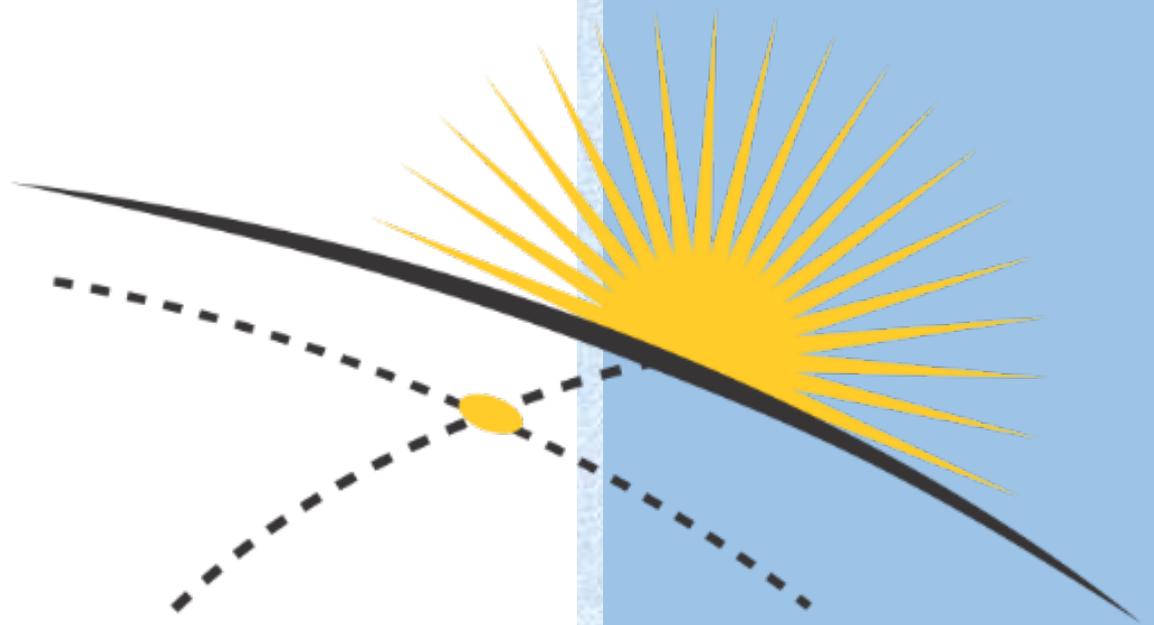


*Simulação em  
Conforto Ambiental*

## Aprendendo a utilizar o TropSolar 5



Ricardo Carvalho Cabús

Pedro Vítor Sousa Ribeiro



Maceió – AL  
2015

© Copyleft

Os autores autorizam a livre cópia e utilização da obra ou parte dela, para fins não comerciais, desde que citada a fonte, devendo comunicar à editora e aos autores, qualquer que seja o meio de divulgação.

Contato com os autores: [r.cabus@ctec.ufal.br](mailto:r.cabus@ctec.ufal.br); [pedrovsribeiro@gmail.com](mailto:pedrovsribeiro@gmail.com)

Revisão: Cristina Patriota

Capa: Iuri Ávila e Iuciran Nascimento

### **Instituto Lumeeiro**

[www.lumeeiro.org](http://www.lumeeiro.org)

[contato@lumeeiro.org](mailto:contato@lumeeiro.org)

### **Conselho Editorial**

Aldomar Pedrini

Arriete Vilela

Fernando Otávio Fiúza Moreira

Izabel de Fátima de Oliveira Brandão

Maria Heloisa Melo de Moraes

Oscar Daniel Corbella

Paulo Sergio Scarazzato

Ricardo Carvalho Cabús

Vera Lúcia Romariz Correia de Araujo

### **Livros da Série Simulação em Conforto Ambiental:**

TropLux 7: Guia do Usuário

Aprendendo a utilizar o TropSolar 5

Aprendendo a utilizar o TropMask 4

Aprendendo a utilizar o TropFac 3

C117t Cabús, Ricardo Carvalho.

Aprendendo a utilizar o TropSolar 5/ Ricardo Carvalho Cabús; Pedro Vítor Sousa Ribeiro. – Maceió: Instituto Lumeeiro, 2015.

22p. : il.

ISBN 978-85-63476-04-3

1. Iluminação natural. 2. Conforto ambiental. 3. Simulação computacional. I. Título.

CDU: 72:004.4(035)

## Sumário

1	Introdução .....	1
1.1	Configurações necessárias .....	2
1.1.1	Sistema Operacional .....	2
1.1.2	Processador .....	2
1.1.3	Espaço livre em disco .....	2
1.1.4	Memória RAM .....	2
1.2	Instalando o TropSolar .....	2
1.3	Executando o TropSolar .....	3
1.4	Escolha do idioma .....	4
2	Entrada de Dados .....	5
2.1	Localização da Cidade .....	5
3	Processamento .....	8
3.1	Processamento em Dia-Hora .....	8
3.1.1	Definição da data e hora para processamento .....	8
3.1.2	Executando o programa .....	8
3.1.3	Limpando os campos .....	8
3.2	Processamento da Posição Solar .....	9
3.3	Crepúsculos, Nascer e Pôr do Sol .....	9
3.3.1	Crepúsculos .....	9
3.3.2	Nascer, pôr do sol e duração do dia .....	10
4	Saídas .....	10
4.1	Relatório .....	10
4.2	Equação do Tempo (ET) .....	11
4.3	Diagrama Solar .....	14
4.4	Transferidor .....	15
4.5	Duração do dia (astr) .....	15
4.6	Nascer/Pôr do sol .....	16
4.7	Analema .....	17
4.8	Posição Solar 3D .....	17
	Referências .....	19

## Lista de Figuras

Figura 1 – Tela Principal do TropSolar.....	3
Figura 2 - Seleccionando o Idioma no TropSolar .....	4
Figura 3 - Localização da Cidade .....	6
Figura 4 - Inserindo Nova Cidade .....	7
Figura 5 - Tela Localização das Cidades.....	7
Figura 6 - Cálculo da Posição Solar .....	8
Figura 7 - Cálculo do Dia e Hora a partir do azimute e da altura solar .....	9
Figura 8 – Relatório de dados processados no TropSolar .....	11
Figura 9 - Equação do Tempo.....	12
Figura 10 - Equação do Tempo - Efeito da Ecliptica .....	12
Figura 11 - Equação do Tempo - Efeito da Inclinação .....	13
Figura 12 - Equação do Tempo - Efeito da Ecliptica + Inclinação .....	13
Figura 13 - Diagrama Solar em projeção estereográfica.....	14
Figura 14 – Transferidor em projeção estereográfica.....	15
Figura 15 - Duração do dia astronômico durante o ano .....	16
Figura 16 - Nascer e Pôr do Sol durante o ano para a latitude $-9^{\circ}40'$ e longitude $-35^{\circ}44'$ .....	16
Figura 17 - Analema .....	17
Figura 18 - Posição Solar 3D .....	18

# *1 Introdução*

O programa TropSolar foi criado para servir de apoio ao estudo e pesquisa em Geometria Solar. Apesar de procurar apresentar uma interface simples, o programa adota algoritmos de grande precisão (KALER, 1996; TREGENZA; SHARPLES, 1993), sendo os seus dados possíveis de serem adotados em diversas áreas da ciência, em particular para o estudo de conforto no ambiente construído.

## 1.1 Configurações necessárias

### 1.1.1 Sistema Operacional

O TropSolar 5.1 funciona em qualquer dos sistemas operacionais abaixo:

- Windows 10
- Windows 8 (Ler o item 1.2 para verificar compatibilidade)
- Windows 7
- Windows Server 2008 Service Pack 2 or R2
- Windows Vista Service Pack 2
- Windows Server 2003 R2 Service Pack 2
- Windows XP x64 Edition Service Pack 2
- Windows XP Service Pack 3

### 1.1.2 Processador

- Qualquer processador Intel ou AMD x86

### 1.1.3 Espaço livre em disco

- Mínimo 400MB
- Recomendado: 1024MB

### 1.1.4 Memória RAM

- Mínima: 1024MB
- Recomendada: 2048MB ou maior

## 1.2 Instalando o TropSolar

No link de download do software são encontrados 3 arquivos, cada um relativo à versão do sistema operacional utilizado.

- **InstallTropSolar5x32m11.exe**: Versão básica do programa, em 32 bits, que pode ser instalada em todos os sistemas operacionais listados (item 1.1.1). É compatível com sistemas de 32 e 64 bits
- **InstallTropSolar5x64m11.exe**: Versão básica do programa, em 64 bits, que pode ser instalada em todos os sistemas operacionais listados (item 1.1.1)
- **InstallTropSolar5x64m13.exe**: Versão do TropSolar para Windows 8, que pode ser instalada em todos os sistemas operacionais listados (item 1.1.1).

Ao iniciar a instalação são requeridas algumas informações do usuário, como o local de instalação. Recomenda-se manter o local proposto pelo programa, mas é possível alterá-lo.

Durante o processo, será criada a pasta **TropSolar** e as subpastas **Input**, **Output** e **pcode** no diretório *Meus Documentos* ou *My Documents* do disco rígido.

**Input:** Pasta para os dados de entrada inseridos pelo usuário durante as modelagens. Deve conter arquivos com extensão \*.mat e .tlx

**Output:** Pasta para os dados de saída gerados a partir das simulações, tais como gráficos, relatórios e figuras.

Após a extração dos arquivos, inicia-se automaticamente a instalação da plataforma MATLAB Compiler Runtime, necessária para a execução do TropSolar. Depois de selecionada a linguagem e clicado no botão instalar, são extraídos os arquivos para instalação do MCR. Após isso, a tela de instalação do MCR é mostrada.

Para instar o MCR, é necessário informar o nome do usuário da plataforma, o diretório destino dos arquivos e confirmar os dados solicitados. Durante a instalação já são informados os campos padrão, sendo necessário alterá-los apenas em alguns casos. Caso a plataforma MATLAB Compiler Runtime não seja instalada automaticamente, ou a instalação tenha tido algum erro, é necessário instalá-la executando o arquivo MCRInstaller, contido na pasta pcode.

Para que o TropSolar funcione é necessário que o usuário realize o cadastro do programa. Para tanto, deverá acessar o site do Grupo de Pesquisas em Iluminação (GRILU), realizar o cadastro e aguardar um e-mail com o arquivo de ativação. O arquivo *bKey.tlx* deverá ser colocado na pasta **pcode** e será automaticamente detectado pelo software quando inicializado.

Caso haja algum problema na instalação, o usuário pode contatar o serviço de suporte ao usuário TropSolar, enviando e-mail para [suportetroplux@gmail.com](mailto:suportetroplux@gmail.com)

### 1.3 Executando o TropSolar

Quando o programa for iniciado pela primeira vez, a tela [*Localização das Pastas, ou Folder Location*] (Ver Figura 1) será automaticamente aberta, então, é pedido ao usuário que selecione os diretórios Input, Output e pcode gerados automaticamente durante a instalação do programa.

Se o ícone para executar o TropSolar não estiver disponível na área de trabalho ou no menu iniciar, é possível executá-lo direto da pasta pcode, abrindo o arquivo "TropSolar5"

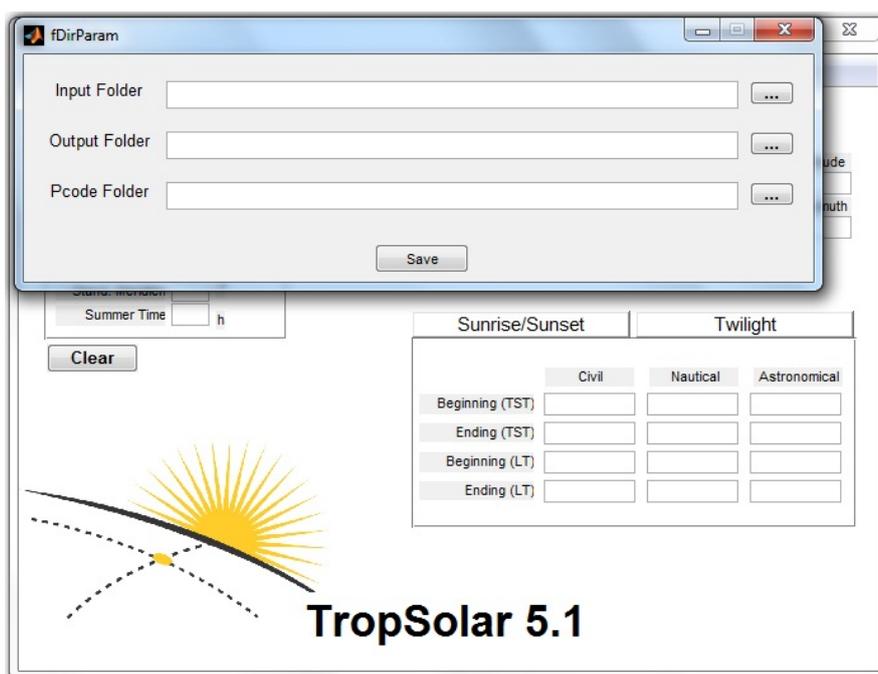


Figura 1 - Tela Principal do TropSolar

## 1.4 Escolha do idioma

Caso a primeira vez que o programa for executado o software seja exibido em inglês, é preciso alterar a linguagem na aba “Utilitários” > “Idiomas”.

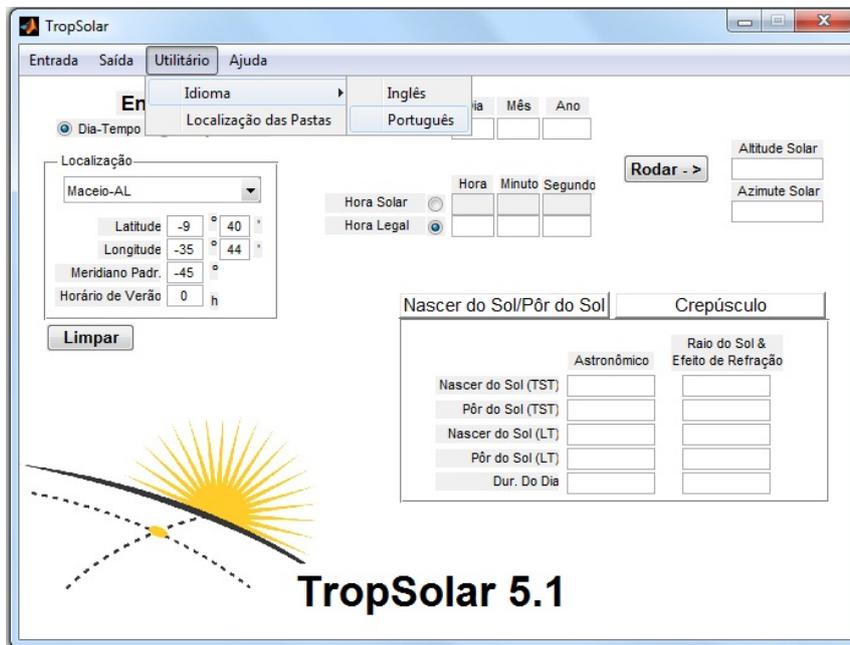


Figura 2 - Selecionando o Idioma no TropSolar

## 2 *Entrada de Dados*

Os dados utilizados no processamento são inseridos na tela principal do programa, bem como alguns resultados. As demais entradas e saídas podem ser acessadas através do menu superior.

### 2.1 *Localização da Cidade*

A cidade padrão do programa TropSolar é Maceió, estando automaticamente selecionada. Abaixo dela, são exibidos os valores de latitude, longitude, meridiano padrão e a opção para horário de verão.

#### **Número da cidade**

Campo numérico para identificar o código da cidade.

#### **Cidade a processar**

Botão para marcar a cidade em que está localizado o projeto em estudo.

#### **Nome da cidade**

Campo alfanumérico para identificar o nome da cidade.

#### **Latitude da cidade**

Campo numérico em graus e minutos. As cidades abaixo do Equador têm valores negativos.

#### **Longitude da cidade**

Campo numérico em graus e minutos. As cidades a oeste do Meridiano de Greenwich têm valores negativos

#### **Meridiano Padrão**

As cidades a oeste do Meridiano de Greenwich têm valores negativos. O Meridiano Padrão (MP) inicial é o de Greenwich (0°). No Brasil, a maior parte do território tem MP igual a -45°.

Geralmente o MP varia em módulos de 15 graus (equivalente a uma hora).

Exemplo:

Coordenadas em Graus, Minutos e Segundos

Cidade: Itapagipe - MG; 19° 54' 32" S 49° 21' 51" O Fuso Horário UTC-3

No programa são inseridos os dados:

Latitude: -19 54; Longitude: -49 21; Meridiano Padrão: -45 (-45=-3x15)

Coordenadas em outros sistemas

O programa oferece ainda mais 34 cidades cadastradas. Ao escolher uma delas, clicando na caixa Localização, o TropSolar mostrará os respectivos valores de latitude, longitude e meridiano padrão, conforme a Figura 3.

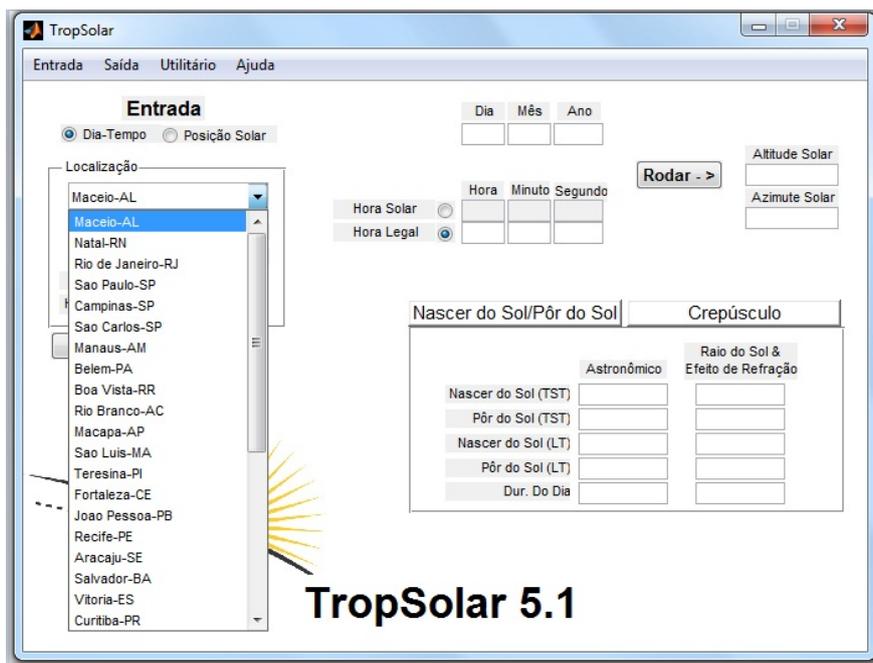


Figura 3 - Localização da Cidade

Caso deseje processar uma localização diferente, é preciso cadastrar uma nova cidade no menu [Entrada] > [Parâmetros da Cidade]. Ao entrar, surgirá uma nova janela, Localização da Cidade, contendo as cidades cadastradas. Para inserir a nova localização, clique no botão [Inserir Nova Cidade]. Surgirá uma nova linha em branco, onde deve-se colocar o Nome, Latitude, Longitude, Meridiano Padrão e Horário de Verão. Em seguida, para salvar a entrada, deve-se clicar em [Salvar Nova Cidade]

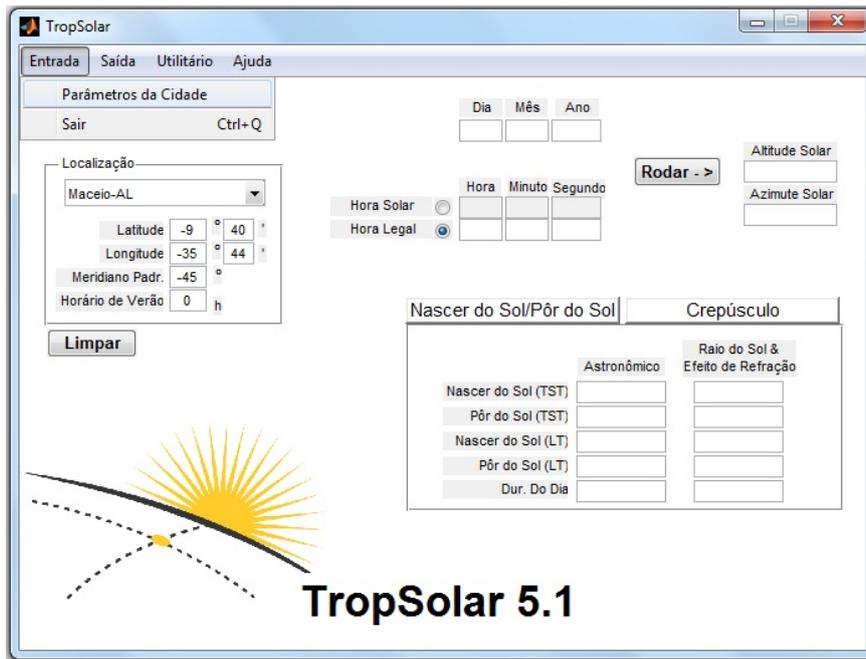


Figura 4 - Inserindo Nova Cidade

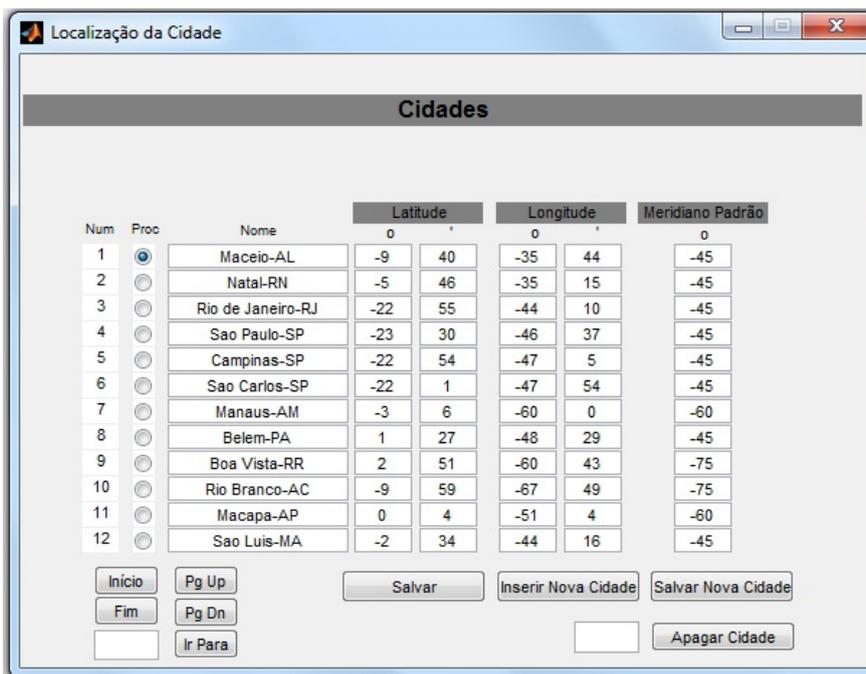


Figura 5 - Tela Localização das Cidades

## 3 Processamento

São disponibilizados dois tipos de processamento, que vão requerer do usuário informações diferentes. Uma das opções é o cálculo da posição solar para dia e hora informados, a outra opção é o sentido inverso, o cálculo dos dias e horas em que a posição solar fornecida acontece.

### 3.1 Processamento em Dia-Hora

#### 3.1.1 Definição da data e hora para processamento

O TropSolar coloca como padrão o dia e a hora utilizados pelo computador. Para modificar, basta clicar com o mouse no campo correspondente e digitar o novo valor. Caso a hora digitada seja a hora legal, deve-se clicar na opção 'Hora Legal' da janela ao lado da hora, a fim de ajustar os dados para o processamento.

#### 3.1.2 Executando o programa

Agora o programa está pronto para ser executado. Clique com o mouse sobre o botão [Rodar ->]. Automaticamente será mostrada a posição solar correspondente ao dia e à hora inseridos (Ver Figura 6).

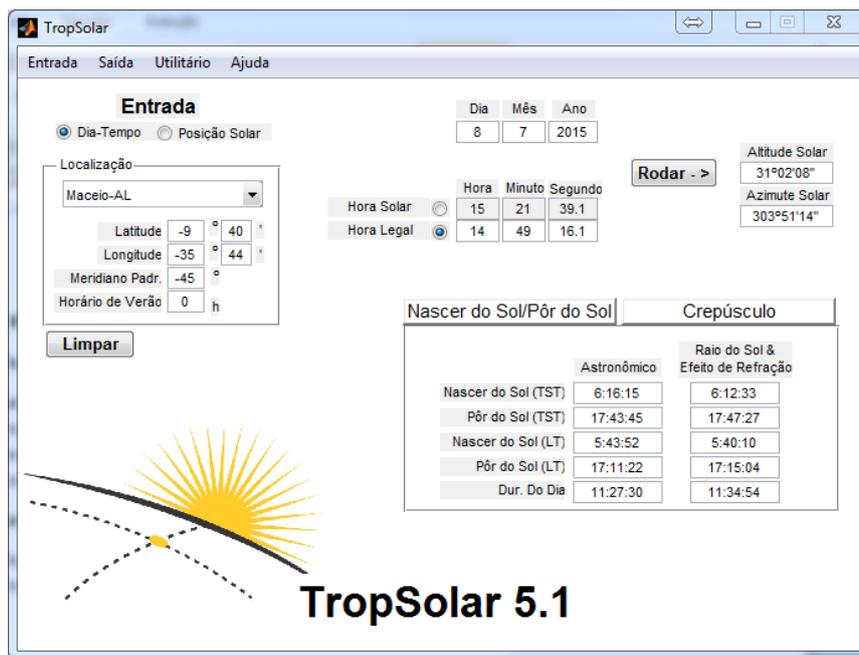


Figura 6 - Cálculo da Posição Solar

#### 3.1.3 Limpando os campos

Para limpar os campos e produzir um novo processamento, clique no botão [Limpar]. Observe que os dados da localização não são apagados.

## 3.2 Processamento da Posição Solar

O programa permite também que se insira dados de altura solar e azimute para calcular a(s) data(s) e hora(s) em que elas acontecem. Para isso, primeiro digite os valores da altura solar e do azimute solar nos campos indicados. Em seguida, clique na opção [**<** - Rodar] para exibir os resultados (Ver Figura 7).

Nascer do Sol/Pôr do Sol		Crepúsculo	
	Astronômico	Raio do Sol & Efeito de Refração	
Nascer do Sol (TST)	6:00:54	5:57:30	
Pôr do Sol (TST)	17:59:06	18:02:30	
Nascer do Sol (LT)	5:30:09	5:26:45	
Pôr do Sol (LT)	17:28:21	17:31:45	
Dur. Do Dia	11:58:12	12:05:01	

Figura 7 - Cálculo do Dia e Hora a partir do azimute e da altura solar

## 3.3 Crepúsculos, Nascer e Pôr do Sol

Para os dados processados, independente da forma de processamento, são mostradas informações de início e término dos crepúsculos, para hora solar e hora legal, e os instantes de nascer e pôr do sol.

### 3.3.1 Crepúsculos

O TropSolar informa as horas iniciais e finais dos crepúsculos civil, náutico e astronômico. O crepúsculo ocorre duas vezes ao dia. No amanhecer, é o período entre o momento em que o céu deixa de estar completamente escuro e o nascer do sol. No anoitecer, é o período entre o pôr do sol e o momento em que o céu fica completamente escuro.

Existem três tipos de crepúsculo: civil, náutico e astronômico. O TropSolar calcula os horários para cada um deles.

O crepúsculo civil é considerado como o período onde ainda existe luz suficiente para atividades ao ar livre. No crepúsculo náutico, há luz suficiente para que o horizonte marinho seja visto por uma embarcação. Já o limite do crepúsculo astronômico ocorre quando o céu está completamente escuro, não tendo influência da luz solar, recebendo apenas a iluminação eventual por parte de estrelas, planetas ou outros astros.

Nas linhas, agrupam-se os horários de início e fim do período. As duas primeiras linhas apresentam a hora solar (TSV= Tempo Solar Verdadeiro) e as duas últimas apresentam a hora do relógio oficial do local (TL = Tempo Legal).

O formato das horas é hh:mm:ss (hh: horas, mm: minutos e ss: segundos), variando de 00:00:00 a 23:59:59.

### **3.3.2 Nascer, pôr do sol e duração do dia**

Os horários de nascer e pôr do sol e a duração do dia são mostrados em uma tabela contendo cinco linhas e duas colunas.

Na primeira coluna são apresentados os horários baseados no nascer/pôr do sol astronômico. Na segunda coluna os horários são calculados levando em consideração o efeito da refração dos raios solares na atmosfera e o comprimento do raio (metade do diâmetro) do círculo do sol.

Nas duas primeiras linhas, agrupam-se os horários de nascer e pôr do sol baseados no tempo solar verdadeiro (TSV). As duas linhas seguintes apresentam os horários em Tempo Legal (TL). A última linha apresenta a duração do dia (tempo decorrido entre o nascer e o pôr do sol).

O formato das horas é hh:mm:ss (hh: horas, mm: minutos e ss: segundos), variando de 00:00:00 a 23:59:59.

## **4 Saídas**

### **4.1 Relatório**

O TropSolar oferece relatórios contendo os dados processados e os resultados obtidos (Ver Figura 8).

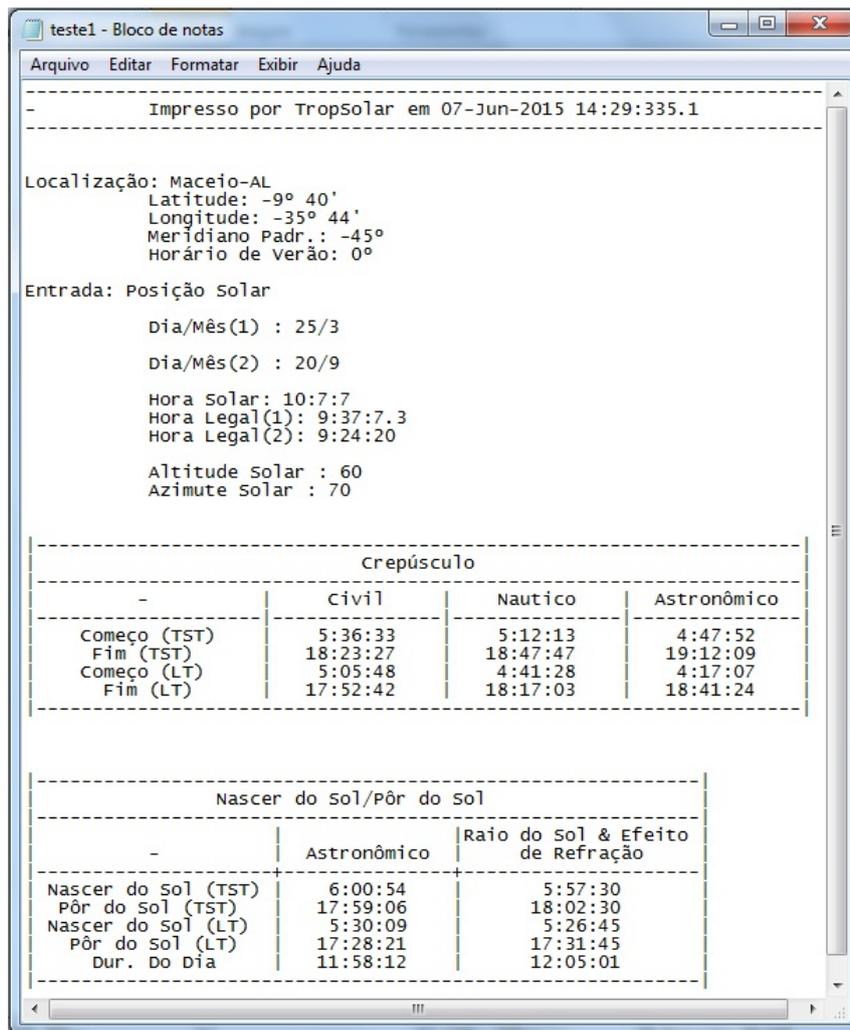


Figura 8 - Relatório de dados processados no TropSolar

## 4.2 Equação do Tempo (ET)

Representa a variação entre a hora solar e a hora legal em função do dia do ano. O eixo X representa os dias do ano, havendo uma marcação tracejada para os dias 1, 10 e 20 de cada mês. O eixo Y representa os valores de ET em minutos. A equação do tempo leva em consideração variações na hora em função da trajetória elíptica e da inclinação do eixo de rotação da terra com relação à sua trajetória (eclíptica) (Ver Figura 9).

Caso tenha sido processado algo na tela principal, o dia e a hora encontrados serão mostrados no gráfico em amarelo. Se não houver nenhum processamento realizado, apenas o gráfico será exibido.

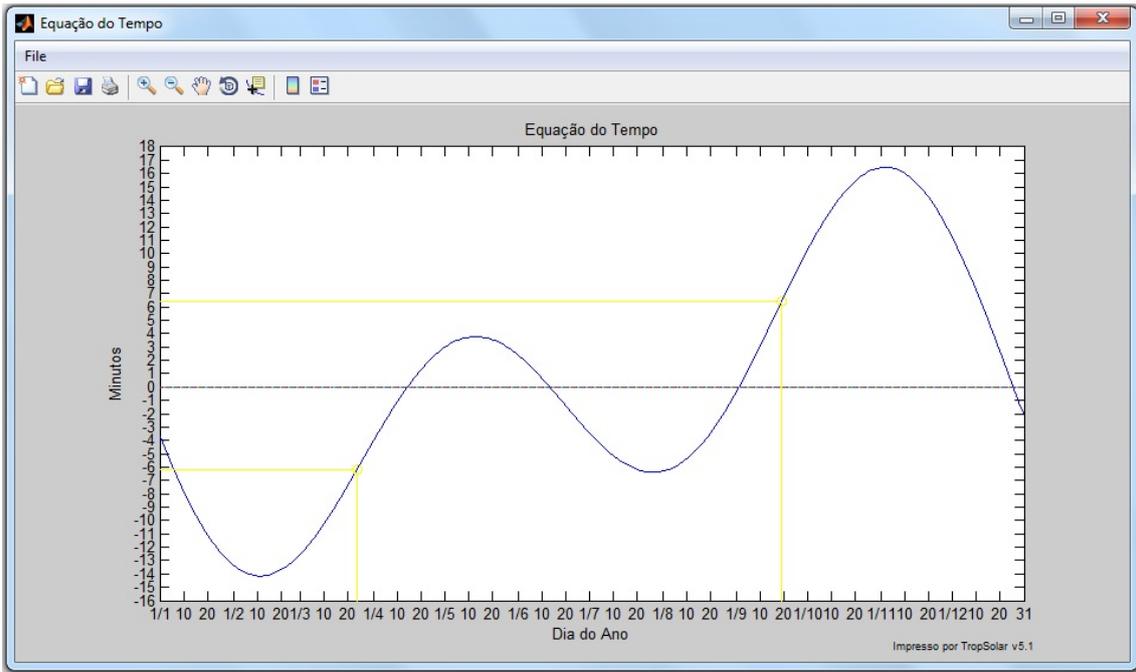


Figura 9 - Equação do Tempo

O TropSolar apresenta gráficos independentes para cada condição (ET - Elíptica e ET - Inclinação), além de um gráfico mostrando ao mesmo tempo as duas curvas anteriores e o resultado do somatório (ET - Elipt+Incl) (Ver figuras 10, 11 e 12).

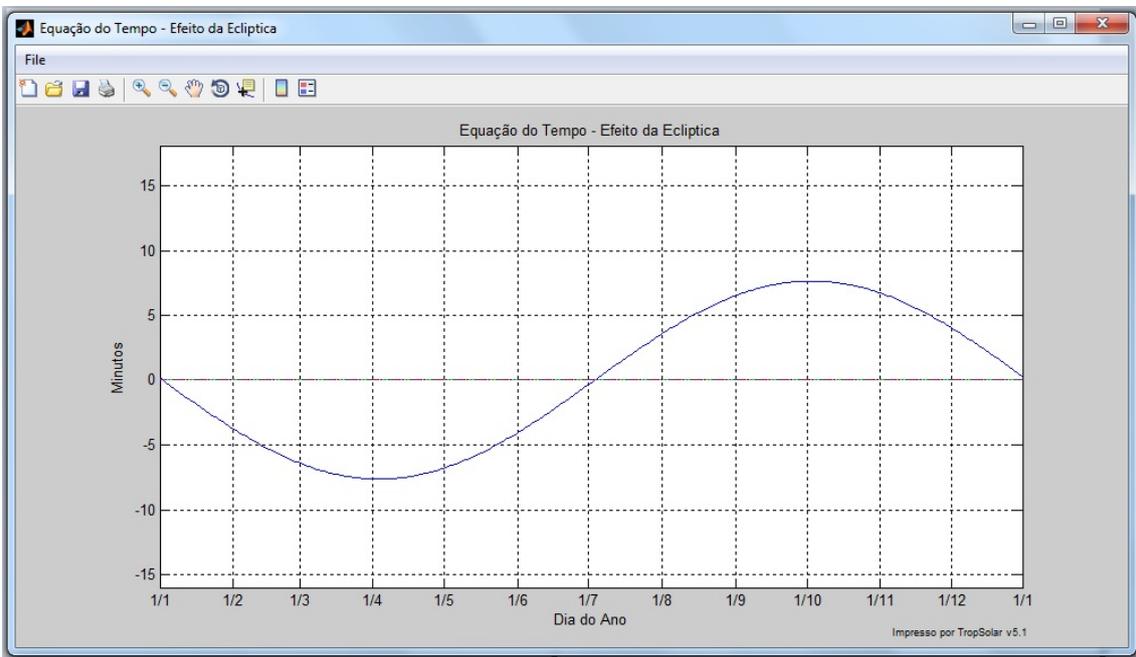


Figura 10 - Equação do Tempo - Efeito da Ecliptica

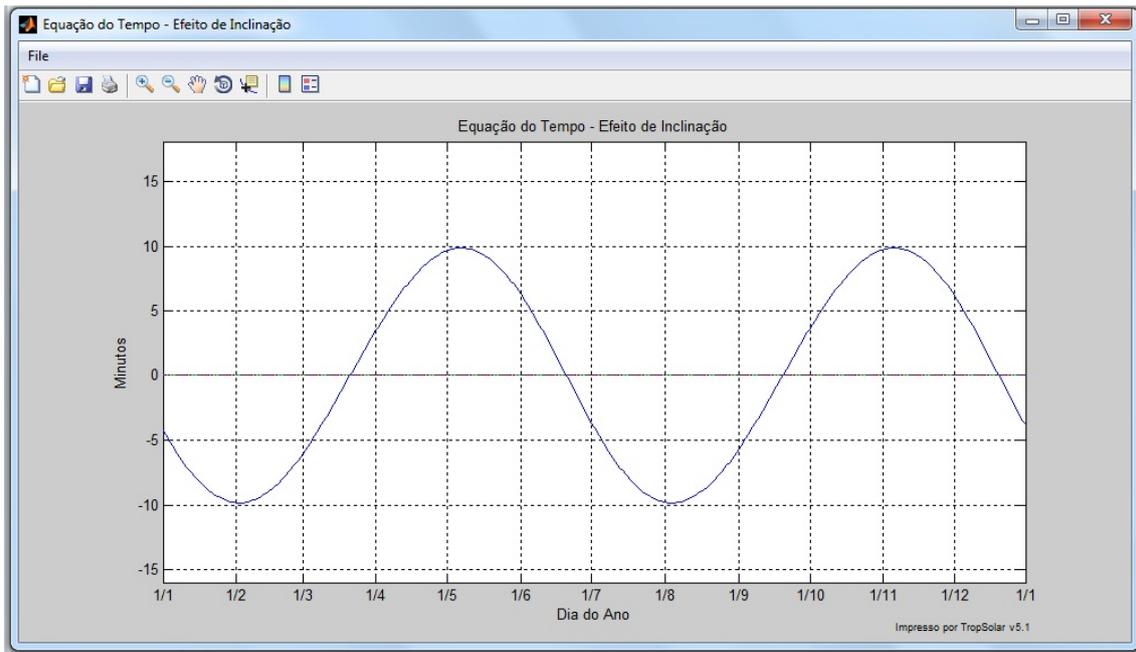


Figura 11 - Equação do Tempo - Efeito da Inclinação

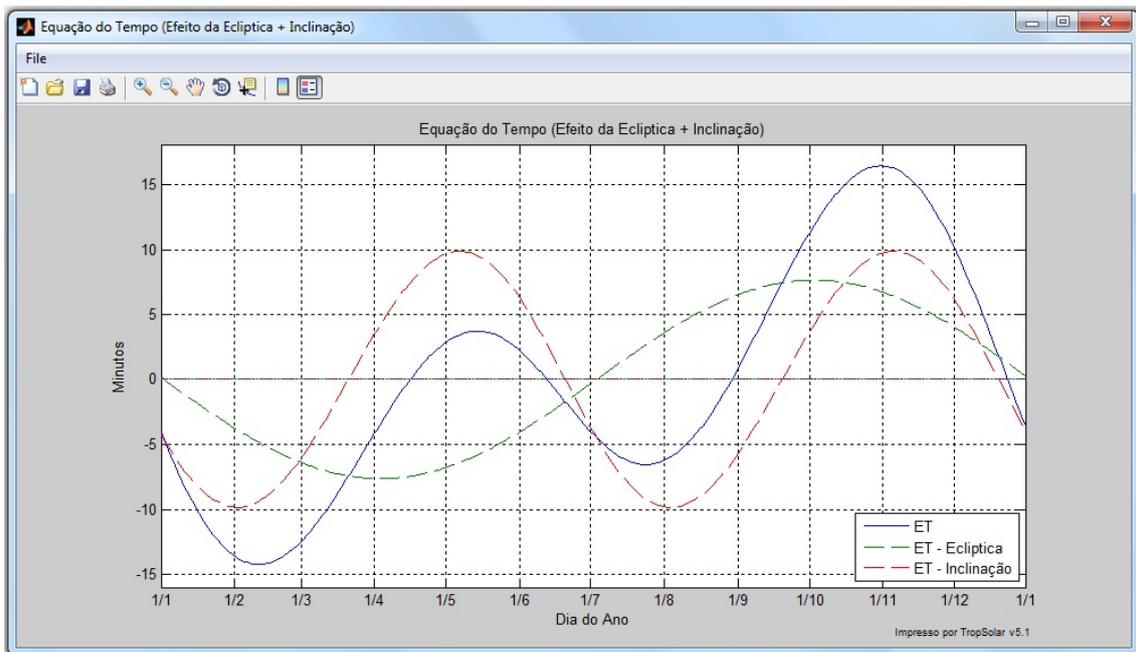


Figura 12 - Equação do Tempo - Efeito da Eclíptica + Inclinação

A Equação do Tempo devido à obliquidade da eclíptica (inclinação do eixo da terra com relação ao plano da trajetória da Terra)

Se o eixo de rotação da Terra fosse perpendicular à eclíptica, o movimento aparente do sol seria sempre projetado na Linha do Equador. Assim, no Equador, percorreria ângulos iguais em tempos iguais. Como há uma inclinação no eixo de  $23^{\circ}27'$ , faz-se necessário um ajuste no horário para compensar a variação dessa trajetória aparente durante o ano, visto que o Sol se 'move' projetado abaixo ou acima do Equador durante o ano. O sol estará no meridiano ao meio-dia dos solstícios e equinócios, então, nesses dias o valor de ET devido à inclinação será

zero. Entre os solstícios e equinócios o sol estará mais lento que o relógio, assim, nesses períodos ET tem valor negativo. Por sua vez, o sol estará mais rápido entre os equinócios e os solstícios provocando um valor de ET positivo.

#### A Equação do Tempo devido à órbita elíptica

Se a Terra girasse em torno do Sol em uma órbita circular - e não houvesse inclinação - não geraria diferença entre os horários solar e legal. Tendo uma trajetória elíptica, há dois momentos importantes: o afélio, próximo a 1º de julho, quando a distância entre o Sol e a Terra é máxima, e o periélio, próximo a 31 de dezembro, quando essa distância é mínima. Nesses dias, o Sol estará no meridiano ao meio-dia, e, conseqüentemente, o valor de ET será zero.

A longitude aparente do Sol muda mais rapidamente quando a Terra está mais próxima a ele. Entre o periélio e o afélio, o Sol estará mais lento que o relógio legal. Após o afélio, o Sol moverá mais rapidamente até encontrar o periélio.

### 4.3 Diagrama Solar

Apresenta a trajetória do sol em projeção estereográfica para uma determinada latitude. Também conhecido como Carta Solar.

São muito úteis para o estudo da orientação de edifícios e cálculo de protetores solares. As linhas transversais auxiliam na leitura da hora (Ver Figura 13).

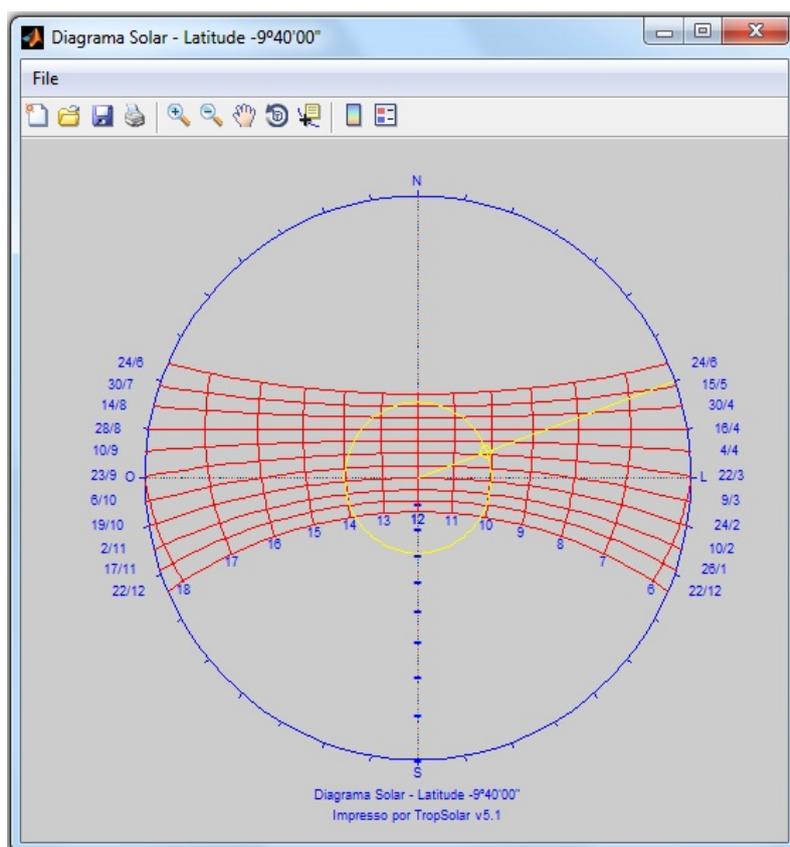


Figura 13 - Diagrama Solar em projeção estereográfica

## 4.4 Transferidor

Apresenta em projeção estereográfica as curvas para ângulos verticais frontais e laterais, além dos ângulos horizontais, em graus (Ver Figura 14). Usado para criação de máscaras de sombra.

Quando impresso na mesma escala que o Diagrama Solar, pode ser usado para estudos de insolação por aberturas com obstrução definidas nas máscaras de sombra.

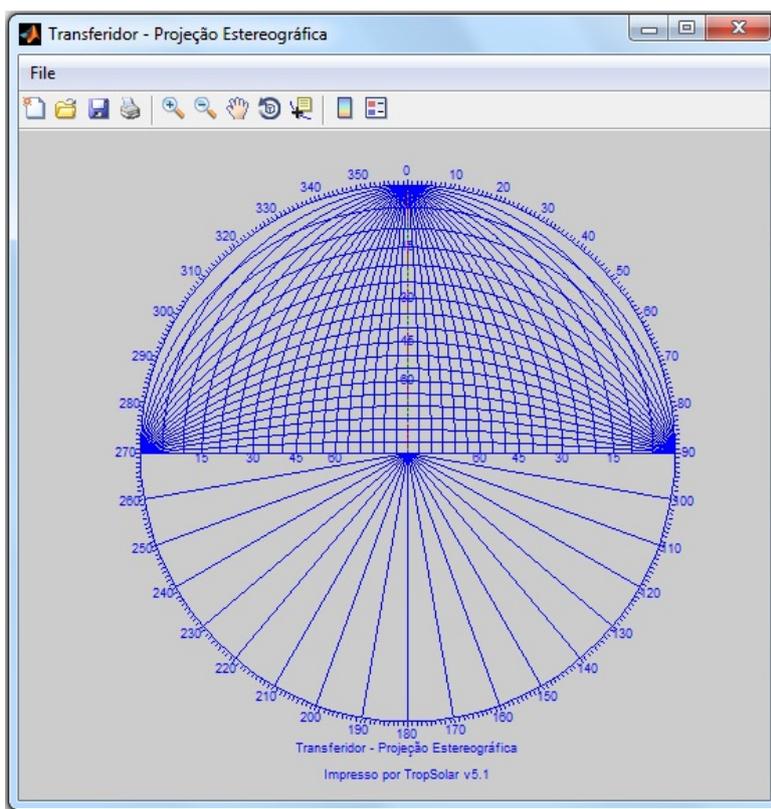


Figura 14 - Transferidor em projeção estereográfica

## 4.5 Duração do dia (astr)

Gráfico da duração do dia astronômico durante um ano. O Eixo Y mostra a duração em horas, no formato decimal (9h30m = 9.5) (Ver Figura 15).

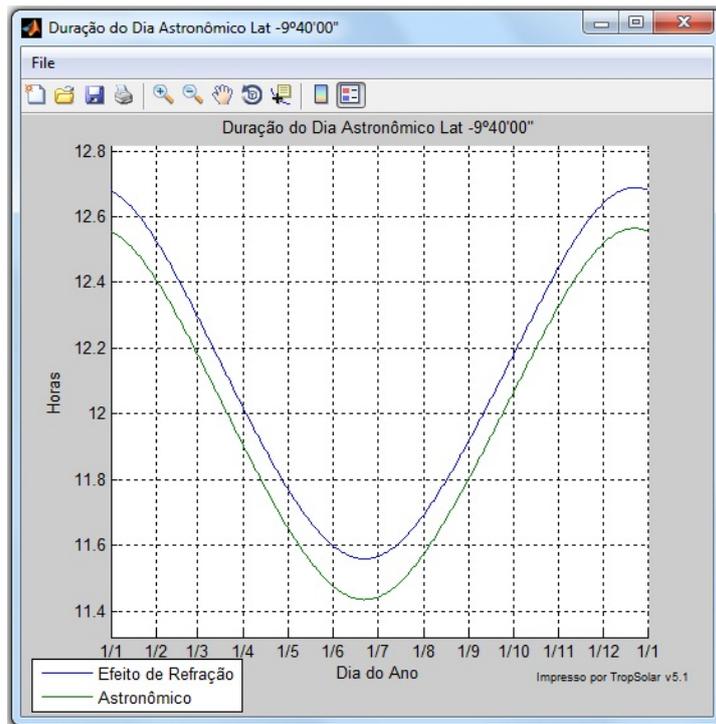


Figura 15 - Duração do dia astronômico durante o ano

#### 4.6 Nascer/Pôr do sol

Gráfico do nascer e pôr do sol durante um ano, baseado na hora legal ou na hora solar, para a localidade selecionada. Apresenta as quatro curvas, conforme legenda.

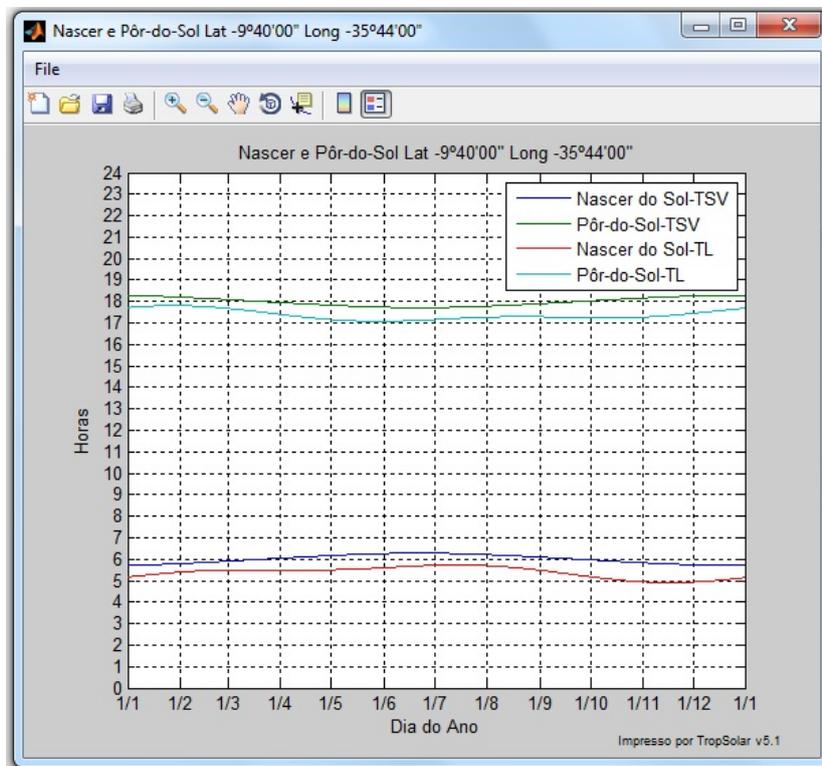


Figura 16 - Nascer e Pôr do Sol durante o ano para a latitude -9°40' e longitude -35°44'

## 4.7 Analema

Mostra a posição do sol no céu durante um ano. O Eixo Y representa a declinação solar, enquanto o eixo X representa a equação do tempo (ET) em minutos (Ver Figura 17).

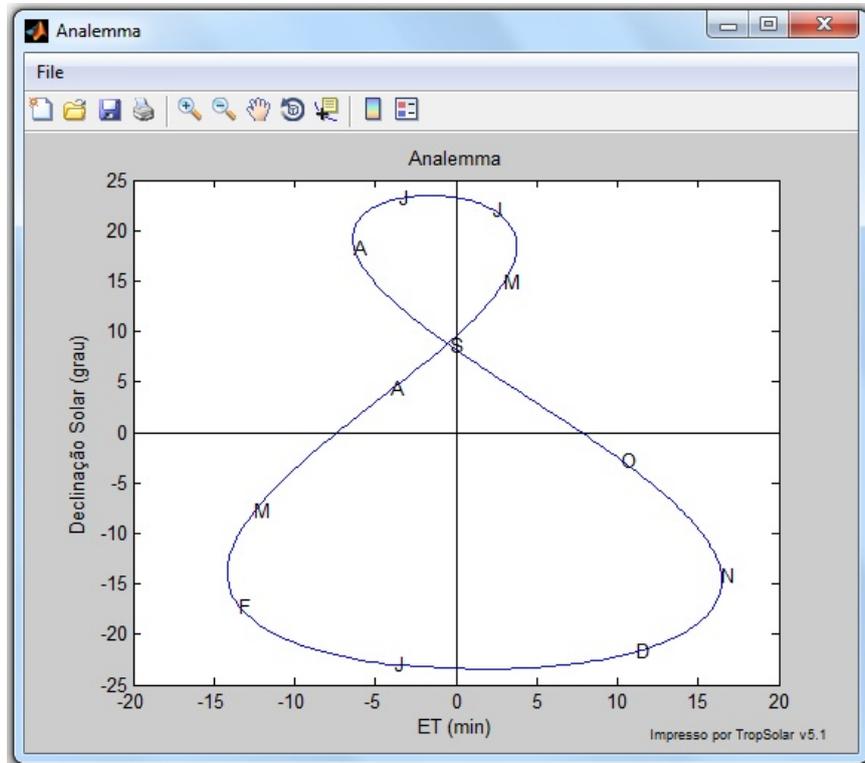


Figura 17 - Analema

## 4.8 Posição Solar 3D

Essa opção permite a visualização em três dimensões da posição solar processada (Ver Figura 18).

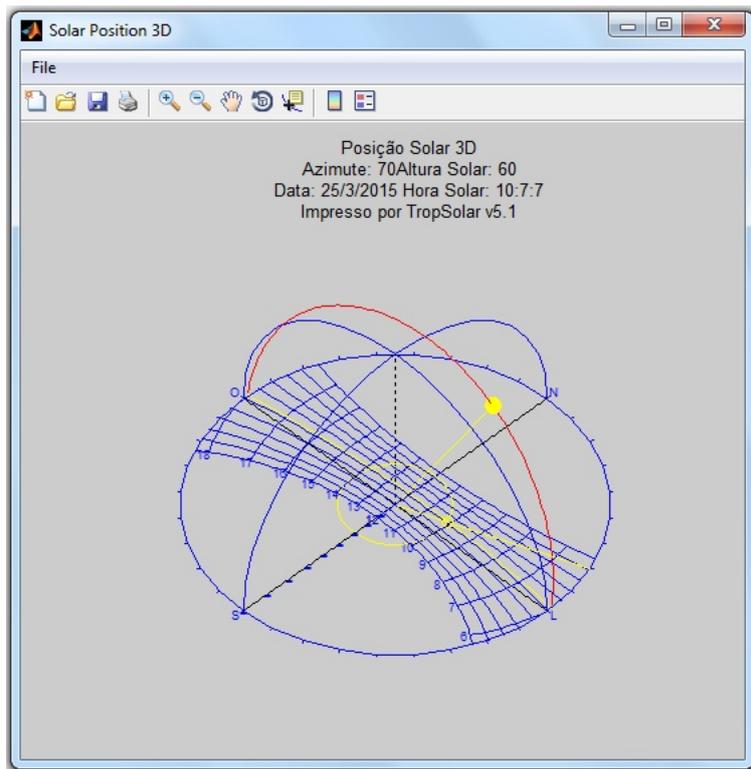


Figura 18 - Posição Solar 3D

## *Referências*

KALER, J. B. *The Ever-Changing Sky: A Guide to the Celestial Sphere*. Cambridge: Cambridge University, 1996.

TREGENZA, P.; SHARPLES, S. **Daylight Algorithms**. Sheffield: University of Sheffield, 1993.