

ANALYSIS SOL-AR

Pesquisadora: Karen Carrer Ruman de Bortoli (karencrbortoli@gmail.com)

Orientadora: Rita de Cássia Pereira Saramago (rcpsaramago@faued.ufu.br)

Introdução _____ p. [03](#)

Manual de Instalação _____ p. [04](#)

Manual de Uso:

Reconhecimento das Ferramentas _____ p. [06](#)

Uso específico das Ferramentas: A Carta Solar _____ p. [08](#)

Exemplo de projeto para um brise _____ p. [13](#)

Brises afastados da parede _____ p. [15](#)

A Carta de Temperaturas _____ p. [16](#)

A Rosa dos Ventos _____ p. [18](#)

Exemplo de associação entre as informações dadas _____ p. [20](#)

A função “Comparar” _____ p. [21](#)

A função “Incluir Nova Cidade” _____ p. [22](#)

1. Introdução - Apresentação do *software* e suas possibilidades

O objetivo principal dessa série de tutoriais consiste em popularizar a prática da simulação digital no processo cotidiano de projeto dos futuros arquitetos, contribuindo para a melhoria das soluções arquitetônicas e urbanísticas propostas.

Um desses programas de simulação é o *Analysis Sol-Ar*, um *software* gráfico que permite a obtenção da **carta solar** correspondente à latitude em que se encontra a edificação analisada, auxiliando no projeto de proteções solares.

O programa também permite, para as cidades com dados horários disponíveis em sua base de dados, a visualização de **intervalos de temperatura** anuais correspondentes às trajetórias solares ao longo do ano e do dia.

Para estas cidades, oferece ainda a possibilidade de obtenção da **rosa dos ventos**, contendo a frequência de ocorrência dos ventos e sua velocidade média para cada estação do ano, conforme oito orientações diferentes: Norte, Nordeste, Leste, Sudeste, Sul, Sudoeste, Oeste e Noroeste.

Este tutorial detalha o procedimento correto para a **elaboração dos elementos de proteção solar**, assim como para a **manipulação das ferramentas complementares** relativas aos dados sobre *temperatura* e *ventos*. O objetivo é facilitar a obtenção de diferentes tipologias de proteções solares, incentivando o usuário na concepção de **novas e eficientes** soluções de projeto.

2. Manual de Instalação do Software

04

Conforme informado no início deste trabalho, os *softwares* da série *Analysis* podem ser adquiridos gratuitamente no sitio do LabEEE.

O Analysis Sol-Ar pode ser baixado diretamente pelo seguinte *link*:

<http://www.labee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar>. Este *link* levará a uma página em que se tem uma rápida apresentação do software, descrevendo seus recursos e potencialidades.

Para fazer o *download*, basta clicar no *link* que está no final da página  **Download Analysis SOL-AR**. Aparecerá então a janela da Figura 1*. Nela, marque a opção “**Download**” e clique “**Ok**”, quando aparecerá então a janela da Figura 2.

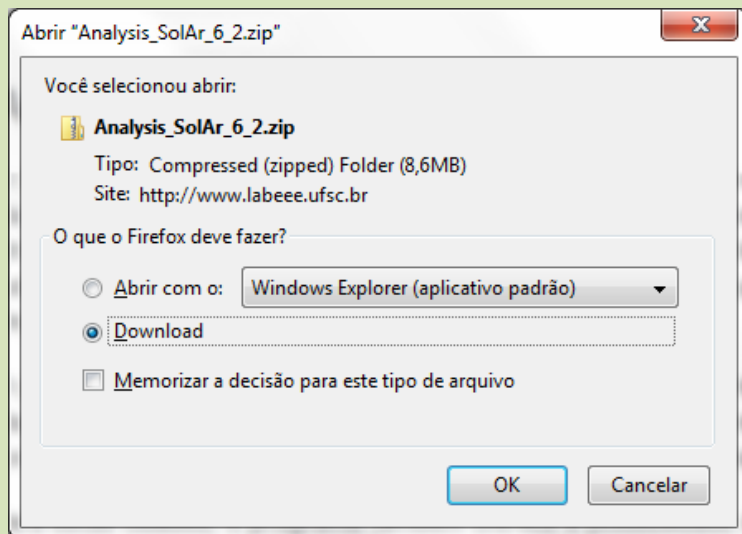


Figura 1

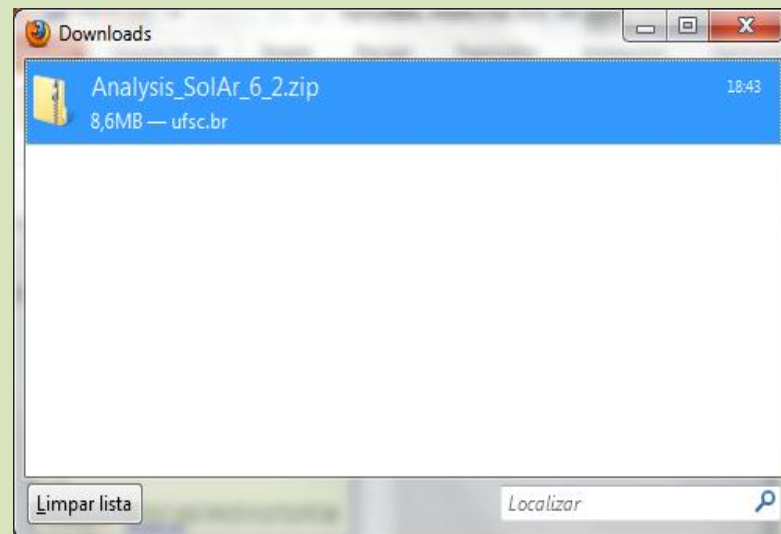


Figura 2

Na janela da Figura 2, clique sobre a pasta baixada. Uma janela como o local onde o arquivo foi salvo aparecerá. Clique sobre o ícone executável  **SolAr 6_2.exe** e o download deverá começar.

*Utilizando-se o navegador Firefox

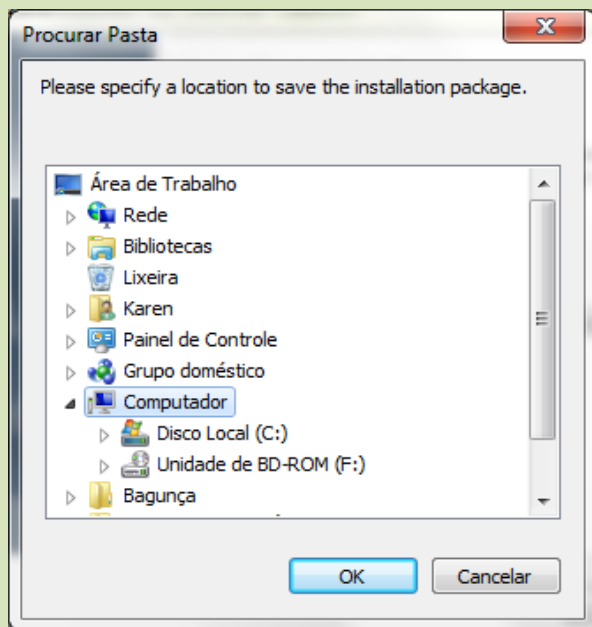


Figura 3

No decorrer do *download*, será pedido que se escolha um local para salvar o pacote de instalação, como pode-se ver na janela da Figura 3.

Uma vez escolhido o local, clique em “**Ok**” para o *download* finalizar. Uma janela como a da Figura 4 abaixo deverá aparecer para assistir a instalação.

Clique em “**Next**” e proceda normalmente à instalação.

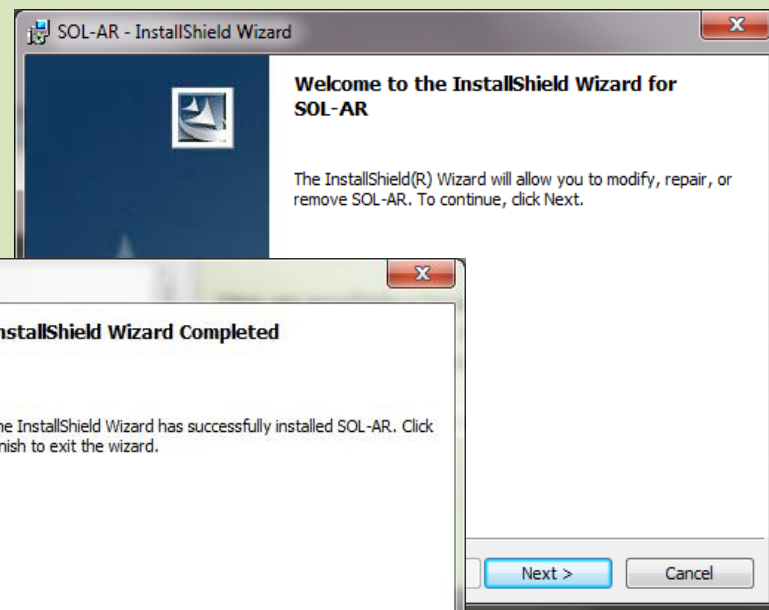


Figura 4

Terminada a instalação, a janela da Figura 5 aparecerá. Clique em “**Finish**”.

Procure na Área de Trabalho pelo atalho do programa.



Finalmente, o programa está pronto para uso!

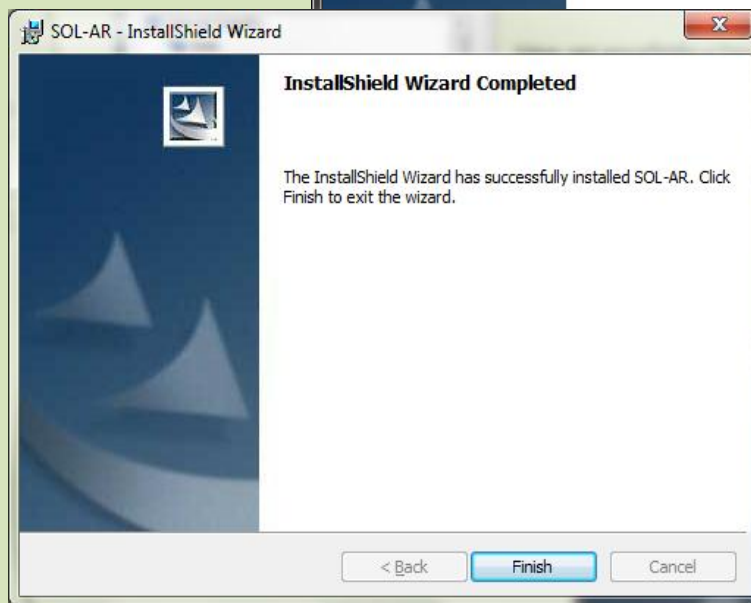


Figura 5

3. Manual de Uso do Software

3.1) Com o programa aberto, façamos um rápido reconhecimento de suas ferramentas:

♦ Em **Arquivo**, conforme mostrado na Figura 6, temos as seguintes funções:

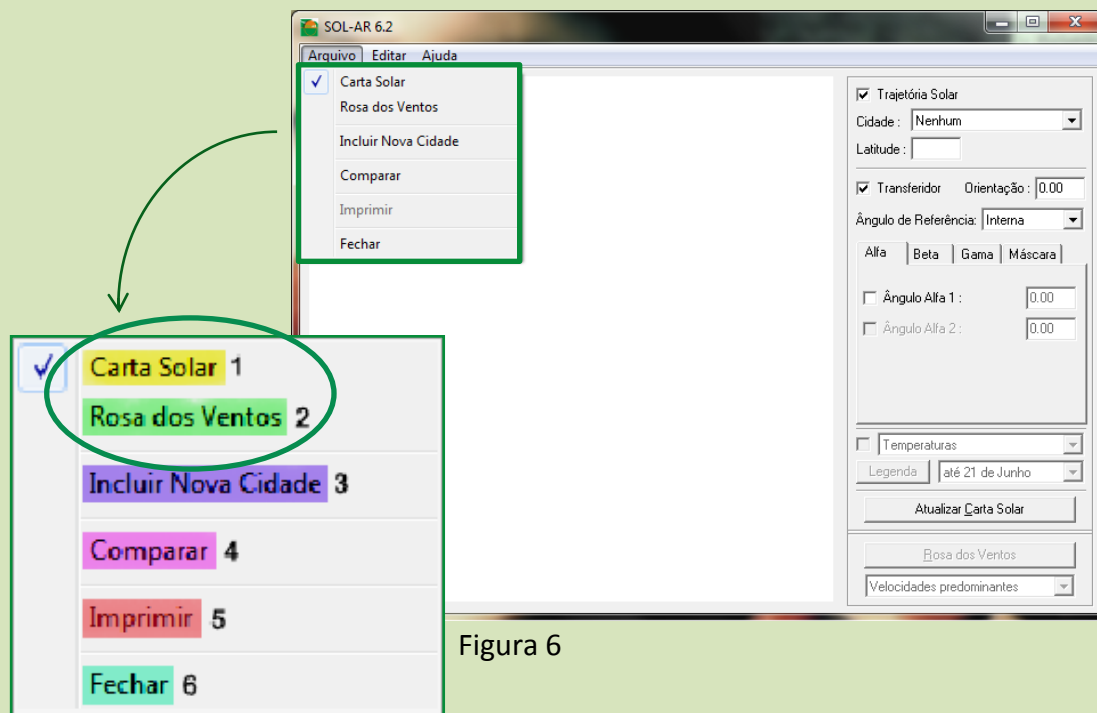


Figura 6

Observando o quadro salientado na Figura 6, em que constam as funções da opção **Arquivo**, pode-se perceber que as funções 1 e 2 estão agrupadas antes de um mesmo travessão.

Todos os recursos do *software* giram em torno dessas duas funções, que se referem, basicamente, à concepção de **brises** (1) e ao estudo das características de **ventilação** (2) de uma determinada cidade. A finalidade é projetar edificações protegidas da insolação indesejada, cujas aberturas estejam voltadas para as direções mais adequadas com relação à ventilação.

A função 3 “**Incluir Nova Cidade**” (p. 22) serve para que se incluam Arquivos Climáticos de outras cidades que não estejam disponíveis no programa.

A função 4 “**Comparar**” (p. 21) permite que o usuário compare gráficos com informações sobre a insolação e a ventilação característicos da cidade estudada.

Ao clicar sobre a função 5 “**Imprimir**” o programa envia a uma impressora a informação gráfica visualizada naquele momento. Com a impressora ligada e conectada ao computador, o usuário terá uma impressão em qualidade razoável, porém, não existe a possibilidade de editar o arquivo antes de imprimir.

A função 6 “**Fechar**” encerra o programa.

♦ Em **Editar**, existe somente a função “**Copiar**” (Figura 7). Essa opção faz uma cópia da Carta Solar ou Rosa dos Ventos que está sendo analisada, deixando-a disponível na área de transferência. Assim, basta digitar Ctrl+V (atalho para colar) no lugar em que deseja salvar o arquivo.

♦ Em **Ajuda** existe a opção “**Sobre**” (Figura 8), que abre uma página com os créditos do programa, além de algumas informações a respeito da série *Analysis* e dos recursos oferecidos pelo *Analysis Sol-Ar*.

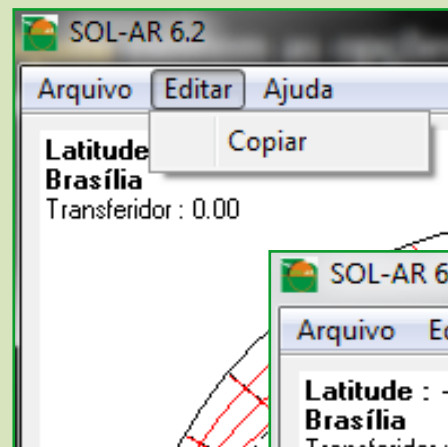


Figura 7

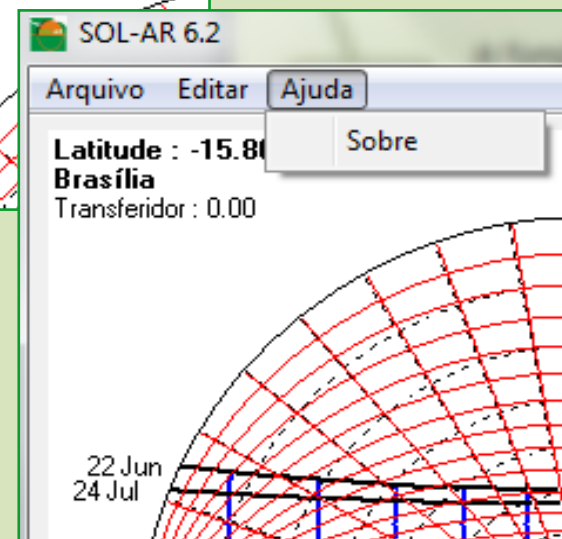


Figura 8

3.2) Uma vez reconhecidas as ferramentas, podemos proceder ao uso de cada uma delas.

Ao abrir o programa, a tela da função “**Carta Solar**” já estará ativa, como é possível ver na Figura 9:

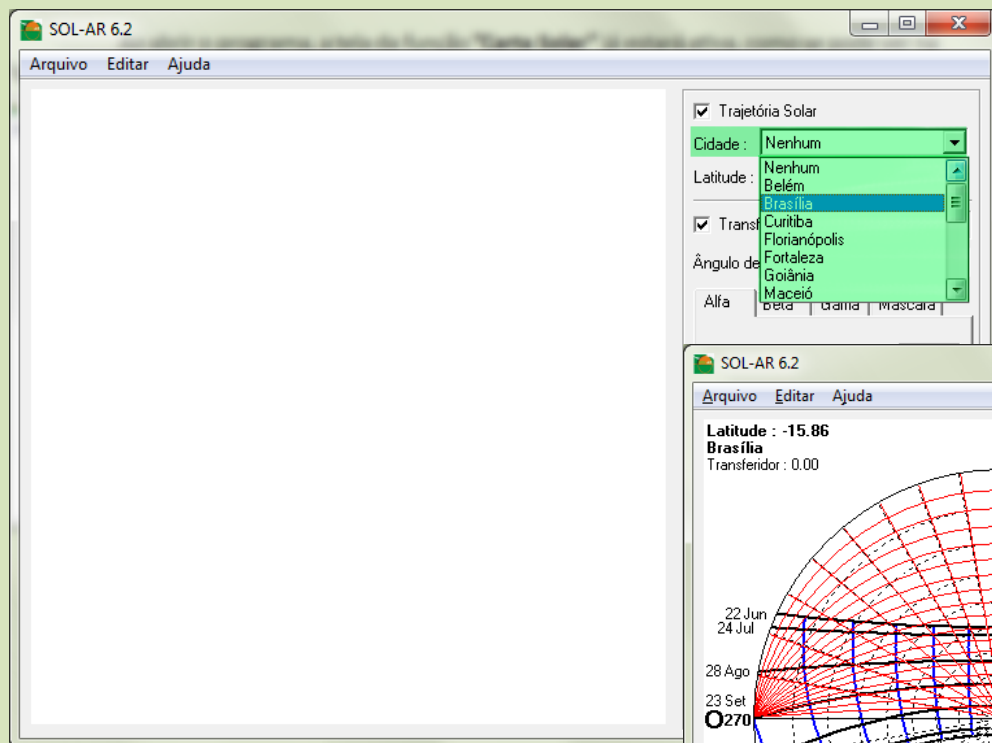


Figura 9

Escolhida a cidade, a Carta Solar da mesma aparecerá.

Note que as opções **Trajetória Solar** e **Transferidor** (salientados em vermelho) vem marcadas por padrão.

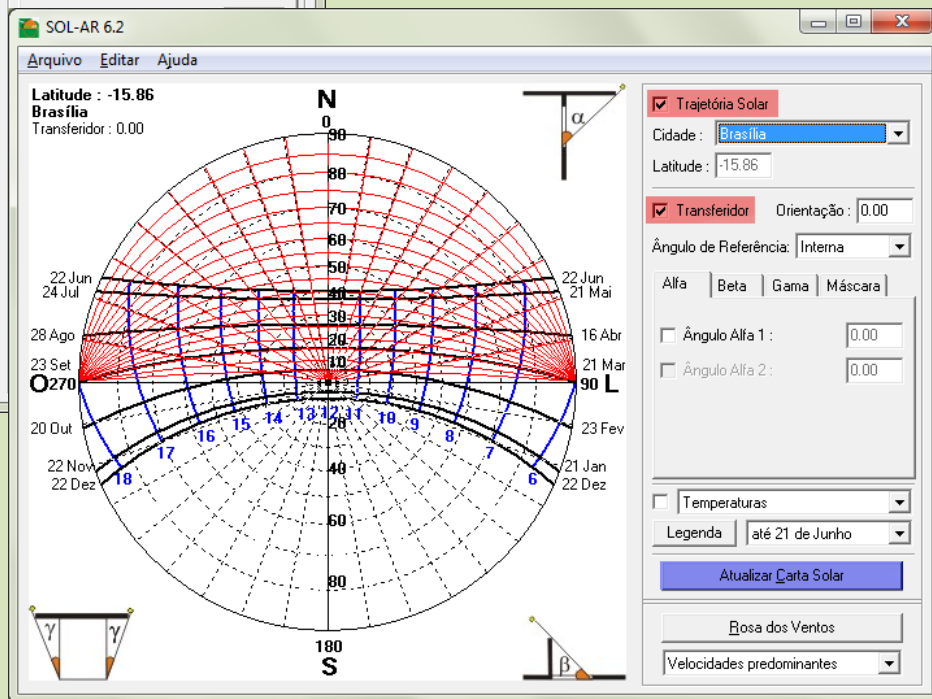


Figura 10

As mesmas podem ser desmarcadas a qualquer momento, bastando clicar no botão **Atualizar Carta Solar** (salientado em azul) para que a Carta Solar seja modificada.

É possível, também, inserir no programa a cidade desejada através de sua latitude, no campo **Latitude** (salientado em azul na Figura 11). No entanto, após clicar no botão **Atualizar Carta Solar**, somente a **Carta Solar** para aquela latitude será gerada, não dispondo de Arquivos Climáticos para compor os gráficos de temperatura e ventilação (que serão explicados adiante).



Figura 11

No campo **Orientação** (salientado em verde na Figura 11), deve-se inserir a orientação da fachada em estudo, com relação ao Norte.

O ângulo inserido é computado apenas no sentido horário. Valores negativos não são compreendidos pelo programa.

No campo **Ângulo de Referência**, determine o ângulo que será considerado na concepção de elementos de proteção solar (brises). Na Figura 11 ao lado, o ângulo de referência escolhido foi interno.

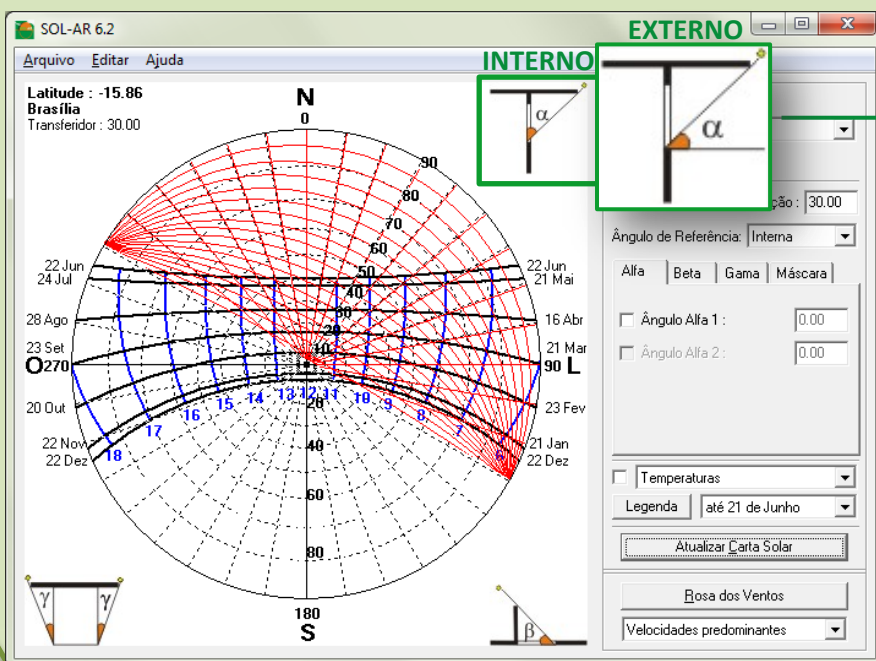


Figura 12

Note que também é possível escolher o ângulo de referência **externo**! Nada muda no procedimento e interpretação dos resultados, somente a configuração do **Transferidor** é que se adapta.

O próximo passo consiste em determinar a **máscara de sombreamento** para a fachada em estudo.

Com o Transferidor posicionado conforme a orientação da fachada estudada, deve-se determinar o período do dia em que a insolação é indesejada e, com base nisso, inserir os ângulos α (Alfa), β (Beta) e γ (Gama).

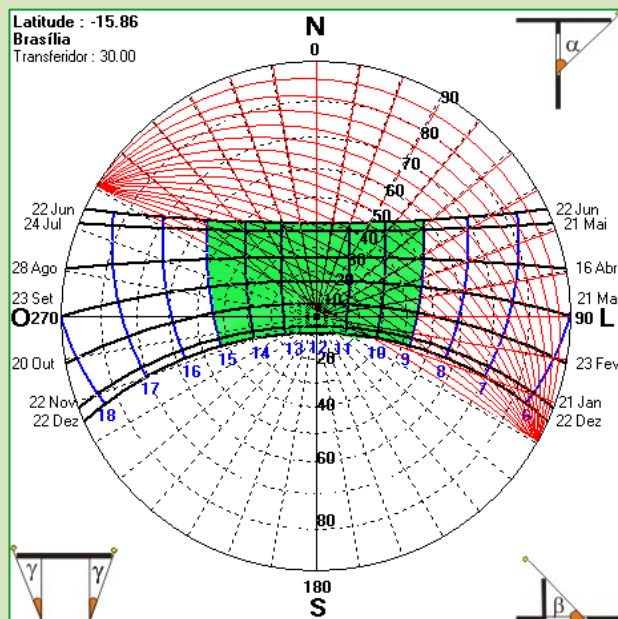


Figura 13

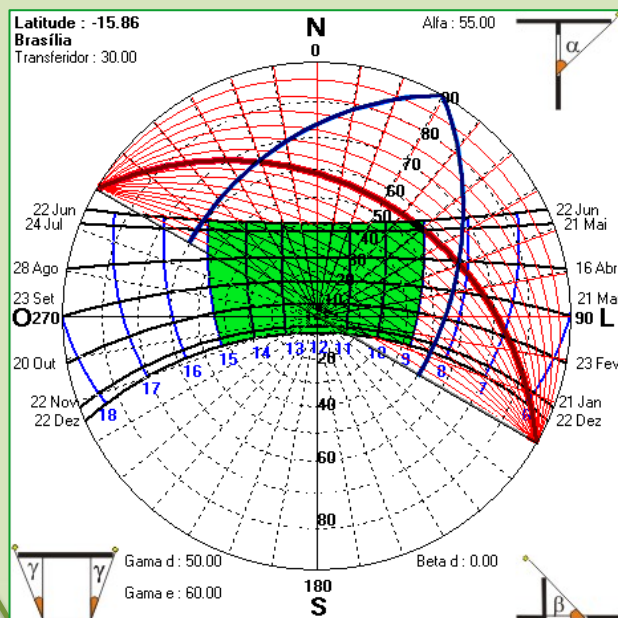


Figura 14

Suponhamos que seja necessário proteger a fachada Nordeste de uma edificação em Brasília da insolação entre as 9 h e as 15 h.

Determinado o intervalo que se deseja sombrear (salientado em verde na Figura 13), definem-se os ângulos necessários ao mascaramento da insolação indesejada.

Para isso, basta verificar no Transferidor quais são os ângulos que cobrem o intervalo, como os que estão salientados na Figura 14.

Protetores Horizontais

α – Medidor de Ângulos Verticais Frontais

γ – Medidor de Ângulos Verticais Laterais

Protetores Verticais

β – Medidor de Ângulos Horizontais

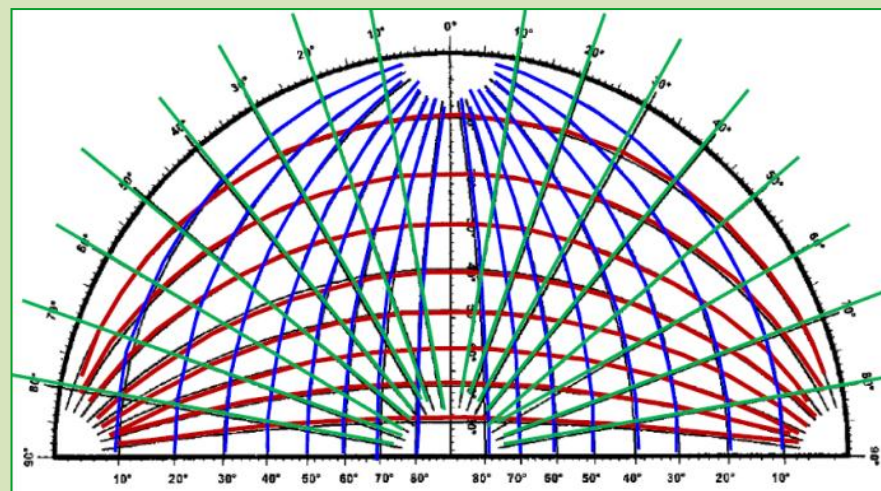


Figura 15

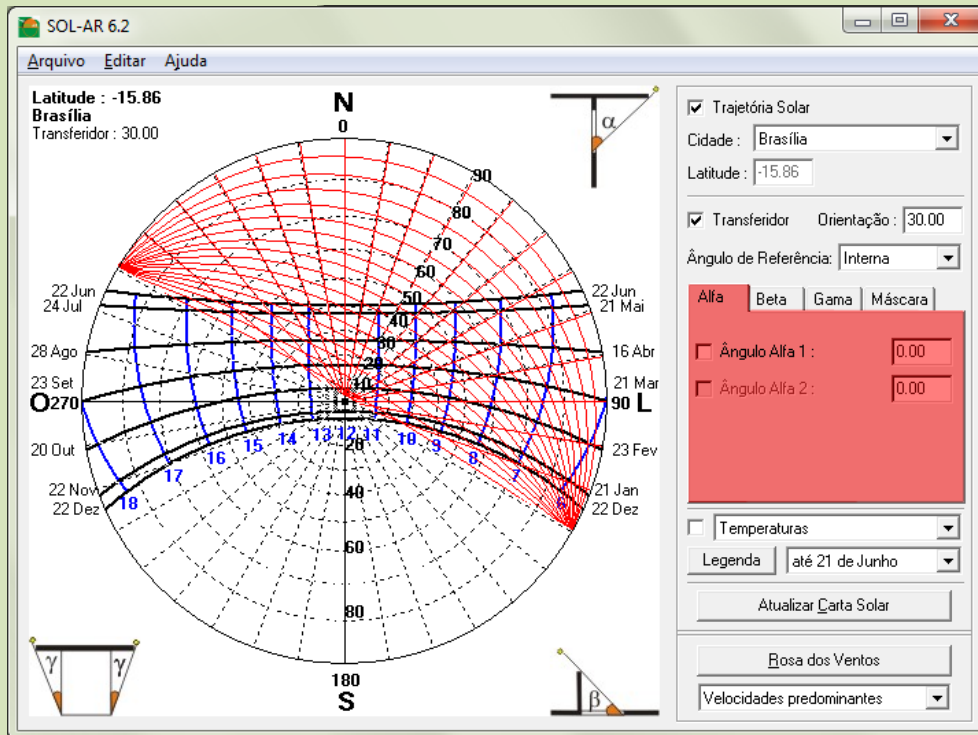


Figura 16

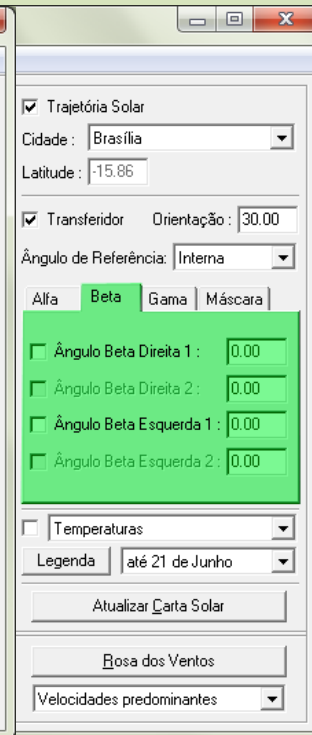


Figura 17



Figura 18

Observando o exemplo da Figura 14, constatamos que o ângulo **Alfa** deve ser algo em torno de 55°. Na Figura 16, vemos salientado em vermelho a aba onde esse valor deve ser inserido, no campo “**Ângulo Alfa 1**”. Pode-se também inserir o “**Ângulo Alfa 2**”, para o caso de brises afastados da parede (ver [p. 15](#)).

O ângulo **Beta**, quando existe, deve ser inserido na aba salientado em verde na Figura 17. Nos campos “**Ângulo Beta Direita 1**” e “**Ângulo Beta Esquerda 1**” devem ser inseridos os valores observados na análise da carta solar. Nos campos “**Ângulos Beta Direita 2**” e “**Ângulos Beta Esquerda 2**” podem ser inseridos os ângulos referentes ao afastamento entre o brise e o plano da parede.

Ainda utilizando como exemplo a situação da Figura 14, temos que o ângulo **Gama** do lado direito é igual a 50°, portanto este valor deve ser inserido no campo “**Ângulo Gama Direita 1**” na aba salientada em azul na Figura 18. Da mesma forma, deve ser inserido o valor 60° no campo “**Ângulo Gama Esquerda 1**”. Os demais campos podem ser preenchidos com ângulos referentes ao afastamento entre o brise e o plano da parede.

Deve-se utilizar a tecla “**Enter**” do teclado para ativar cada um dos comandos, ou clicar em **Atualizar Carta Solar**.

Após inserir todos os ângulos de interesse, pode-se traçar, afinal, a **Máscara de Sombreamento**.

Para tanto, devem-se delimitar:

- 1) A **Zona de Eficiência Total**;
- 2) A **Zona de Eficiência Parcial**.

Na aba **Máscara**, destacada na Figura 19, existem as opções “Desenhar Reta” e “Preencher”.

Marcando-se a primeira, é possível traçar “à mão livre” os limites do mascaramento (Figura 20).

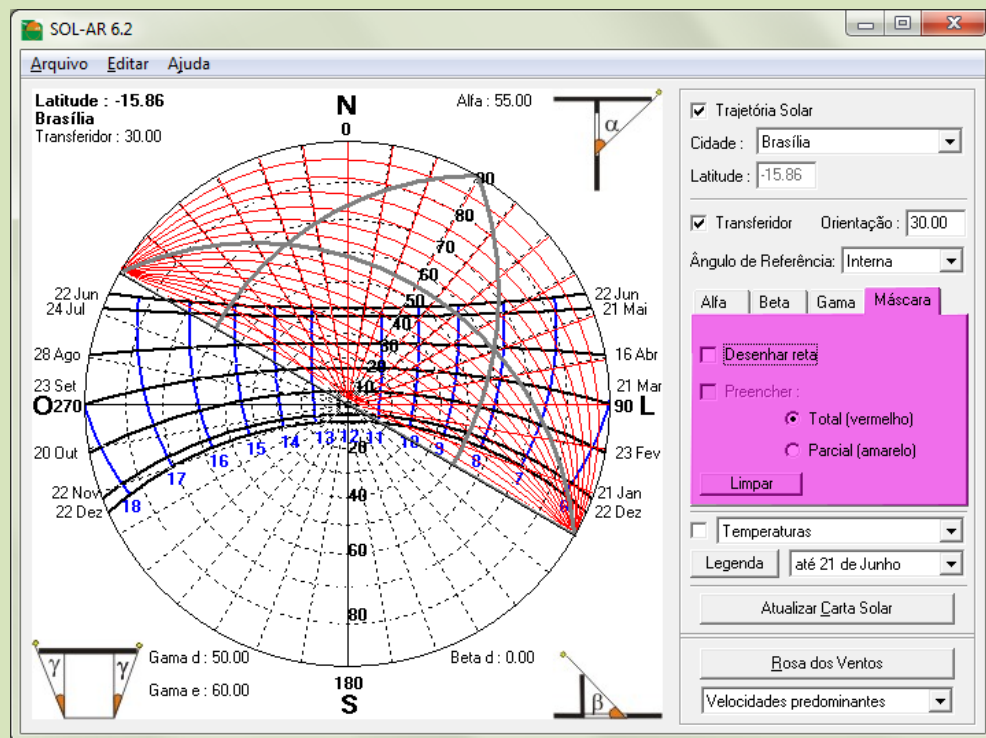


Figura 19

Deve-se marcar as duas opções (“**Desenhar Reta**” e “**Preencher**”) para que a segunda opção de preenchimento seja efetivamente habilitada.

Feito isso, marque a terceira opção “**Total (vermelho)**”, e clique sobre as zonas do Transferidor em que há Eficiência Total.

Por fim, marque a quarta opção “**Parcial (amarelo)**” e clique sobre as zonas do Transferidor em que há Eficiência Parcial.

O botão **Limpar** exclui todas as pinturas realizadas.

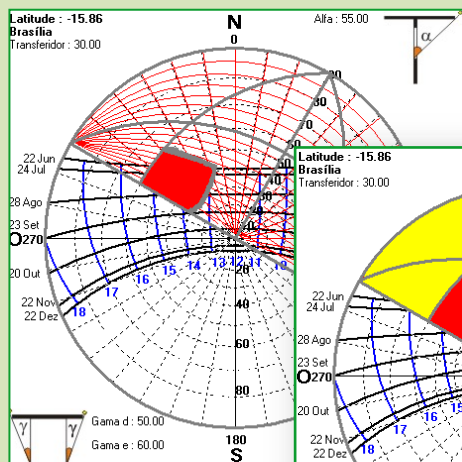


Figura 20

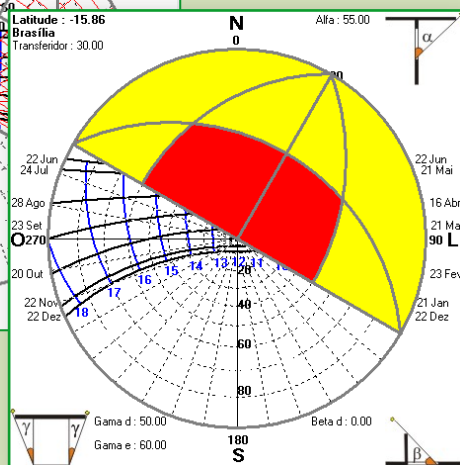


Figura 21

Exemplo de projeto para um brise

Tendo-se os ângulos que mascaram a fachada em estudo no intervalo desejado, é interessante que se faça um teste para verificar quais as dimensões que o brise terá.

Utilizando os dados obtidos no exemplo abordado anteriormente, temos:

Brasília: Latitude -15,86° Transferidor: 30°	
α	55°
$Y_{direita}$	50°
$Y_{esquerda}$	60°

A partir dos ângulos, pode-se traçar um **Corte** e uma **Vista** da janela em estudo, como se pode ver na Figura 22 abaixo.

Percebe-se que o resultado estético desse brise, a princípio, não é interessante, da mesma forma como poderão haver grandes dificuldades em sua execução.

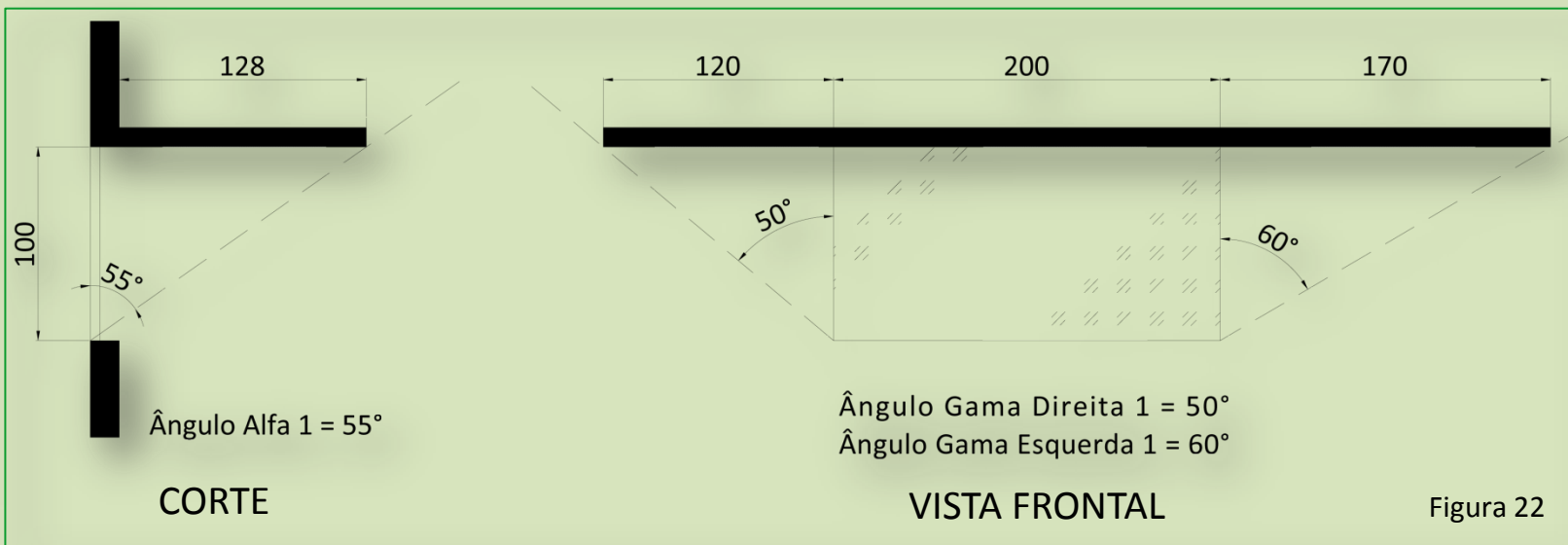
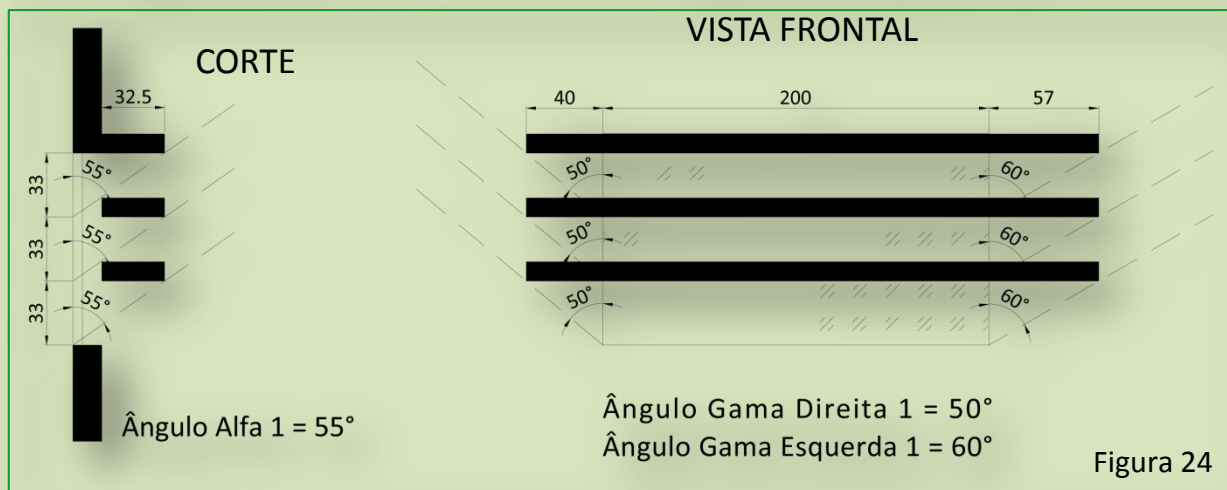
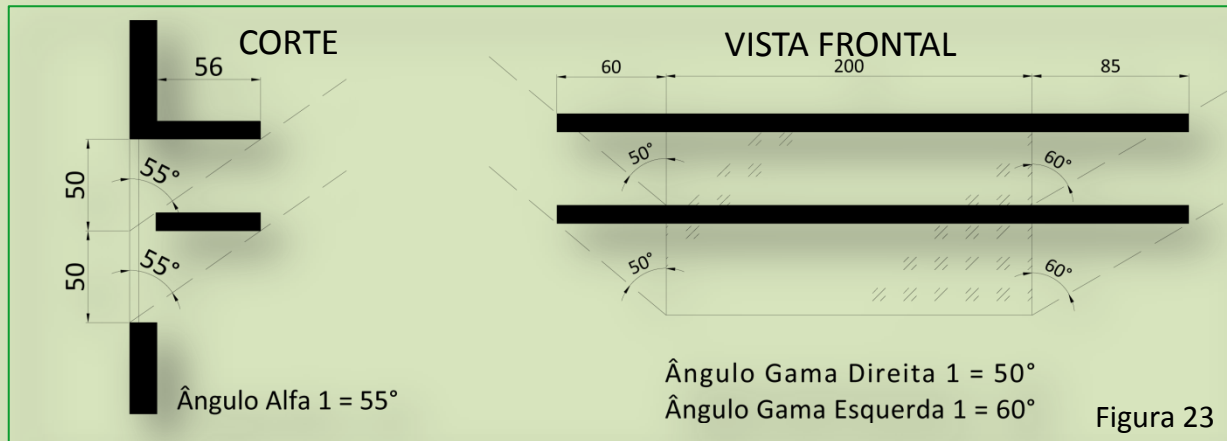


Figura 22

É possível **subdividir** o brise em 2 ou em até 3 partes sem que se perca o sombreamento desejado! Basta que, para isso, **mantenham-se os ângulos** encontrados no Transferidor, como podemos observar nos exemplos ao lado.



Após sucessivas divisões, encontram-se medidas ideais e executáveis (Figura 24).

Por fim, pode-se arredondar alguns valores, caso seja interessante para o projeto que haja elementos de proteção solar simétricos (Figura 25).

Seguindo esse procedimento, é possível conceber um projeto coerente e esteticamente atraente.

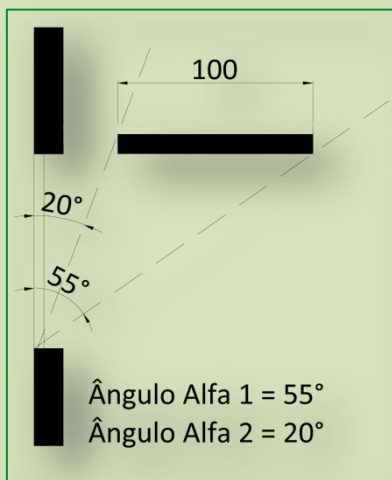


Figura 26

No exemplo da Figura 26 acima, supõe-se que o brise horizontal esteja 28 cm afastado da parede. Nessas condições, o “**Ângulo Alfa 1**” permanece sendo 55° e o “**Ângulo Alfa 2**” é 20°.

Simulando esses dados no programa, tem-se a Máscara de Sombreamento representada na Figura 27.

Analisando a Carta Solar apenas com a projeção do mascaramento (Figura 28), percebe-se que, principalmente durante a **Primavera** e o **Verão**, o intervalo entre as 9h e 15 h não será protegido da luz solar.

Durante as demais estações, a proteção ocorre de forma irregular, sendo que somente próximo ao **solstício de inverno** ocorre mascaramento completo.

Para brises afastados da parede, deve-se considerar um segundo ângulo alfa. O mesmo deve ser inserido no programa *Analysis Sol-Ar* no campo “**Ângulo Alfa 2**”.

A diferença entre esse brise e o anterior é que a presença do “**Ângulo Alfa 2**” implica em uma redução da Zona de Eficiência Total no mascaramento.

A fresta entre a parede e o brise permite a penetração de raios solares no ambiente em determinados momentos do dia, ao longo do ano, como se pode ver na Figura 26.

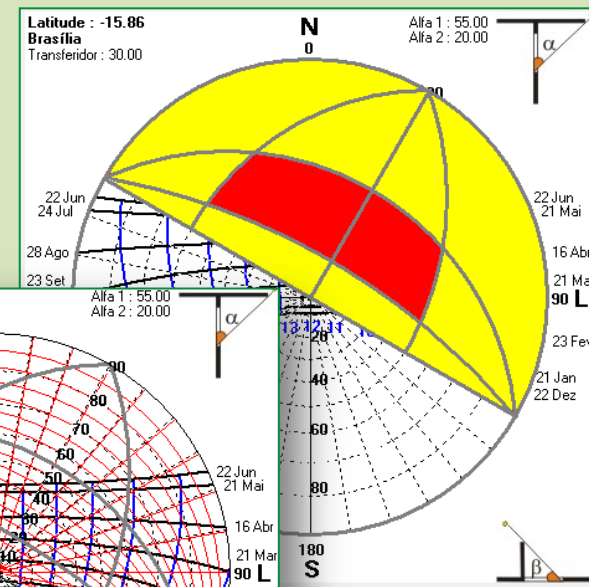


Figura 27

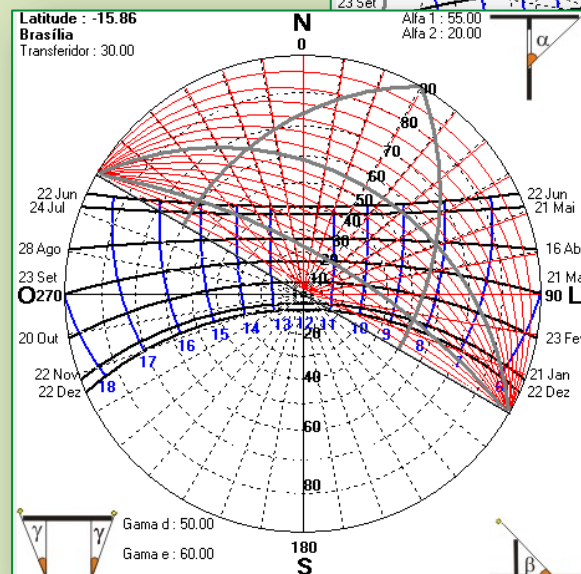
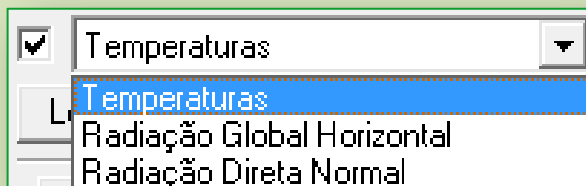


Figura 28

Voltando à janela da Carta Solar, existe mais uma função que deve ser compreendida.

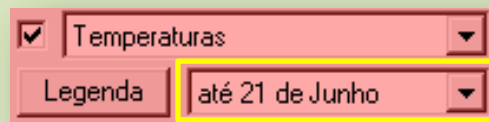
O campo **Temperaturas**, salientado em vermelho na Figura 29, quando marcado, oferece três opções:



Selecionada a opção “**Temperaturas**”, basta clicar sobre o botão **Atualizar Carta Solar**.

Aparecerá então uma Carta Solar como a da Figura 30. As cores indicadas sobre ela representam as **temperaturas médias** para cada trajetória solar, isto é, para cada dia do ano.

No caso, o **período de análise** escolhido foi de 22/12 a 22/06, ou:



Pode-se perceber que, próximo ao dia 22 de dezembro (início do Verão), os dias são predominantemente mais quentes desde o nascer do sol. Já após o equinócio (22/03 - início do Outono), as primeiras horas da manhã e as últimas horas da tarde vão ficando cada vez mais frias.

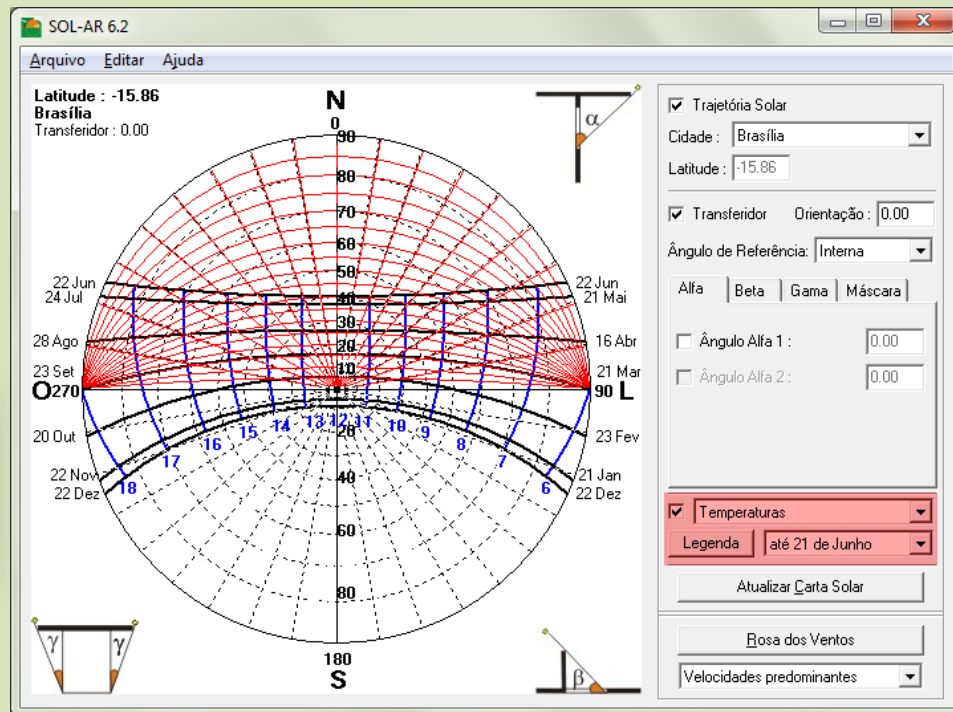


Figura 29

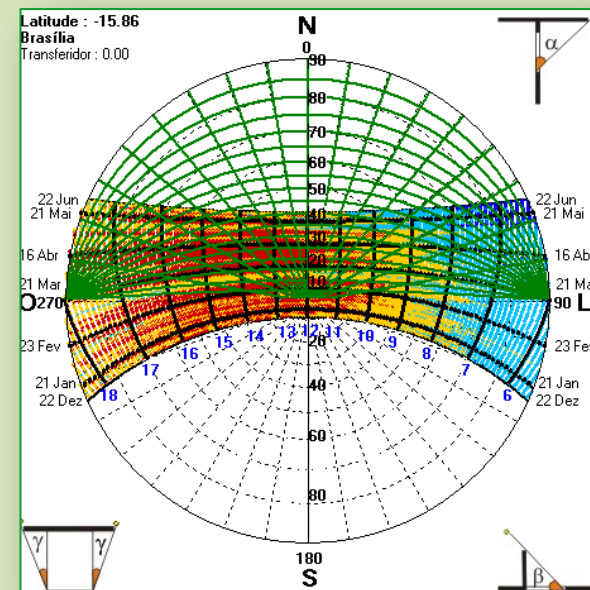


Figura 30

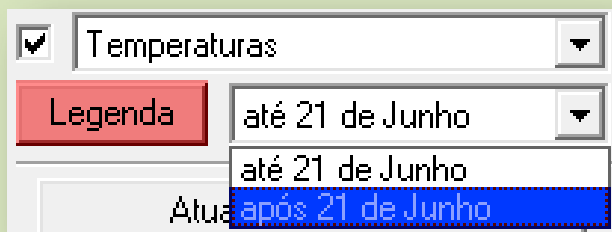


Figura 31

Pode-se escolher também como período de análise a opção “**após 21 de Junho**”, salientada em azul na Figura 31 abaixo. Essa opção registrará, na Carta Solar, as trajetórias solares para cada dia entre 22/06 e 22/12, contendo suas temperaturas médias.

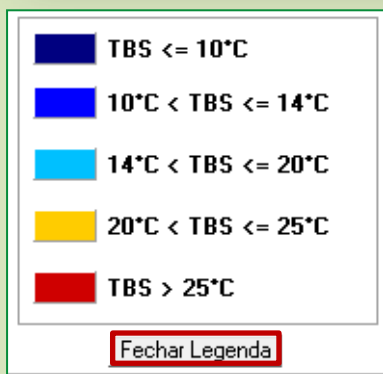


Figura 32

Clicando sobre o botão **Legenda**, salientado em vermelho na Figura 31, o programa fornecerá a legenda das informações que estão representadas na Carta Solar.

No caso da Figura 31, estão representados os intervalos de Temperaturas de Bulbo Seco e suas respectivas cores.

Para retornar ao menu original, basta clicar no botão **Fechar Legenda**.

No campo **Temperaturas**, existem outras duas opções:

“Radiação Global Horizontal”: Clicando sobre essa opção, são representadas na Carta Solar as trajetórias solares contendo a variação da radiação solar global ao longo do dia, sobre o plano horizontal de trabalho. Esse valor corresponde à soma da radiação vinda diretamente do Sol, acrescida da radiação difundida pelas partículas e gases da atmosfera sobre o plano horizontal de medição; e

“Radiação Direta Normal”: Essa opção fornece as trajetórias solares diárias e os respectivos valores horários de radiação direta normal representados sobre elas. Esse valor se refere à parcela de radiação direta que incide sobre o plano de trabalho, sem a componente de radiação difusa.

A configuração de ambas é idêntica à opção “**Temperaturas**”, podendo-se escolher o período de análise como “até 21 de junho” ou “após 21 de junho”. Para acessar a legenda, basta clicar sobre o botão **Legenda** (em vermelho na Figura 31).

A Função 2, “**Rosa dos Ventos**”, está disponível a qualquer momento no menu **Arquivo**.

Também é possível acessá-la clicando sobre o botão **Rosa dos Ventos**, salientado em vermelho na Figura 33.

Independente do caminho escolhido, pode-se optar pela a exibição de duas tipologias de Rosas dos Ventos, no campo salientado em verde na Figura 33.

A primeira, selecionada por padrão, representa as **Velocidades Predominantes por Direção** sobre a Rosa dos Ventos.

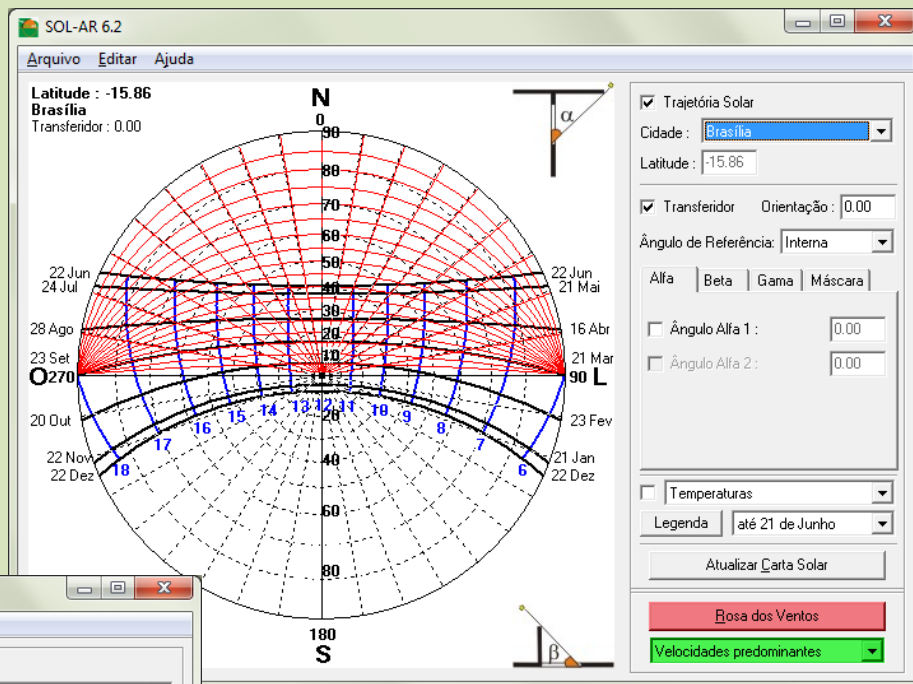


Figura 33

A segunda diz respeito à **Frequência de Ocorrência** desses ventos para cada direção.

Pode-se perceber, na Rosa dos Ventos de Brasília (Figura 34), que os ventos mais velozes do ano vem de Noroeste.

Conclui-se, também, que especificamente no Outono, a velocidade do vento atinge os maiores valores anuais, chegando a 7 m/s.

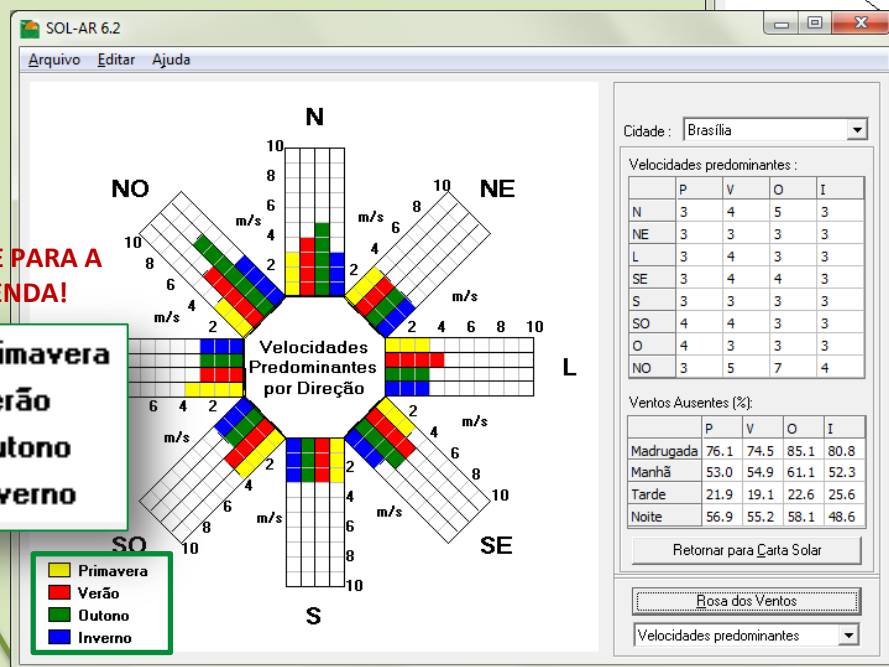


Figura 34

ATENTE PARA A LEGENDA!

Primavera
Verão
Outono
Inverno

Primavera
Verão
Outono
Inverno

Marcando a opção **Frequência de Ocorrência**, o programa fornecerá uma Rosa dos Ventos como a da Figura 35.

Nela estão representadas as frequências com que ocorre cada direção de vento ao longo do ano. Pode-se perceber, através de sua análise, que, na cidade de Brasília, os ventos vem predominantemente do **Leste**.

Observando as duas tipologias de Rosa dos Ventos, percebe-se que, apesar de os ventos mais velozes virem de Noroeste, eles somente ocorrem na Primavera e no Verão.

Por outro lado, os ventos mais lentos, provindos de Leste, ocorrem durante praticamente o ano todo.

Ao lado de cada uma das Rosas dos Ventos, existe um menu que complementa sua interpretação (Figura 36).

No campo **“Velocidades Predominantes”**, salientado em vermelho na Figura 36, estão tabelados todos os valores e informações que compõem a Rosa dos Ventos.

No campo **“Velocidades Ausentes (%)”**, salientado em verde na Figura 36, tem-se a porcentagem de vezes em que não ocorrem ventos para cada período do dia para cada estação.

Tomando como exemplo Brasília, percebe-se que, durante a Primavera e no período da Madrugada, em 76,1% do tempo não há ventos.

Clicando sobre o botão **Retornar para Carta Solar**, salientado em azul na Figura 36, a janela do programa passa a exibir a Carta Solar da cidade em análise.

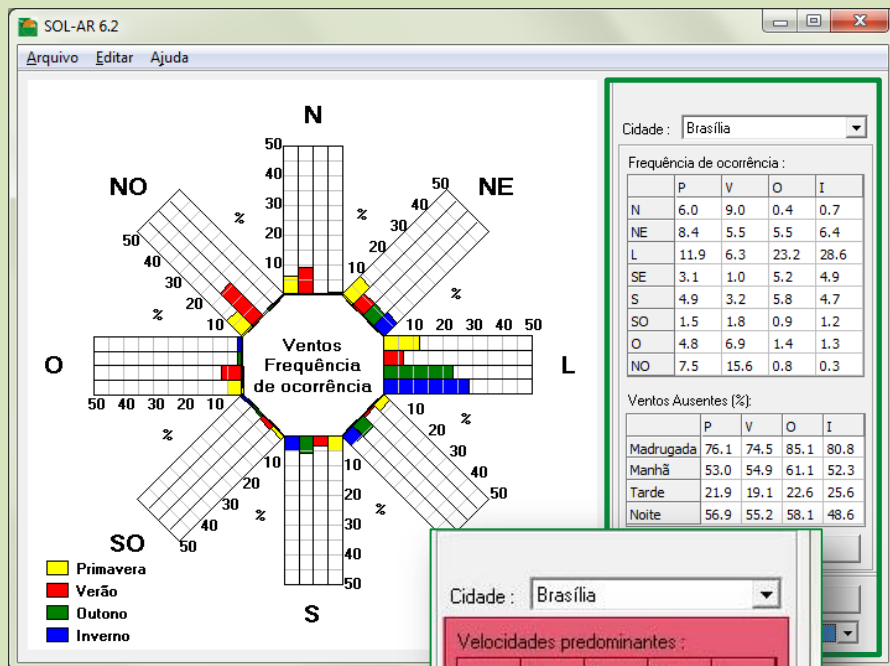


Figura 35

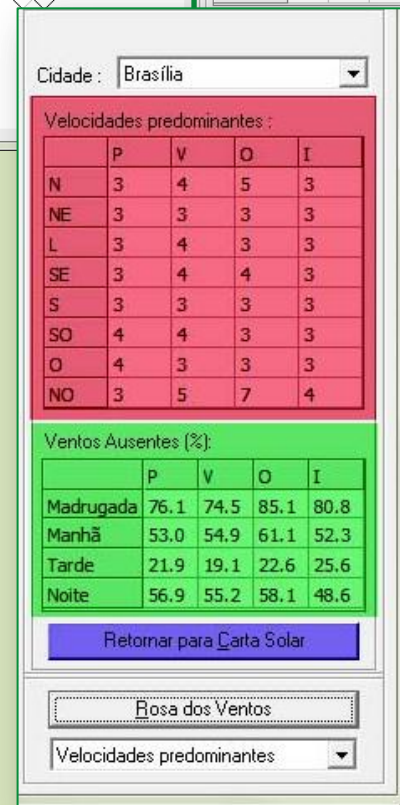


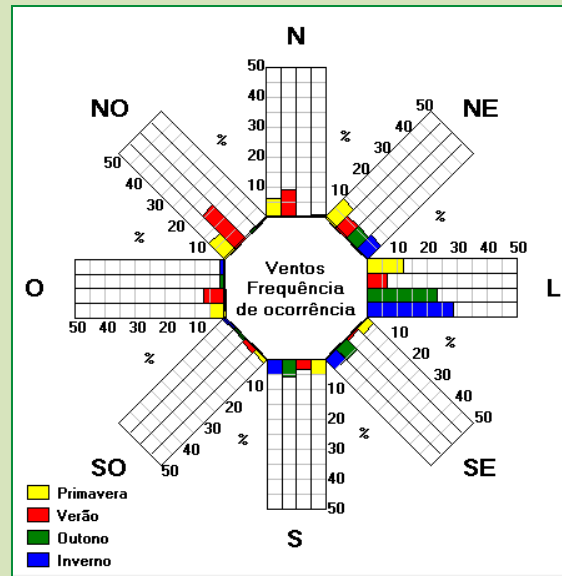
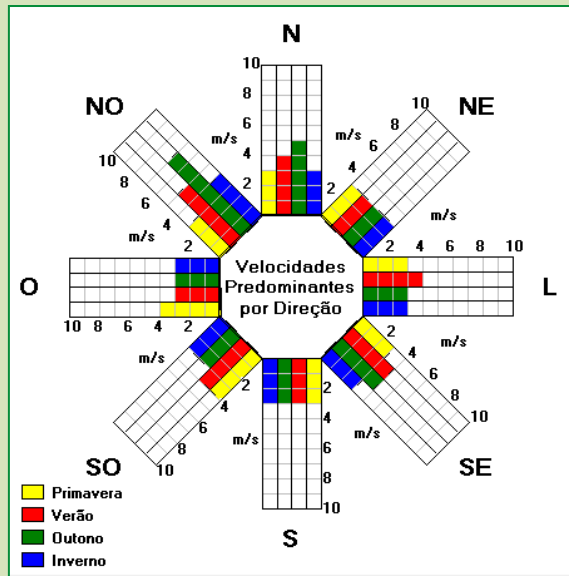
Figura 36



Exemplo de associação entre as informações dadas

20

Associando as informações, referentes à cidade de Brasília, temos os dados:



Ventos Ausentes (%):

	P	V	O	I
Madrugada	76.1	74.5	85.1	80.8
Manhã	53.0	54.9	61.1	52.3
Tarde	21.9	19.1	22.6	25.6
Noite	56.9	55.2	58.1	48.6

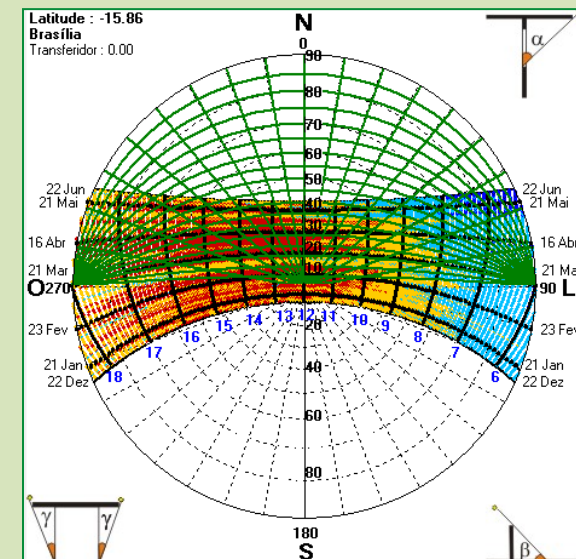
- TBS $\leq 10^{\circ}\text{C}$
- $10^{\circ}\text{C} < \text{TBS} \leq 14^{\circ}\text{C}$
- $14^{\circ}\text{C} < \text{TBS} \leq 20^{\circ}\text{C}$
- $20^{\circ}\text{C} < \text{TBS} \leq 25^{\circ}\text{C}$
- TBS $> 25^{\circ}\text{C}$

Para o período de análise escolhido como “até 21 de junho”:

Tem-se a porcentagem de vezes em que não ocorrem ventos de **madrugada** no **Verão** como 74,5%. $100\% - 74,5\% = 25,5\%$. Ou seja, somente **25,5%** da Primavera venta de madrugada.

A partir disso, pode-se concluir que, durante a madrugada, no Verão, deve-se atentar para outras estratégias de resfriamento passivo e/ou ativo, principalmente próximo ao Solstício de Verão, quando as madrugadas tendem a ser mais quentes.

Por outro lado, durante a **tarde**, pode-se explorar a ventilação cruzada como estratégia bioclimática, considerando que durante o **Verão** as tardes são quentes em Brasília, enquanto o vento ocorre em **80,9%** do tempo. Além disso, é preciso observar que, para tal estratégia funcionar bem, as aberturas devem ser voltadas para NO (direção predominante dos ventos na cidade no Verão).



Para realizar a análise dos dados oferecidos pelo programa, é possível solicitar que sejam comparados até dois gráficos simultaneamente.

Basta clicar sobre a função **“Comparar”**, no menu **Arquivo**, e uma janela contendo a última Carta Solar e a última Rosa dos Ventos configuradas se abrirá, como a da Figura 37.

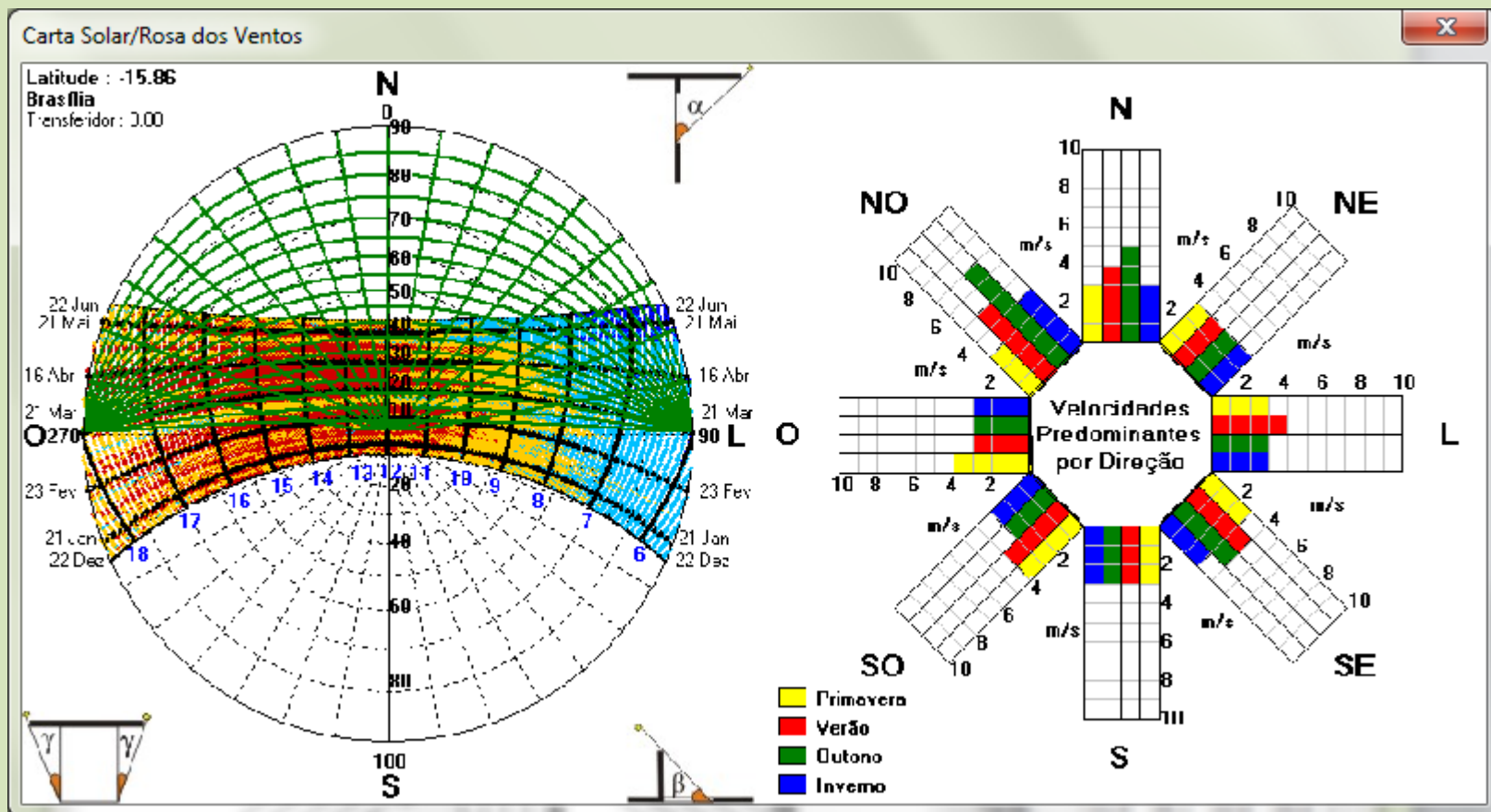


Figura 37

A partir disso, cabe ao usuário realizar as interpretações, tal como optar pelos gráficos que devem aparecer a cada comparação. Para isso, é preciso solicitar ao programa que ofereça a Carta Solar e a Rosa dos Ventos de interesse, antes de clicar na opção **“Comparar”**.

A função **3** do menu **Arquivo (Incluir Nova Cidade)**, deixada para o fim por envolver um procedimento específico, serve para que se incluam Arquivos Climáticos de outras cidades que não estejam disponíveis no programa. Basta acessar o sitio do LabEEE, na aba “Downloads” e clicar na opção:

- Arquivos climáticos para simulação energética de edificações para 411 cidades brasileiras (.EPW) e arquivos climáticos em formato TRY, SWERA, CSV e BIN.

Baixe todos os arquivos na extensão CSV (reconhecida pelo programa) ou acesse diretamente o *link*: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin> e faça o *download* de todos os arquivos na mesma extensão.

	Dia:	Mês:	Hora:
Início da Primavera:	22	09	18
Início do Verão:	21	12	14
Início do Outono:	20	03	08
Início do Inverno:	21	06	02

Figura 38

Feito isso, basta clicar sobre a função “**Incluir Nova Cidade**”.

A janela da Figura 38 aparecerá e então clique no botão “**Buscar**”.

Selecione o arquivo em CSV da cidade que deseja incluir no programa e automaticamente todos os dados solicitados serão preenchidos (latitude, longitude e dados referentes às estações do ano).

Clique no botão “**Fechar**” para concluir.