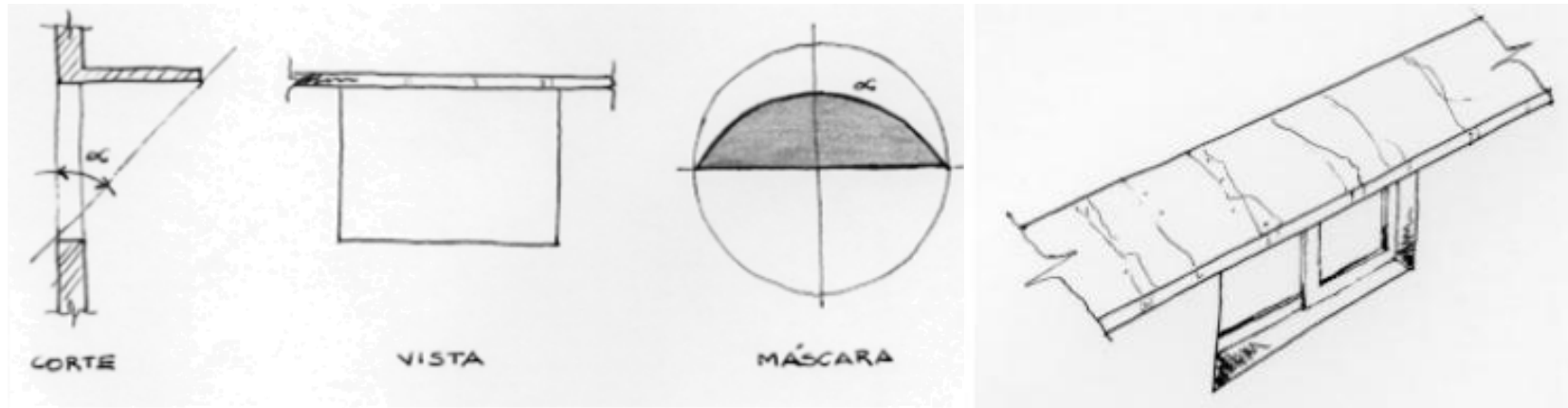
## Proteções Solares

O conhecimento do movimento aparente do sol é utilizado para o projeto de proteções solares (**brises**) que impeçam a entrada de raios solares no interior do ambiente durante as horas do dia e os meses do ano em que se deseja esta proteção.

## Análise de Proteções Solares

### BRISE HORIZONTAL INFINITO:

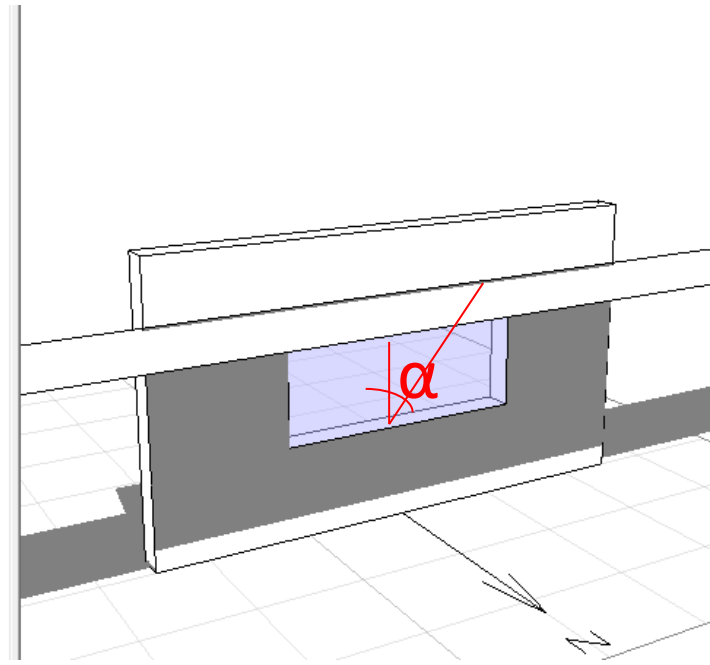
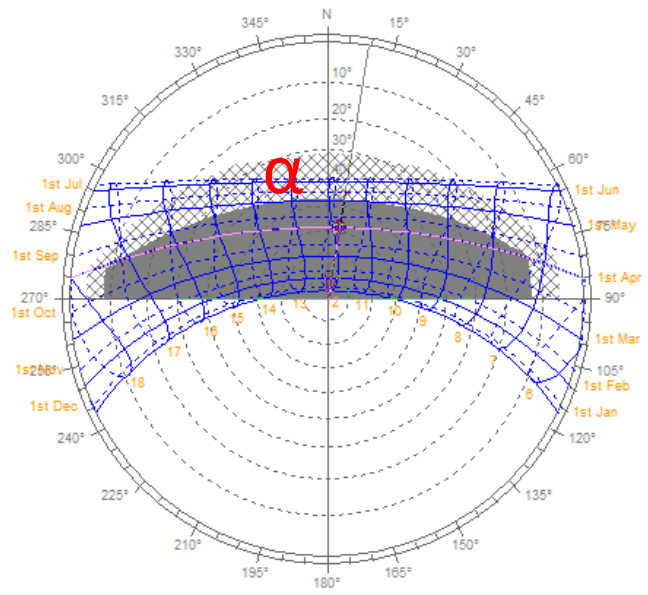
Os brises horizontais impedem a entrada dos raios solares através da abertura a partir do ângulo de altitude solar. O traçado do mascaramento proporcionado por este brise é determinado em função do **ângulo  $\alpha$**



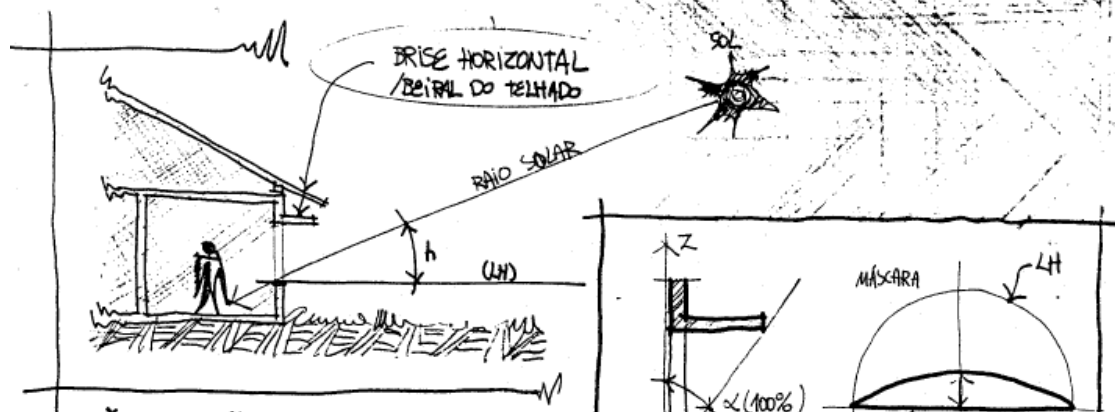
Mascaramento proporcionado pelo brise horizontal infinito

# Análise de Proteções Solares

## BRISE HORIZONTAL:

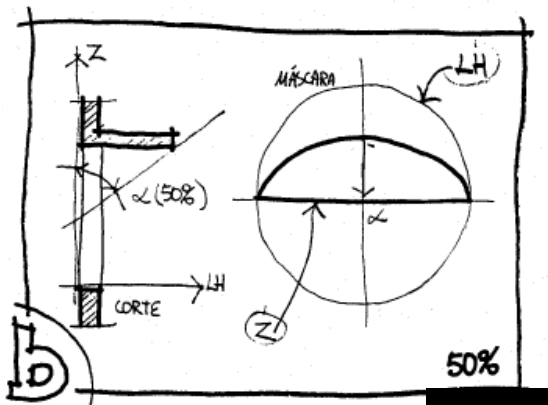
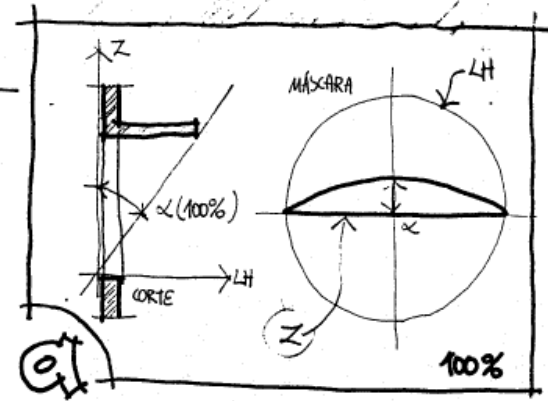


Mascaramento proporcionado pelo brise horizontal



• **ângulo  $\alpha$**

As figuras A e B representam os ângulos de altura ( $\alpha$ ) para sombreamentos de 100% e 50% da abertura respectivamente. Para transferir o ângulo ( $\alpha$ ) ao transferidor de ângulos, medimo-lo a partir do zenite (Z), que é o ponto da abóbada celeste situado na reta suporte perpendicular ao ponto do observador. Pode-se notar nas Figuras A e B que o sol penetra na abertura quando seu ângulo de altura está compreendido entre a linha do horizonte (LH) e o ângulo ( $\alpha$ ). A partir daí até o Zenite (Z) não há incidência de sol.



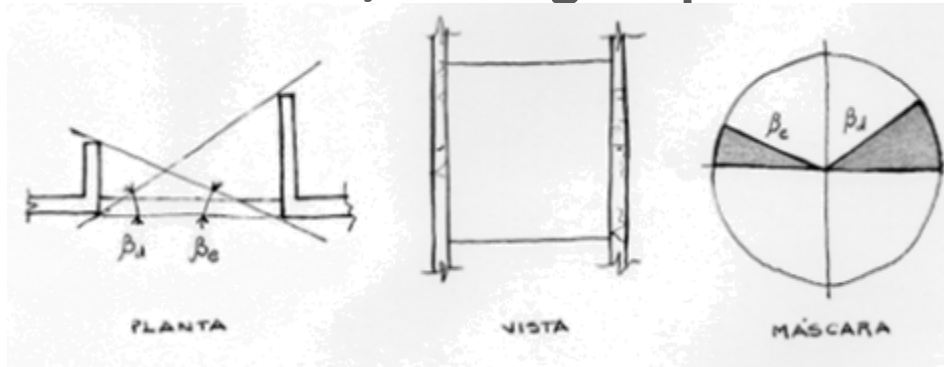
**Máscara correspondente a um brise horizontal infinito**

## Análise de Proteções Solares

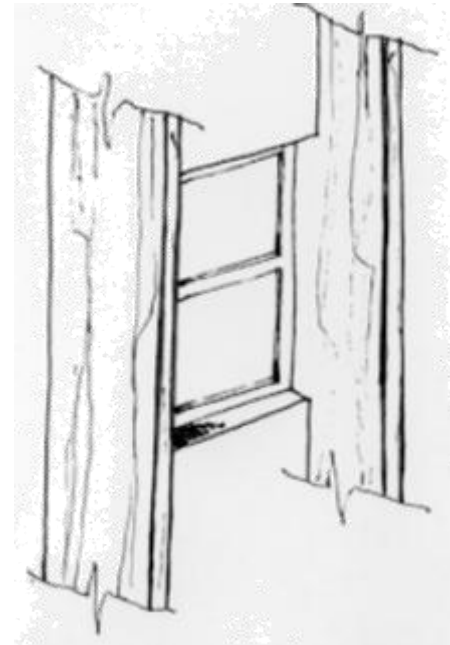
### BRISE VERTICAL INFINITO:

Os brises verticais impedem a entrada dos raios solares através da abertura a partir do ângulo de azimute solar.

O traçado do mascaramento proporcionado por este brise é determinado em função do **ângulo  $\beta$**

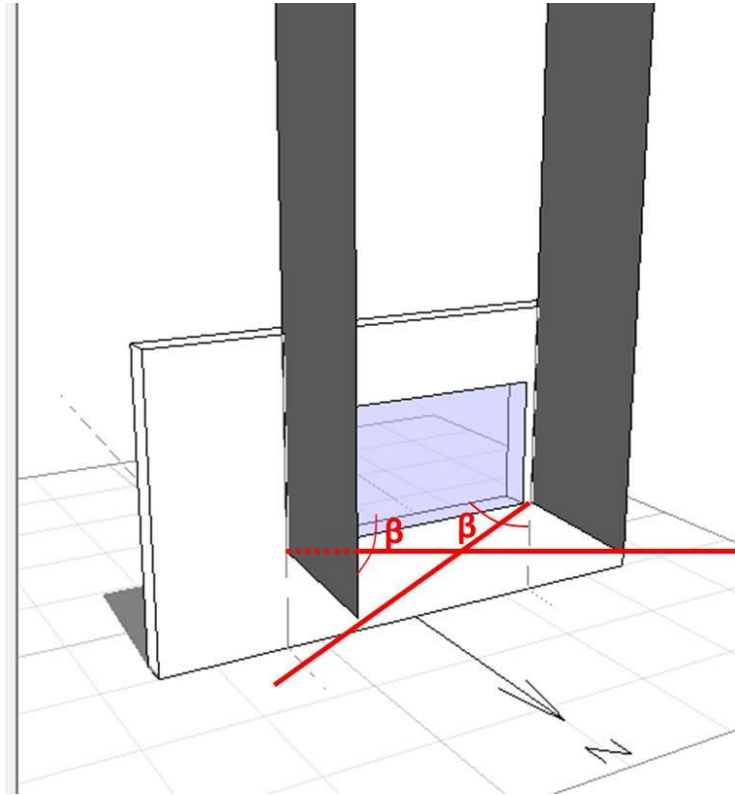
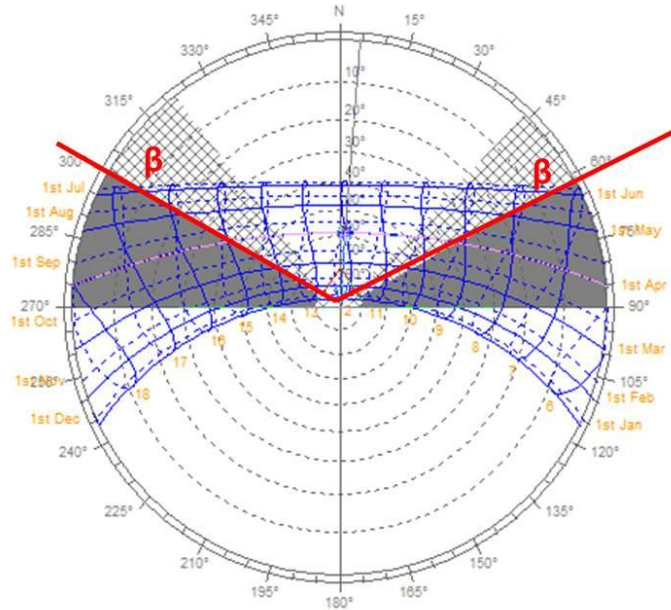


Mascaramento proporcionado pelo brise vertical infinito



# Análise de Proteções Solares

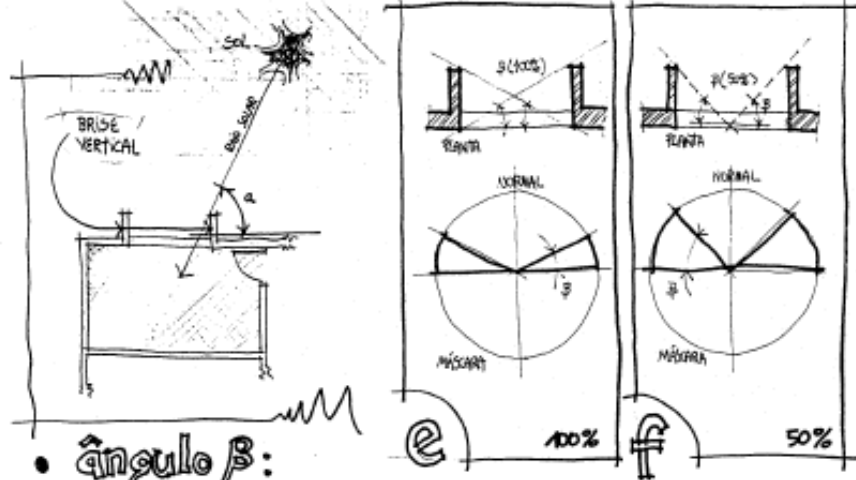
## BRISE VERTICAL INFINITO



# ângulo $\beta$

# BRISE VERTICAL

SOMBREANDO O SOL SEGUNDO SEU ÂNGULO DE AZIMUTE ( $\alpha$ ), ESTE BRISE PROTEGE ABERTURAS ORIENTADAS PARA LESTE OU OESTE COM MAIOR EFICIÊNCIA.



• ângulo  $\beta$ :

TEM-SE NAS FIGURAS **e** E **f** OS ÂNGULOS LÍMITES DE AZIMUTE ( $\beta$ ), RESPECTIVAMENTE PARA 100% E 50% DE SOMBREAMENTO NA ABERTURA. O ÂNGULO  $\beta$  É ANOTADO EM LINHAS RADIAIS, A PARTIR DO CENTRO DO TRANSFERIDOR DE ÂNGULO) E PODE SER TRANSPORTADO PARA ESTE DIRETAMENTE, CONFORME SE VÊ NAS FIGURAS.



## Análise de Proteções Solares

Como em situações reais é difícil a existência de brises que podem ser considerados infinitos;

Existe a necessidade de definição de um terceiro ângulo

= **ângulo  $\gamma$**

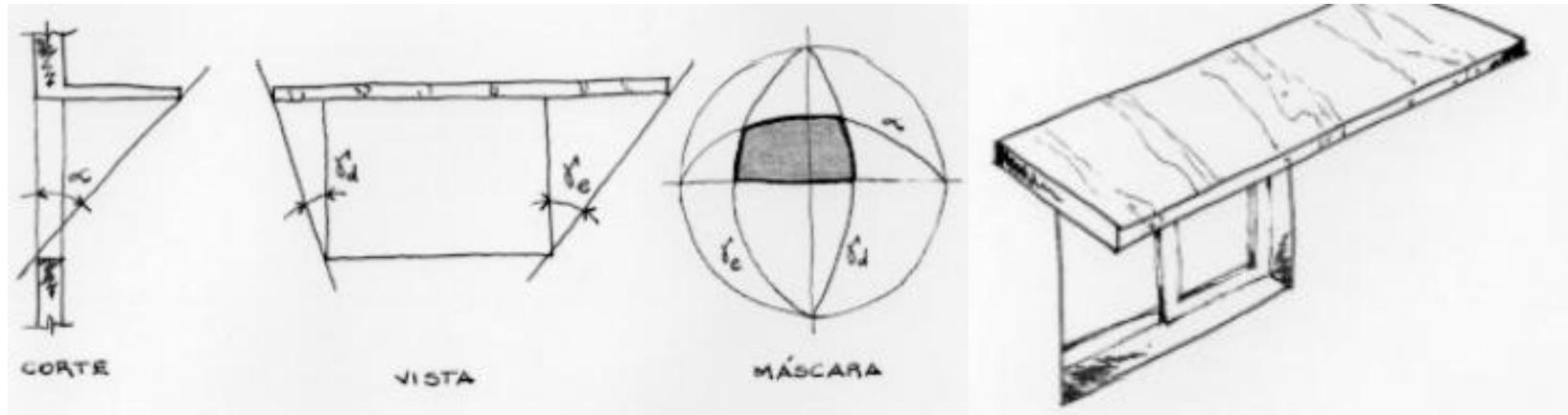
Este ângulo limita o sombreamento produzido pelos ângulos  $\alpha$  e  $\beta$



# Análise de Proteções Solares

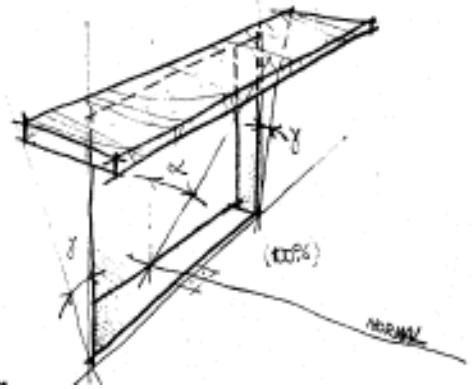
## BRISE HORIZONTAL FINITO:

ângulo  $\alpha$  limitado pelo ângulo  $\gamma$

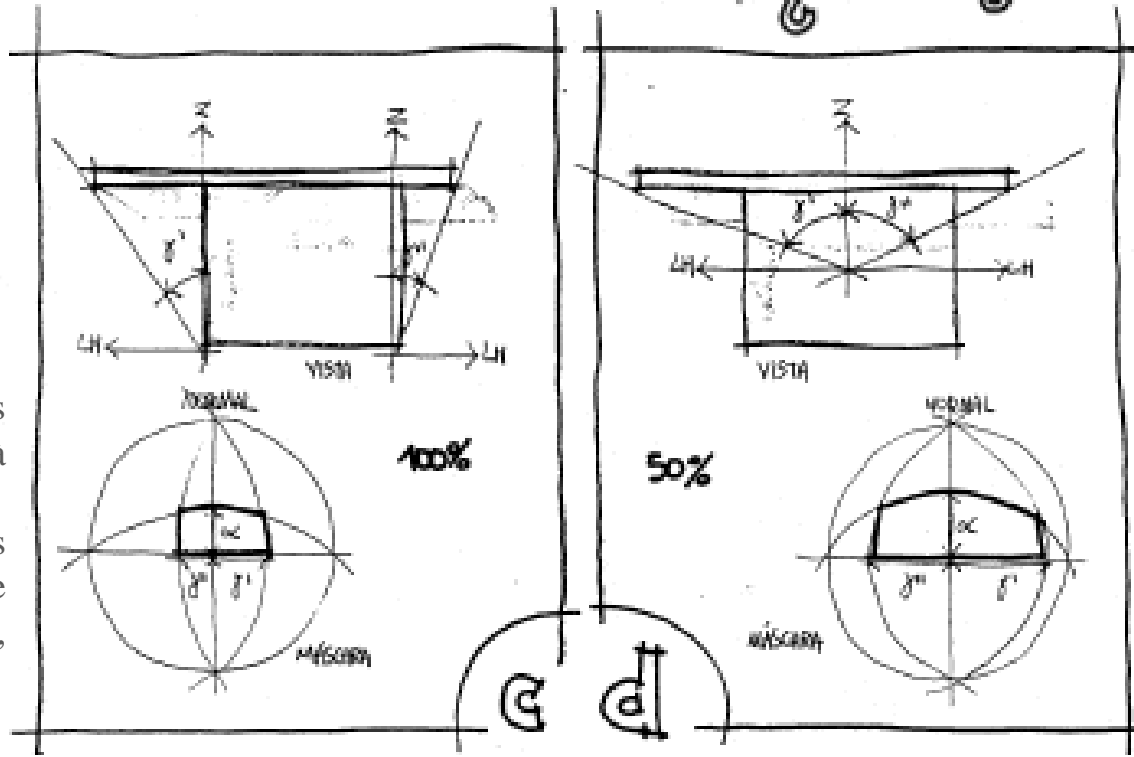


Mascaramento proporcionado pelo brise horizontal finito

• ângulo  $\gamma$ :

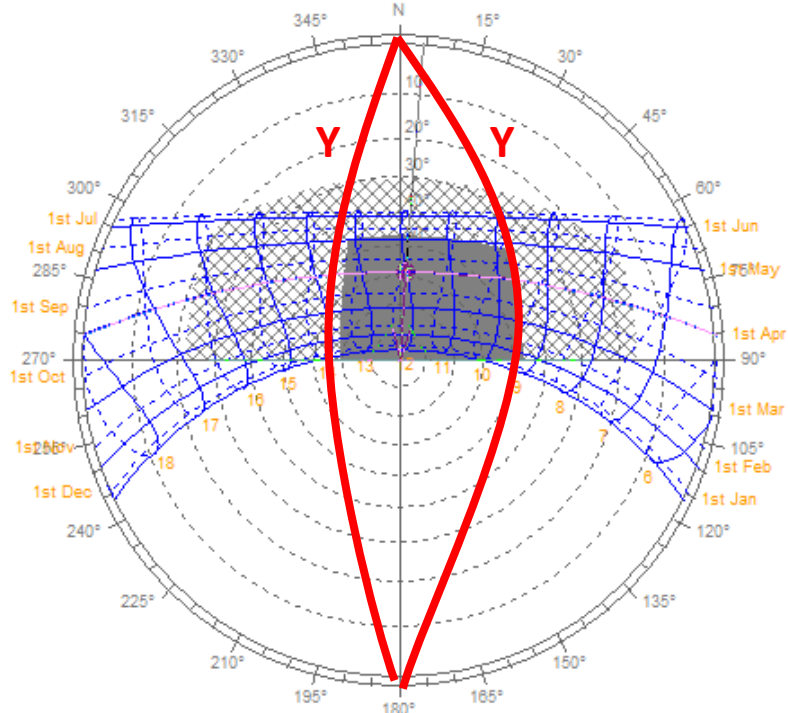


Os ângulos ( $\gamma$ ) representam as alturas perpendiculares à Normal da fachada.  
 Nas Figuras C e D temos os ângulos ( $\gamma$ ) para as situações de 100% e 50% de sombreamento, respectivamente.

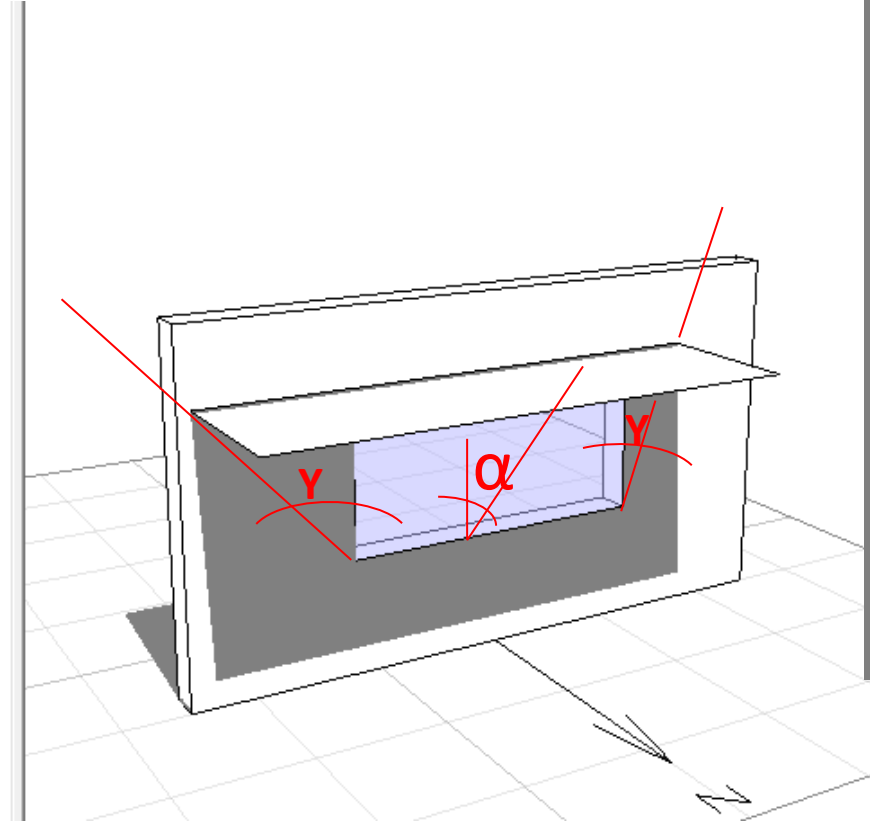


# Análise de Proteções Solares

## BRISE HORIZONTAL FINITO



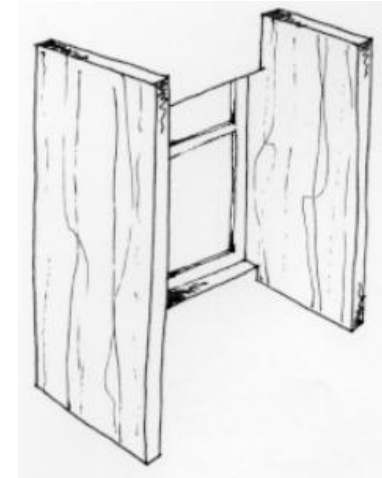
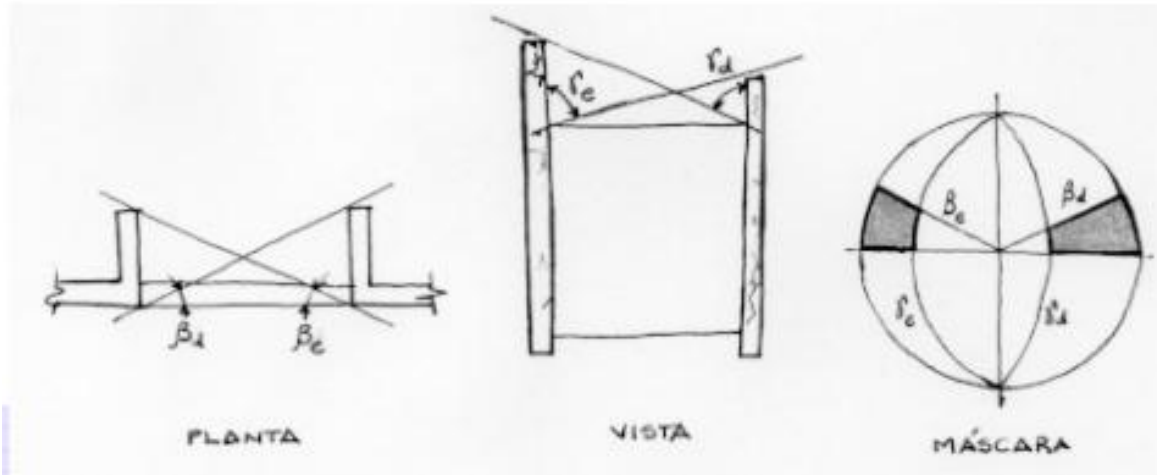
ângulo  $\alpha$  limitado pelo ângulo  $\gamma$



# Análise de Proteções Solares

## BRISE VERTICAL FINITO:

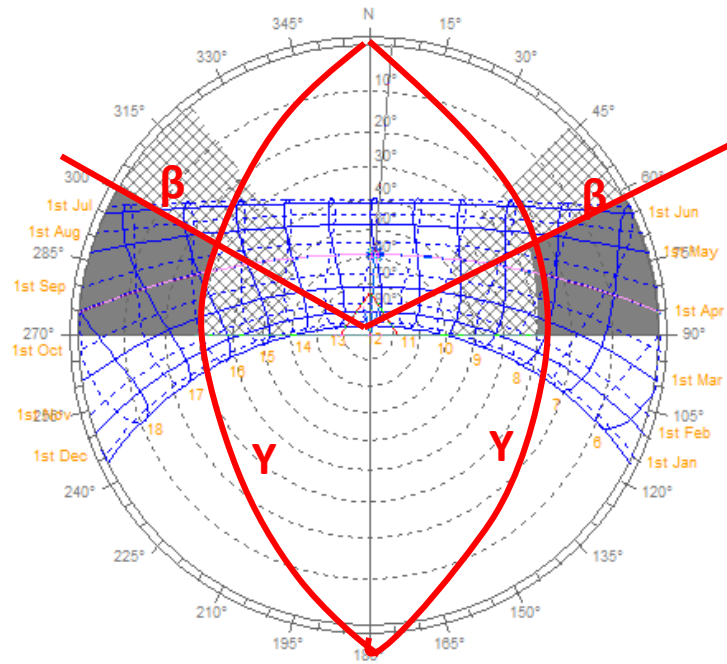
ângulo  $\beta$  limitado pelo ângulo  $\gamma$



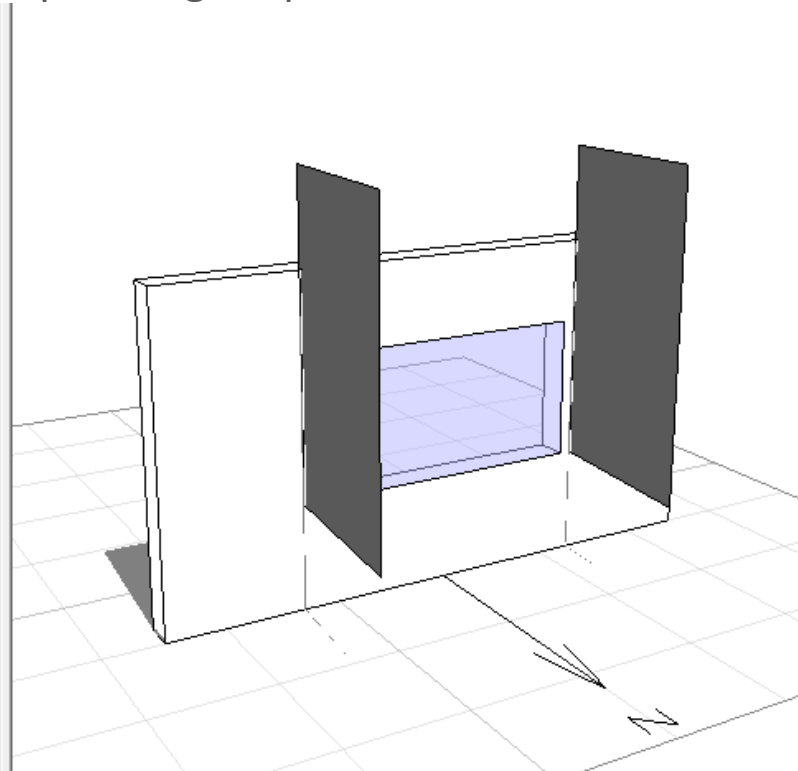
Mascaramento proporcionado pelo brise vertical finito

# Análise de Proteções Solares

**BRISE VERTICAL FINITO:** ângulo  $\beta$  limitado pelo ângulo  $\gamma$



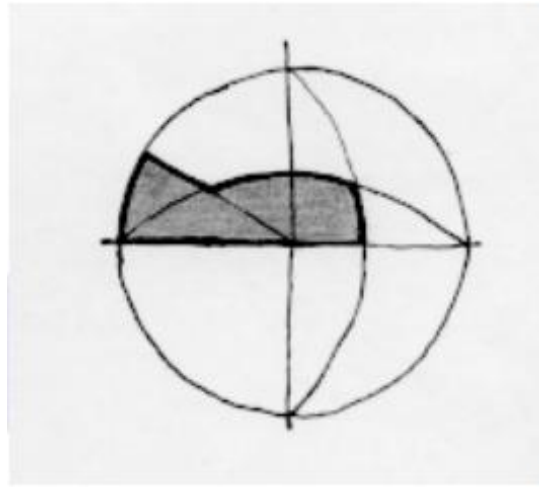
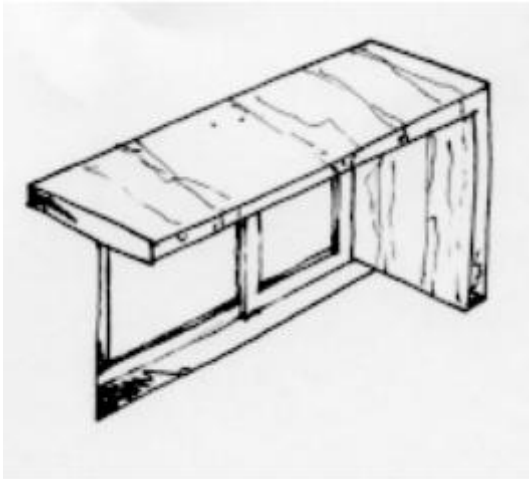
Mascaramento proporcionado pelo brise vertical finito



## Análise de Proteções Solares

BRISES MISTOS:

A partir do mascaramento produzido pelos quatro tipos básicos de brises = mascaramento para **qualquer tipo de brise** com diferentes combinações de brises horizontais e verticais.

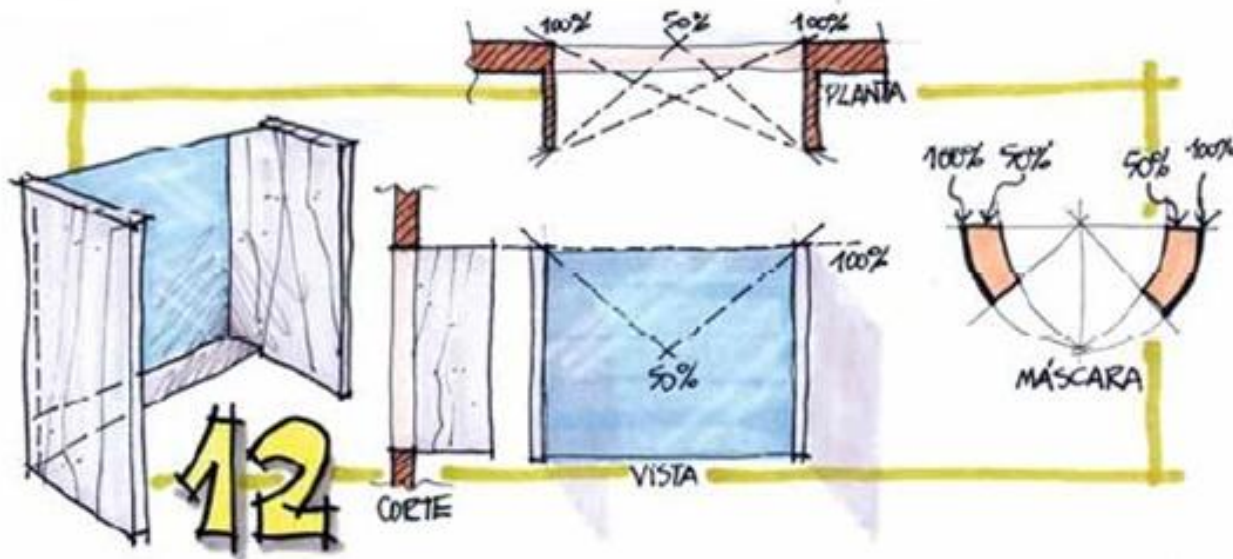


## Dimensionamento de Brises

- Estabelecer dias prioritários de sombra e insolação pela carta solar;
- Identificar os ângulos para o mascaramento;
- Transferir os ângulos para a carta solar.

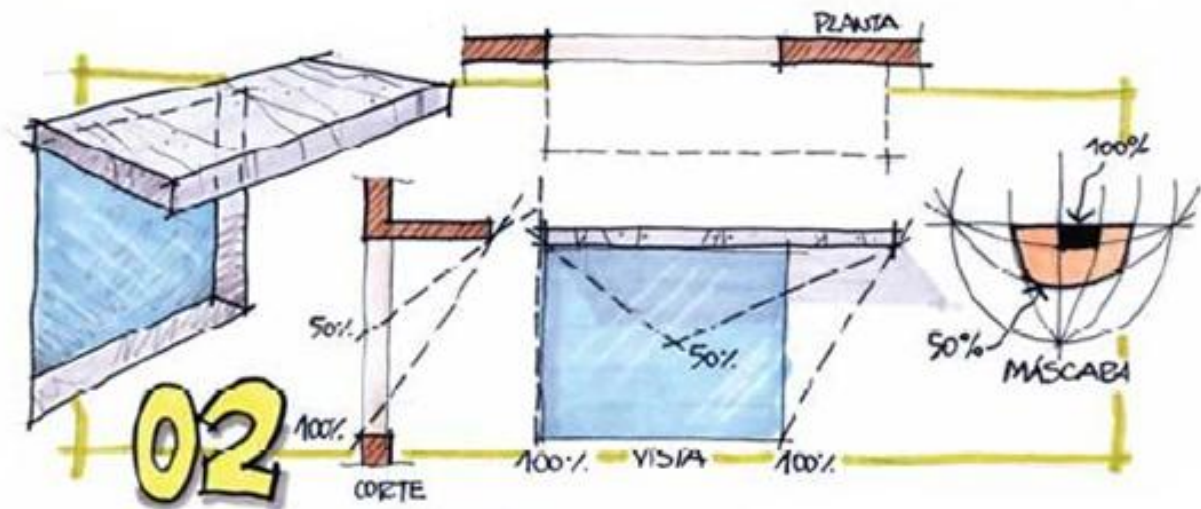
- + exemplos mascaramento
- + programa solar
- + exemplos aplicações

## Exemplos de Mascaramento de Brises

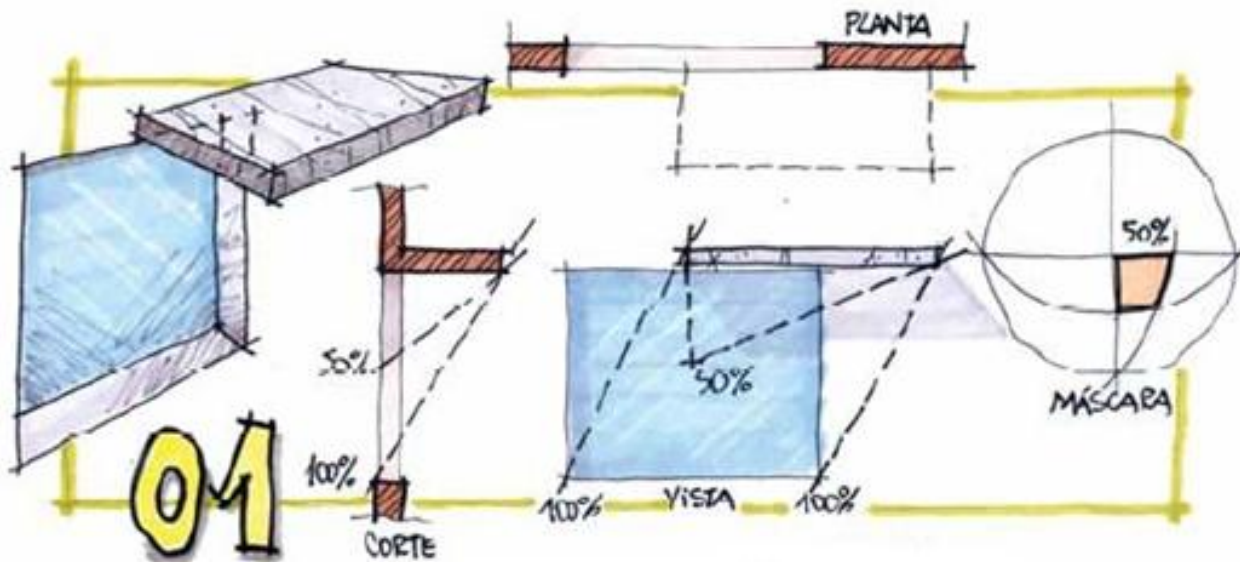




# Exemplos de Mascaramento de Brises

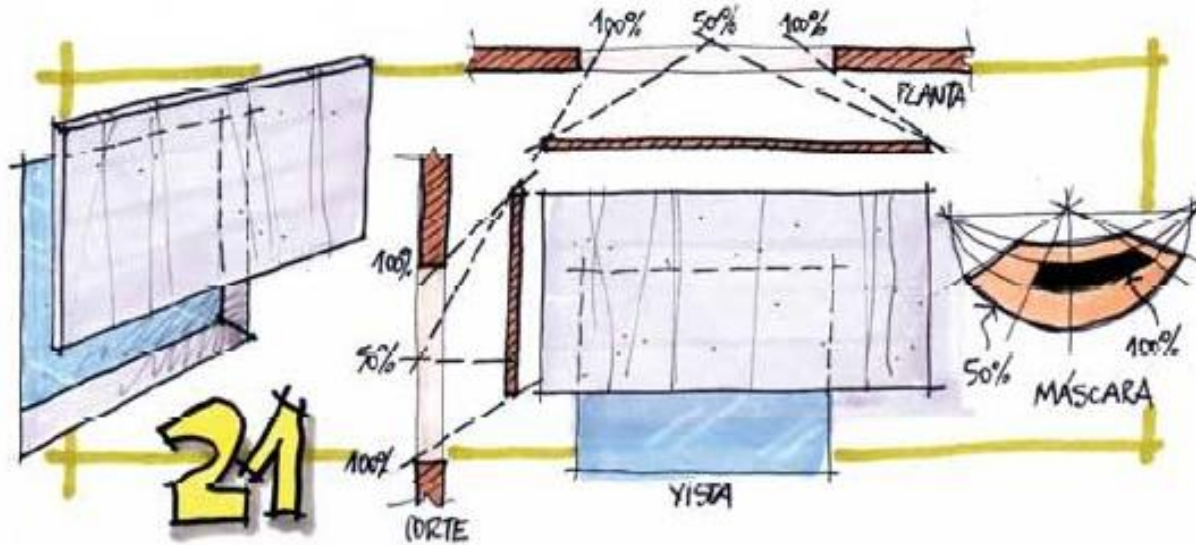


# Exemplos de Mascaramento de Brises

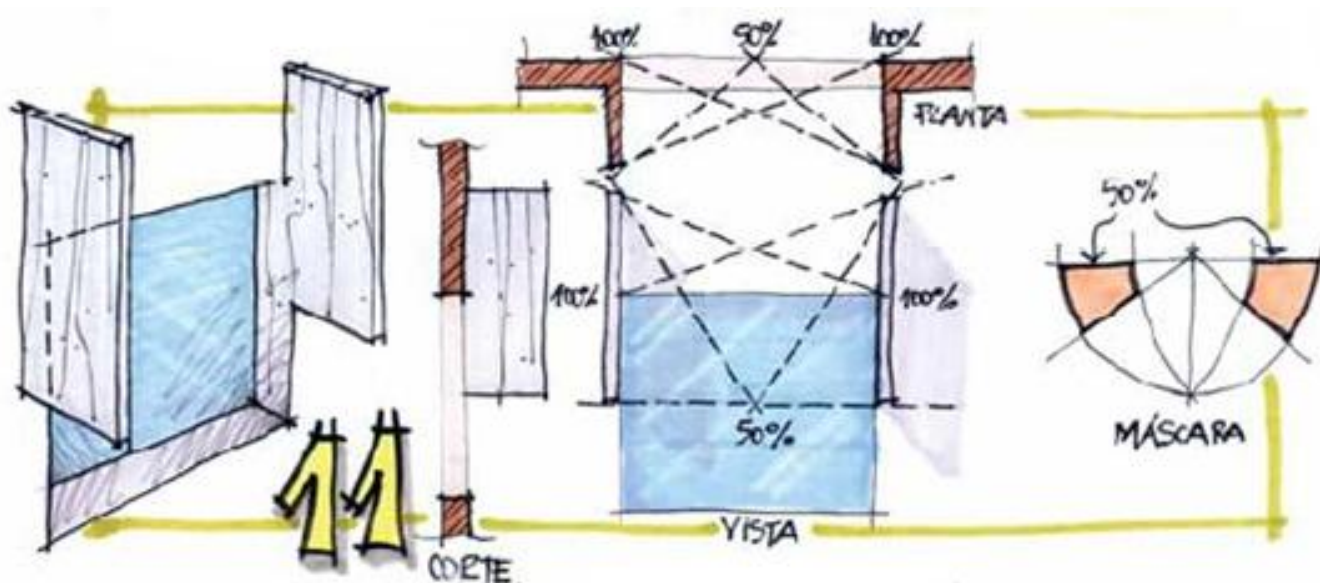


01

# Exemplos de Mascaramento de Brises



# Exemplos de Mascaramento de Brises

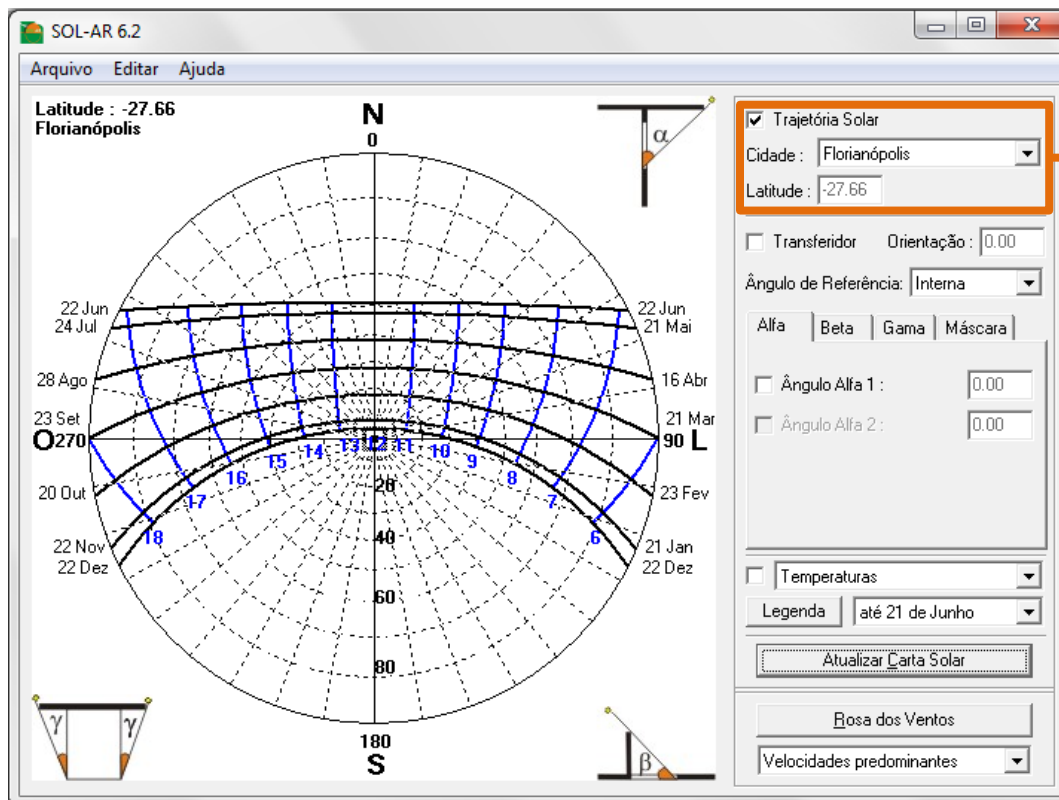


## Programa SOL-AR

Permite traçar a máscara desejada para, posteriormente, partir para o projeto das proteções solares.

- Desenvolvido pelo LabEEE
- Ferramenta para projeto de proteções solares
- **Máscara de sombra** sobre a carta solar dados os ângulos  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\gamma$
- Temperaturas do arquivo TRY (test reference year) para cada localidade cadastrada
- Fornece a **Rosa dos Ventos** do TRY

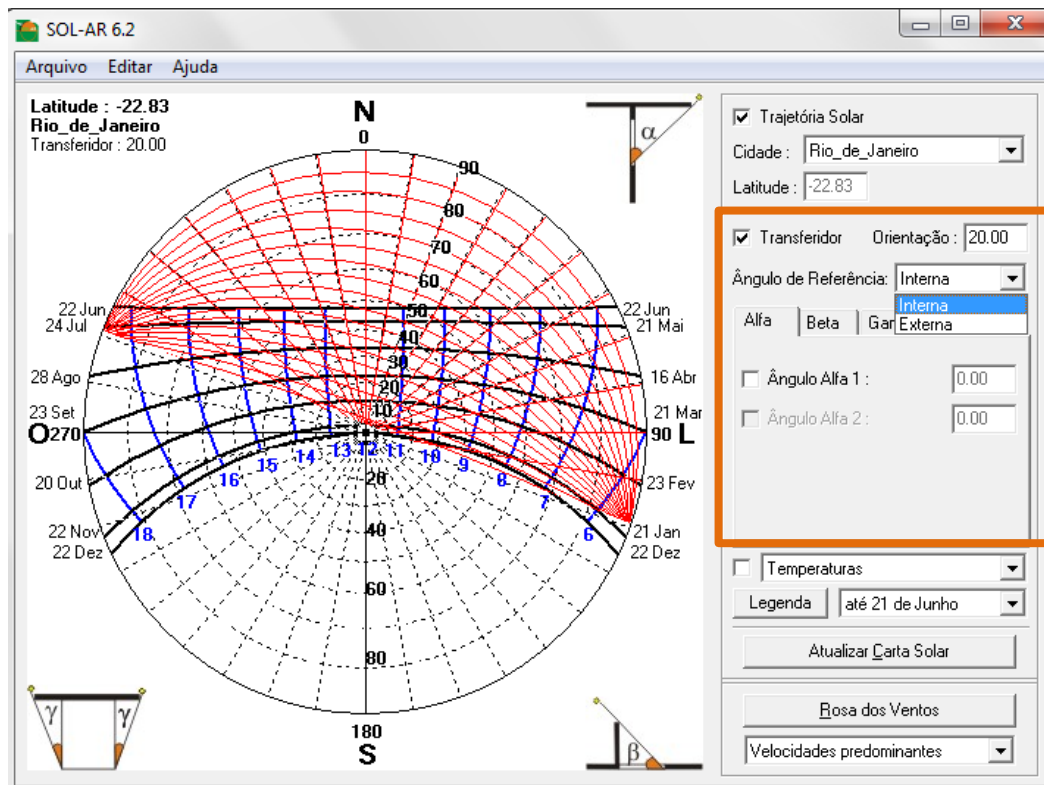
# Programa SOL-AR



## UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

1. Apresentação da trajetória solar;
2. Definição do local através da latitude ou cidades cadastradas.

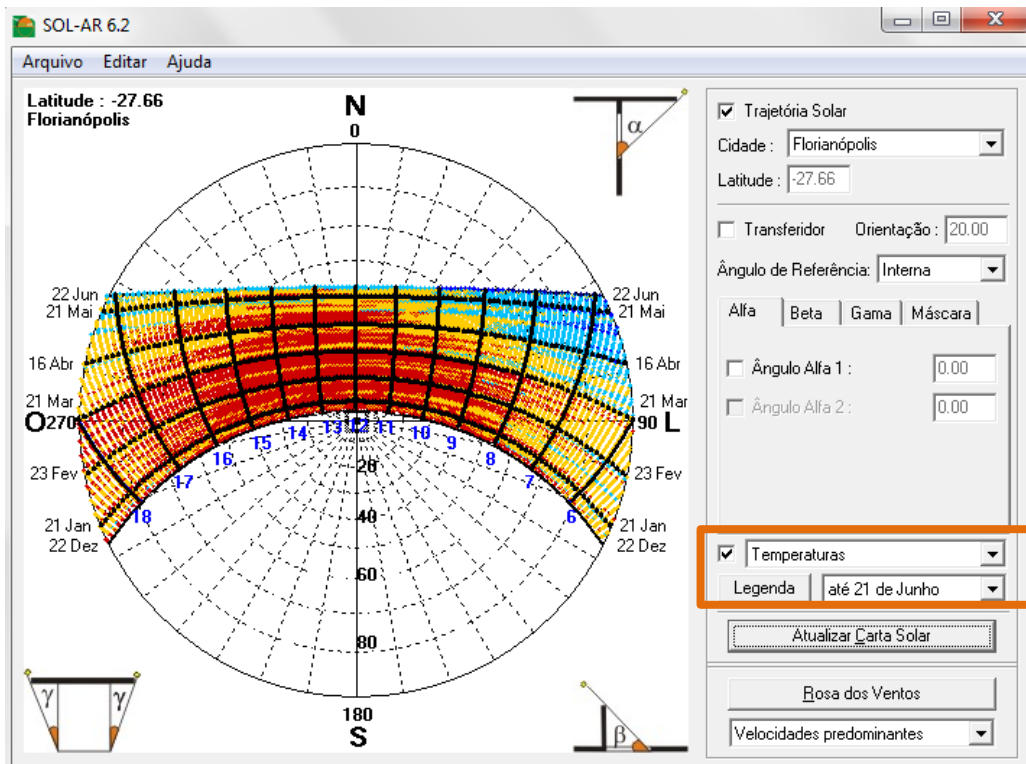
# Programa SOL-AR



## UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

1. Orientação
2. Ângulos de referência (escala interna ou externa)

# Programa SOL-AR

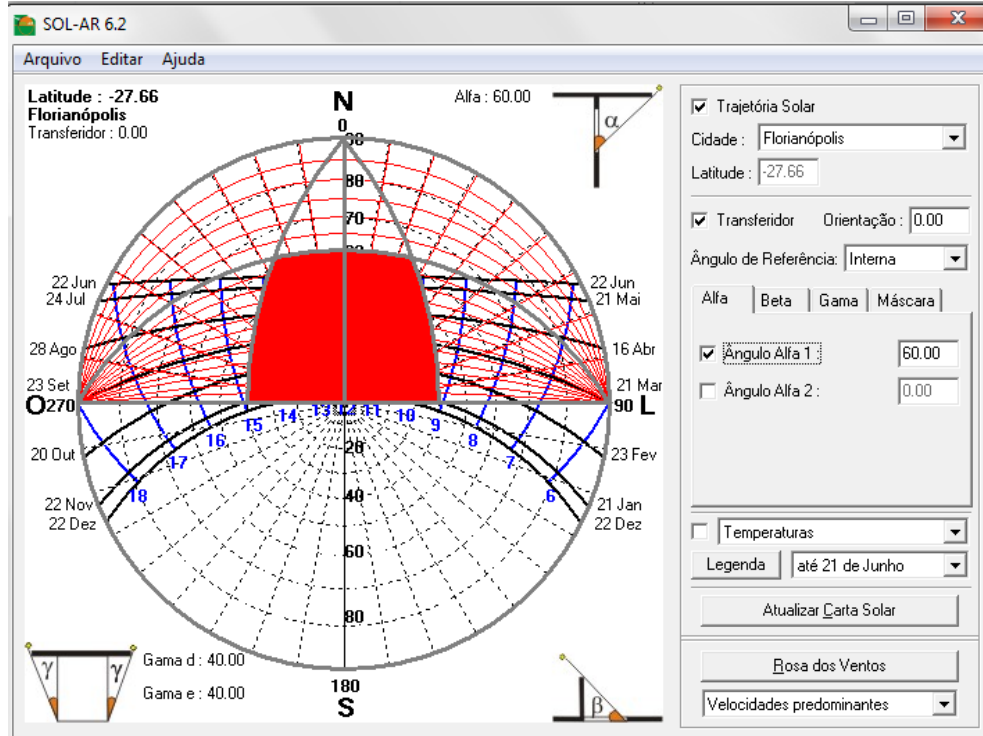


## UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

Temperaturas horárias

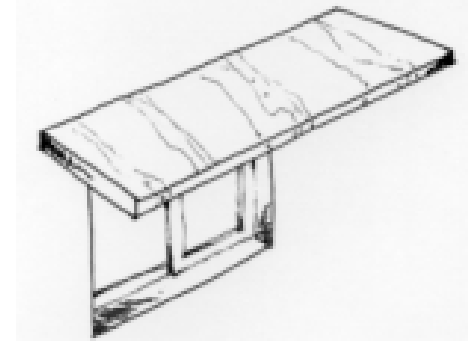


# Programa SOL-AR

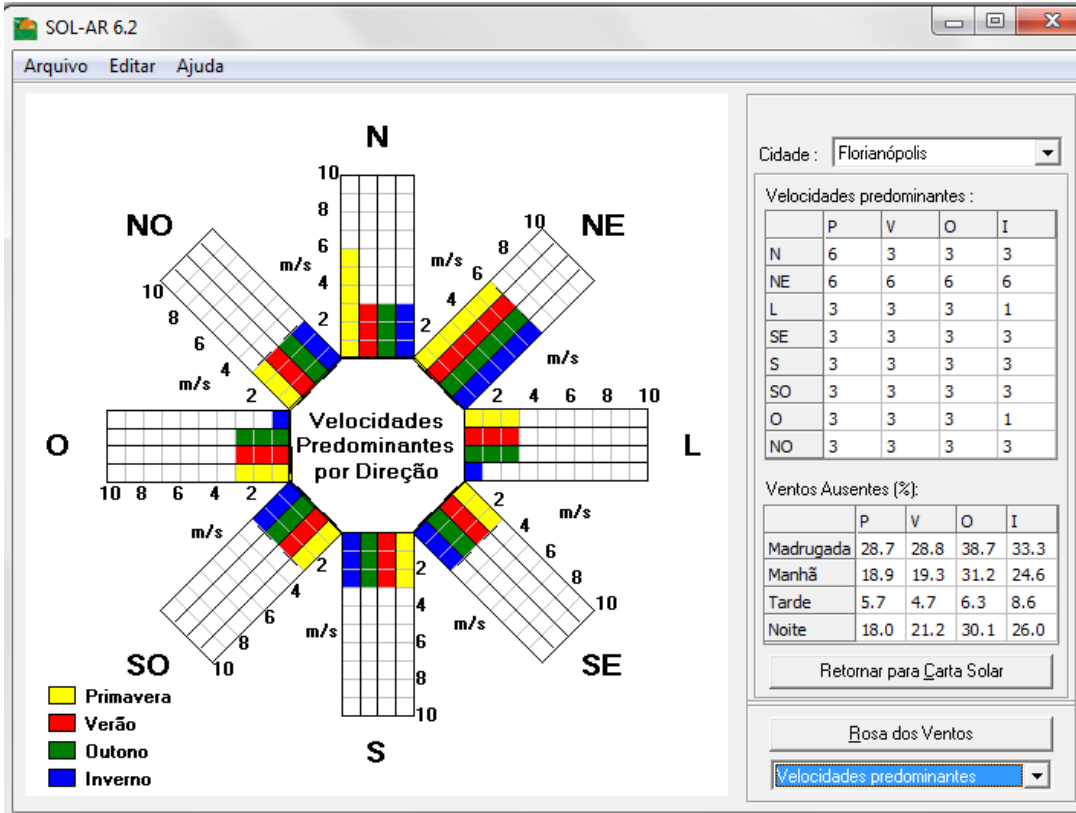


## UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

Máscara para um brise horizontal com orientação Norte



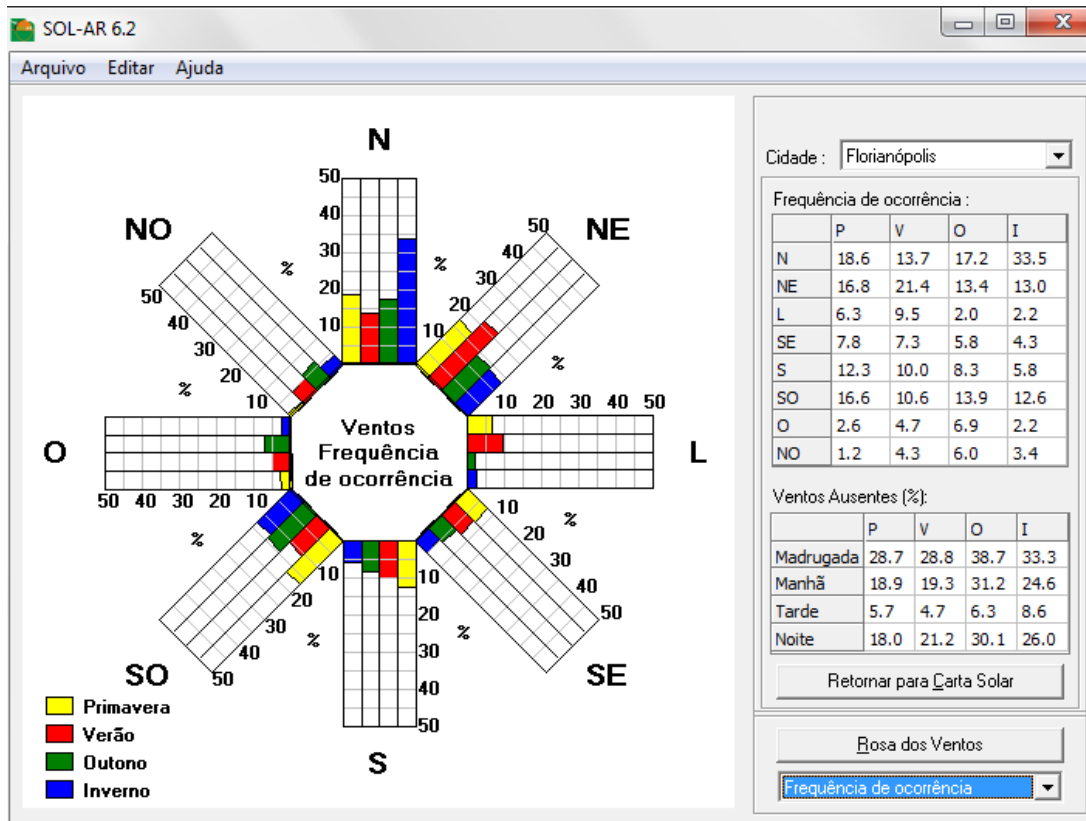
# Programa SOL-AR



## UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

**Velocidades predominantes** do vento por direção para Florianópolis

# Programa SOL-AR

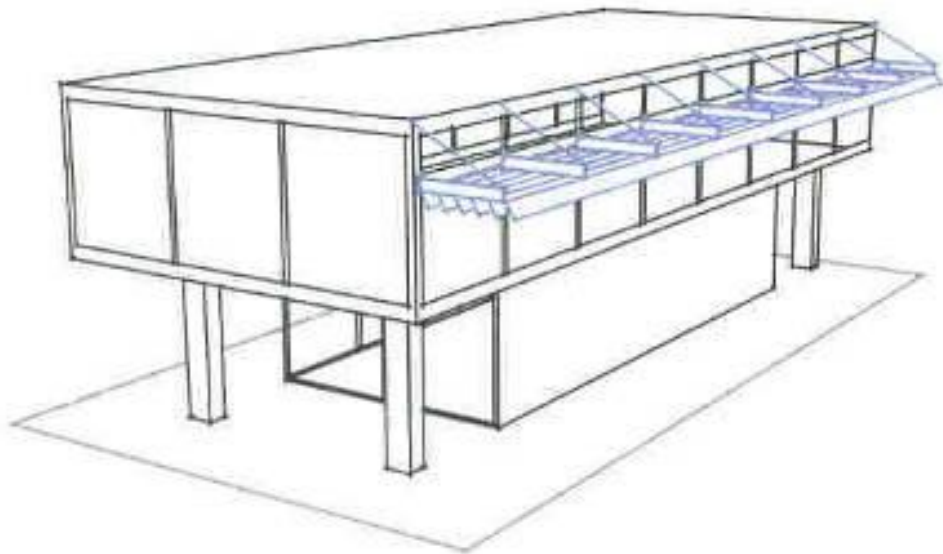


## UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA

**Frequência** de ocorrência do vento para Florianópolis

## Exemplos de Aplicações

### SOMBREAMENTO BRISE HORIZONTAL

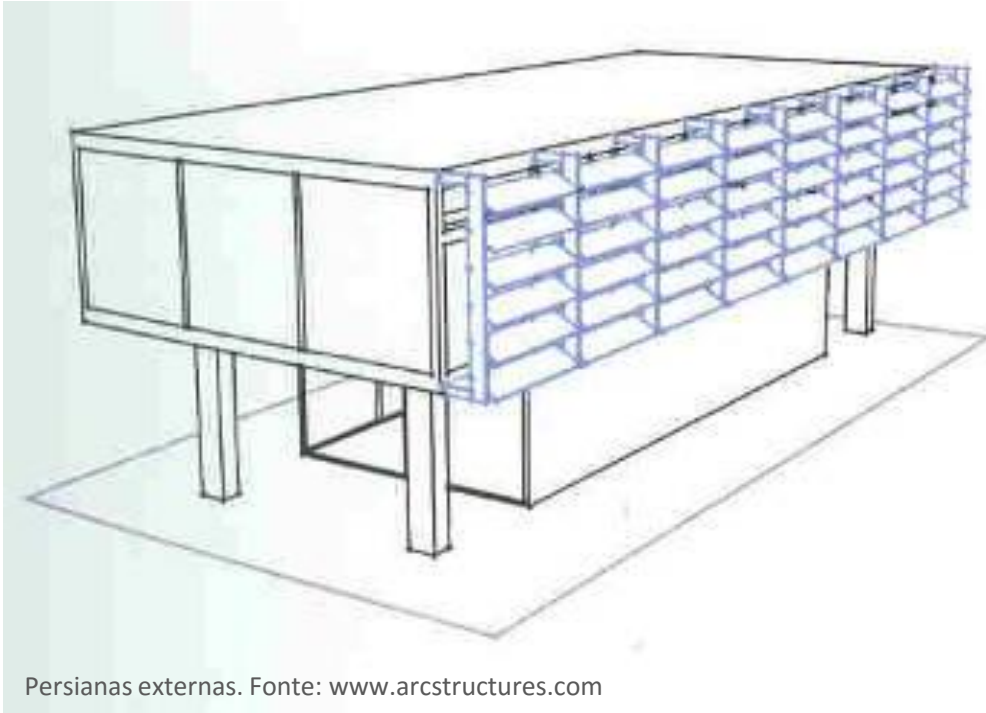


Brise horizontal apoiado em estrutura leve. Fonte: [www.arcstructures.com](http://www.arcstructures.com)

Os brises instalados na parte de cima das aberturas são projetados para dar proteção contra ângulos altos do sol (principalmente em verão), sendo especialmente apropriados para uso na fachada norte (no sul do país) ou norte e sul (no norte do país). Deve dar sombra na abertura no período em que se tem o maior ganho solar indesejável (outubro a abril no sul do país). Não são muito eficazes no inverno, já que o ângulo de incidência de sol é mais baixo, mas geralmente neste período é aconselhável o ganho solar para o aquecimento passivo (no sul do país), mas deve combinar-se com o uso de persianas internas para controle de ofuscamento. São usados na parte externa da edificação e podem ser apoiados por meio de uma estrutura leve, presos diretamente na fachada da edificação ou podem ser combinados com uma prateleira de luz interna para um controle maior do ganho solar, ofuscamento e aproveitamento da luz natural.

## Exemplos de Aplicações

### SOMBREAMENTO PERSIANAS EXTERNAS



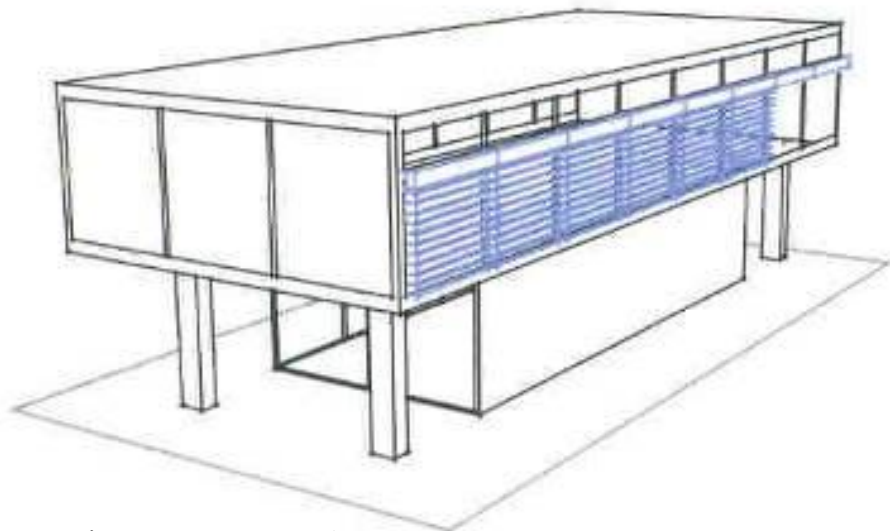
Persianas externas. Fonte: [www.arcstructures.com](http://www.arcstructures.com)

Sistema de sombreamento externo que corre ao longo das aberturas da edificação. Podem criar-se inúmeras possibilidades em termos de tamanho das persianas e sistema construtivo. Persianas maiores permitem maior visibilidade externa com bom sombreamento.

Uso de persianas na posição vertical é apropriado para fachadas leste e oeste. As persianas podem ser fixas ou ajustáveis a vários ângulos para permitir níveis maiores de controle solar, o que pode ser feito de forma manual ou incorporada na automatização da edificação.

## Exemplos de Aplicações

### SOMBREAMENTO VENEZIANAS INTERNAS OU EXTERNAS



Sombreamento com veneziana externa. Fonte: [www.arcstructures.com](http://www.arcstructures.com)

Sistemas de venezianas podem ser usados externamente, internamente ou entre vidros na edificação. Venezianas externas tem além de controle da luz solar, um maior controle do ganho térmico que entra na edificação. Este sistema é ideal para fachadas leste e oeste e por ser retrátil usa-se quando o sol está atingindo a fachada, podendo ser recolhido quando não é necessário. Podem ser usados manualmente ou de forma automática.

O desenvolvimento da tecnologia neste sistema encontra-se mais na automatização do mesmo, recomendado para uso externo, já que pode além de ser coordenado de acordo às necessidades de sombreamento, também pode ser com a velocidade do vento, sendo recolhido caso o vento passe na velocidade máxima estimada para segurança.

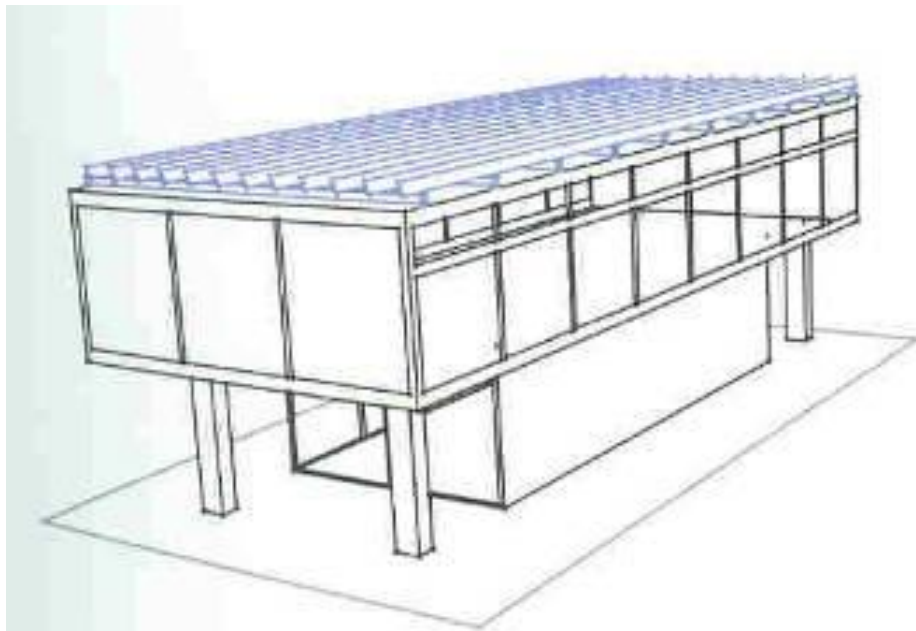
## Exemplos de Aplicações



Projeto com uso de veneziana externa Fonte: [www.hunterdouglascontract.com](http://www.hunterdouglascontract.com)

## Exemplos de Aplicações

### SOMBREAMENTO ZENITAL



Venezianas ajustáveis. Fonte: arcstructures.com

O sombreamento zenital pode ser utilizado de forma externa ou interna. O sombreamento externo fornece um controle maior da luz solar e reduz o ganho térmico que entra na edificação em maior quantidade que na sua utilização interna. A rotação das venezianas permitem abertura total do sistema com entrada de luz natural ou o fechamento do mesmo, e pode ser operado de forma manual ou automática.



## Exemplos de Aplicações



**Brises externos  
associados a  
estrutura**



(c) FLC

# Exemplos de Aplicações

Brises externos translúcidos



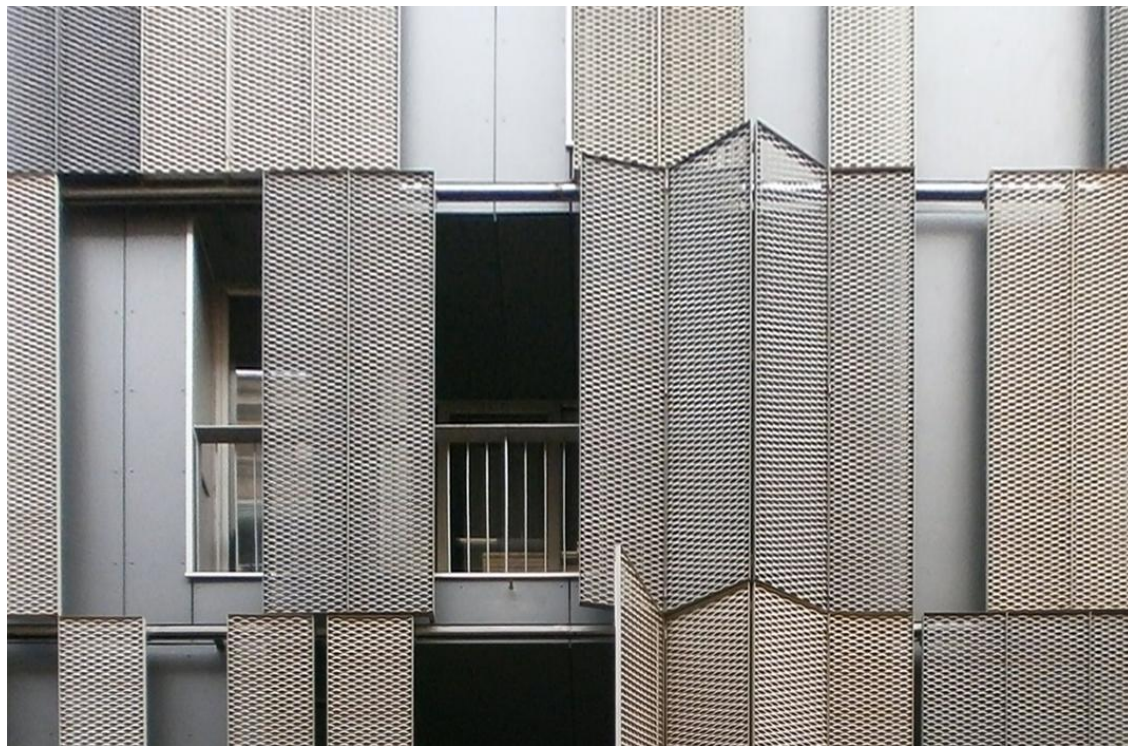
## Exemplos de Aplicações



**Brises externos  
móveis em estrutura  
metálica**



## Exemplos de Aplicações



Fachadas ativas

## Exemplos de Aplicações

Brises utilizados como suporte para painéis fotovoltaicos

