

**Relatório do Projeto**  
**Estudo Observacional da Radiação Solar**  
**na Cidade de São Paulo**



**Amauri Pereira de Oliveira**

**Antonio Jaschke Machado**

**Grupo de Micrometeorologia**  
**Departamento de Ciências Atmosféricas**  
**IAG/USP**

**Dezembro de 2001**

<http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/labmicro.htm>

## Índice

<b>Capítulo</b>		<b>Página</b>
1	Introdução.....	2
2	Descrição dos Equipamentos.....	4
3	Descrição do Tratamento de Dados.....	12
4	Avaliação do Desempenho dos Sensores.....	19
5	Estimativa da Correção da Radiação Difusa.....	23
6	Evolução Temporal da Radiação Solar Global, Difusa e Direta.....	27
7	Dias de Céu Claro.....	35
8	Radiação Atmosférica.....	39
9	Variações Regionais em São Paulo .....	71
10	Precipitação.....	76
11	Conclusão.....	83
12	Referências.....	87
<b>Apêndice</b>		
A	Constantes de Calibração dos Sensores de Radiação.....	89
B	Descrição Estatística da Radiação Solar – Tabelas.....	90
C	Descrição Estatística da Radiação Solar – Gráficos.....	98
D	Descrição Estatística da Radiação Atmosférica – Gráficos.....	128
E	Descrição do funcionamento dos sensores –Tabelas.....	140

## **1. Introdução**

Este relatório tem como objetivo descrever as principais etapas do desenvolvimento do projeto: “Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo”, durante julho de 1999 a maio de 2001. Este projeto está baseado nas observações contínuas dos seguintes parâmetros:

- (1) radiação solar global no plano horizontal;
- (2) radiação solar difusa no plano horizontal;
- (3) radiação solar direta no plano de incidência;
- (4) radiação atmosférica de onda longa;
- (5) temperatura e umidade relativa do ar;
- (6) pressão atmosférica;
- (7) taxa de precipitação

As medidas de radiação solar global, difusa, direta e de onda longa emitida pela atmosfera estão sendo realizadas por um conjunto de 2 piranômetros, 1 pireliômetro e um pirgeômetro, todos fabricados pela Eppley Lab. Inc. As medidas de radiação solar difusa estão sendo realizadas com auxílio de um anel de sombreamento. As medidas de temperatura e umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação estão sendo realizadas para complementar as observações de radiação.

Entre as diversas etapas desenvolvidas deste projeto será descrito neste relatório:

- Organização do banco de dados coletados durante o período de julho 1999 a maio de 2001 (Capítulo 2);
- Tratamento dos dados (Capítulo 3);
- Avaliação de desempenho dos sensores (Capítulo 4);
- Determinação do efeito de bloqueio do anel de sombreamento sobre as medidas de radiação difusa (Capítulo 5);
- Atualização com base nas observações de abril de 1994 a maio de 2001 da evolução sazonal:
  - dos valores médios mensais horários, diários e mensais das componentes de radiação solar global, difusa e direta (Capítulo 6);

- das frações dos valores médios mensais horários, diários e mensais da radiação solar incidente no topo que atinge a superfície como radiação global ( $K_T$ ), difusa e direta (Capítulo 6);
- das frações dos valores médios mensais horários, diários e mensais da radiação solar global incidente na superfície na forma de radiação difusa ( $K_d$ ) e direta (Capítulo 6);
- dos modelos da radiação solar difusa através dos ajustes de curvas dos diagramas  $K_T$ - $K_d$  para os valores horários, diários e mensais de radiação solar e as respectivas médias mensais (Capítulo 6);
- Atualização com base nas observações de janeiro de 1996 a setembro de 2000 das características dos dias de céu claro (Capítulo 7);
- Atualização com base nas observações de janeiro de 1996 a maio de 2001 da evolução sazonal:
  - dos valores horários médios mensais da temperatura do ar e umidade relativa do ar (Capítulo 8);
- Atualização com base nas observações de abril de 1997 a maio de 2001 da evolução sazonal:
- Estimativa teórica da radiação onda longa emitida pela atmosfera no nível da superfície (Capítulo 8);
  - dos valores horários médios mensais de pressão atmosférica (Capítulo 8);
- Atualização com base nas observações de setembro de 1997 a maio de 2001 da evolução sazonal:
  - dos valores horários médios mensais da radiação de onda longa emitida pela atmosfera (Capítulo 8);
  - dos valores horários médios mensais de pressão de vapor, pressão de vapor de saturação, razão de mistura (Capítulo 8);
- Comparação com os valores médios de temperatura, umidade relativa do ar; pressão atmosférica e precipitação observados no PEFI (Água Funda), INMET -Mirante de Santana - (Capítulo 9) :
- Atualização com base nas observações de janeiro de 2000 a dezembro de 2001 da evolução sazonal:
  - A descrição da variação sazonal dos valores diários e mensais da precipitação (Capítulo 10).

Este trabalho fez parte do projeto de desenvolvimento de radiômetros (Proc. Fapesp No.92/3686-2), e do projeto de infraestrutura para construção da plataforma radiométrica sobre a sede do IAG na Cidade Universitária (Proc. Fapesp No. 94/4778-3).

## **2. Descrição dos Equipamentos**

Durante o período de Julho de 1999 a maio de 2001, as observações meteorológicas foram efetuadas na Cidade de São Paulo, na plataforma micrometeorológica localizada sobre o prédio do IAG, na Cidade Universitária (23°33'35"S, 46°43'55"W) a 741,6 m acima do nível do mar.

A plataforma micrometeorológica atualmente está equipada com 8 sensores (Figura 2.1). Compreende uma área de 40.5 m<sup>2</sup> onde estão instalados 3 piranômetros (PBW, PSP1 e PSP2), sensores de temperatura e umidade relativa do ar (TEMP e UR), um barômetro (PRESS), um pirgeômetro (PIRGE), um pireliômetro (PIRE) com rastreador solar e um pluviômetro.

Todos os equipamentos estão conectados ao sistema de aquisição dados automático, e estão sendo amostrados, continuamente, com uma taxa de amostragem de 0.2 Hz.

As medidas de radiação solar global e difusa estão sendo feitas através de dois piranômetros instalados em uma bancada metálica.

A radiação global está sendo medida por um piranômetro de Precisão Espectral (Spectral Precision Pyranometer), modelo 2 (identificado por PSP2) fabricado pela "Eppley Laboratory Inc".

A radiação difusa está sendo medida por um piranômetro do tipo Preto e Branco (Black and White Pyranometer), modelo 8-48 (identificado por PBW), também fabricado pela "Eppley Laboratory Inc".

As medidas de radiação difusa está sendo feita ocultando-se o piranômetro com um anel de sombreamento. Este anel é constituído de uma faixa metálica circular, fixa em relação à bancada, com diâmetro de 80 cm e largura de 10 cm. O anel está orientado de forma que o seu eixo fica paralelo à direção Norte-Sul.

A variação da sombra do anel com o ciclo anual da declinação solar é compensada deslocando-se periodicamente sobre a linha Norte-Sul o piranômetro alocado na medição da radiação solar difusa. O anel de sombreamento usado na Plataforma Micrometeorológica do IAG/USP foi desenvolvido pelo Grupo de Radiação Solar da Faculdade de Ciências Ambientais da UNESP de Botucatu

Simultaneamente as observações de rotina, durante o período de julho de 2000 a maio de 2001, foram realizadas 6 campanhas de calibração para verificar o desempenho dos piranômetros PSP2 e PBW. Nestas campanhas foi utilizado um piranômetro de Precisão Espectral, modelo 2 (identificado por PSP1), como referência. Na Tabela 2.1 são apresentadas as constantes de calibração dos três piranômetros da Eppley usados na Plataforma Micrometeorológica do IAG/USP.

Neste período foram realizadas também observações simultâneas da radiação solar direta e da radiação de onda longa emitada pela atmosfera através de um pireliômetro, model “Normal Incidence Pyrheliometer” (identificado por PIRE), e de um pirgeômetro (identificado por PIRGE), ambos fabricados pela “Eppley Laboratory Inc”.

Na Tabela 2.2 são apresentados os valores das constantes de calibração do pireliômetro e do pirgeômetro. Estes sensores foram instalados na plataforma em 30 de abril e 10 de setembro de 1997 respectivamente.

A evolução temporal da fração do mês com observações de radiação solar global, radiação solar difusa, radiação de onda longa emitada pela atmosfera, pressão, temperatura e umidade relativa do ar e taxa de precipitação são apresentadas na Figuras 2.2a e 2.2b, desde o início da operação da plataforma em 1994.

Na Figura 2.2a estão indicados também os períodos em que o piranômetro PSP1 foi utilizado para calibrar os piranômetros PSP2 e PBW. Nos períodos de calibração o anel de sombreado foi removido e todos os três sensores foram expostos a radiação solar global.

Como pode ser verificado na Figura 2.2b, os sensores de temperatura e umidade relativa do ar estão operando desde 11 de janeiro de 1996. O sensor de pressão e o pireliômetro estão em operação contínua desde 30 de abril de 1997. O pirgeômetro está operando desde 10 de setembro de 1997, enquanto que o pluviômetro está em funcionamento desde 22 de outubro de 1999.

## **2.1. Descrição da rotina de observação**

A rotina de observação está baseada na:

- (a) verificação diária do funcionamento dos sensores através do acompanhamento dos sinais de entrada no sistema de aquisição de dados;
- (b) limpeza das cúpulas dos radiômetros;
- (c) verificação e troca de sílica gel;
- (d) ajuste da sombra do anel;
- (e) ajuste do rastreador solar;
- (f) determinação da evolução semanal da radiação solar global, difusa, direta e atmosférica, temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e taxa de precipitação;
- (g) verificação da qualidade dos dados considerando a evolução semanal dos parâmetros medidos;
- (h) disponibilização da evolução semanal dos parâmetros medidos na *web page* do laboratório (<http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/labmicro.htm>);

- (i) Atualização mensal dos arquivos mensais e anuais de dados coletados;
- (j) Determinação das propriedades médias mensais dos dados atualizados mensalmente;
- (k) Determinação dos totais acumulados mensais de radiação solar, atmosférica e precipitação dos dados atualizados mensalmente;
- (l) Atualização dos gráficos que descrevem as médias mensais e os totais acumulados mensais na web page do laboratório;
- (m) Calibração quadrimestral dos sensores de radiação.

A aquisição destes dados, automatizada a partir do 2º semestre de 1997, tem permitido obter séries contínuas de dados, salvo alguma rara exceção (quebra de equipamento, microcomputador, ou *blackout*, ou ainda alguma recarga da bateria).

Através deste sistema de aquisição os dados são automaticamente salvos no disco rígido a cada seis horas. A importância da automatização deste processo pode ser apreciada na Figura 2.2a. A partir de outubro de 1997 consegue-se manter um nível de observação sempre superior a 75%, com média acima de 85% e alguns picos com 100% de observação.

A ausência de dados de radiação difusa depois da implementação dos sistema automatizado de coleta de dados deve-se, em grande parte, aos períodos de calibração. Deve ser ressaltado que os períodos de calibração foram reduzidos de uma semana para quatro a cinco dias a partir de outubro de 1998. Além disso, a partir de julho de 1999 as calibrações passaram a ser realizados apenas a cada quatro meses .

Nas Figuras 2.3 e 2.4 são apresentadas um exemplo das evoluções semanais dos parâmetros atmosféricos observados na plataforma micrometeorológica entre 27 de março e 03 de abril de 2000.

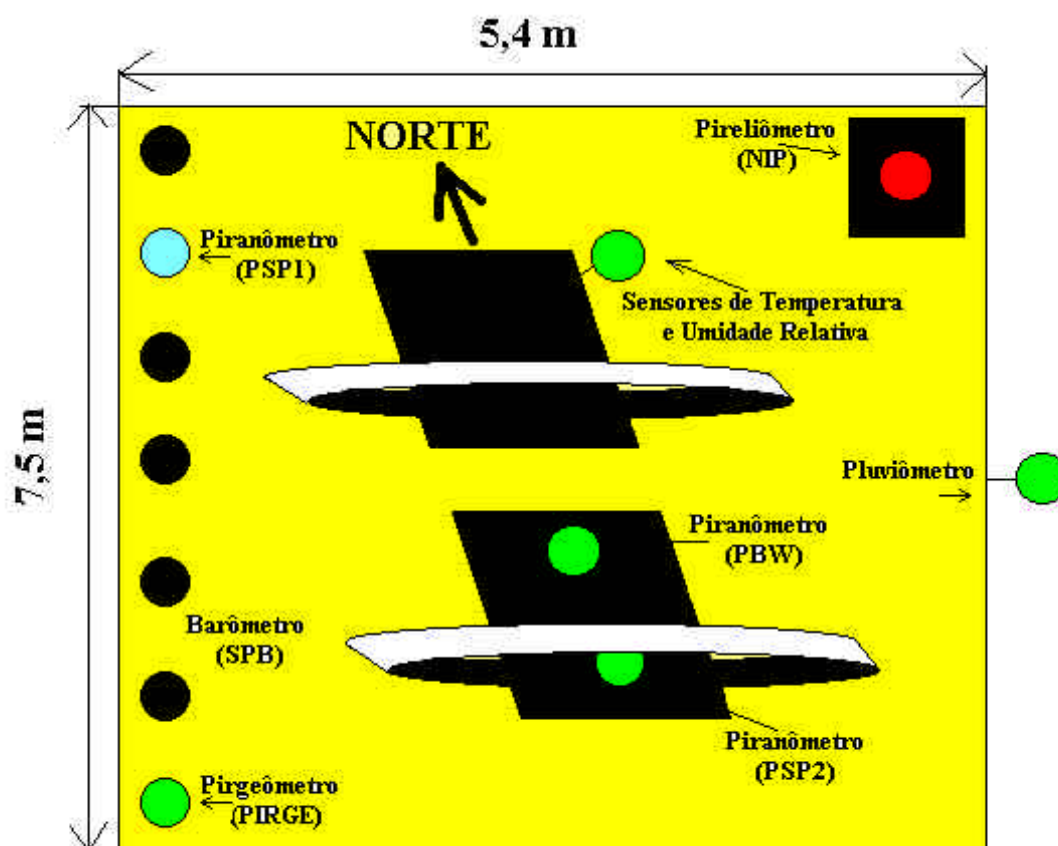
A rotina de coleta e tratamento dos dados tem permitido manter o atual nível de organização do bancos de dados do laboratório de micrometeorologia onde os gráficos semanais são armazenados e disponibilizados na pagina do laboratório.

**Tabela 2.1.:** Constantes de calibração dos piranômetros PSP1, PSP2 e PBW da Eppley.

Período da calibração (Local)	Informações de calibração	$K_{PSP1}$ ( $\mu V/Wm^{-2}$ )	$k_{PSP2}$ ( $\mu V/Wm^{-2}$ )	$K_{PBW}$ ( $\mu V/Wm^{-2}$ )
1990 (EUA)	Não fornecidas Pelo fabricante	$8,53 \pm 0,05$	$8,55 \pm 0,05$	$8,62 \pm 0,09$

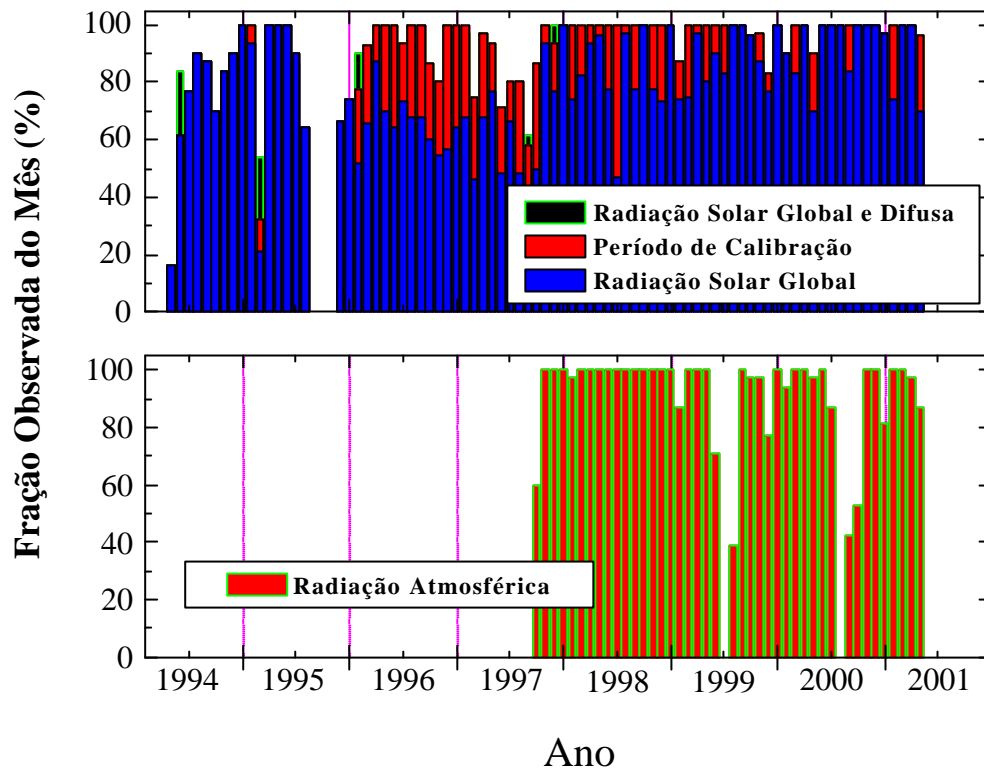
**Tabela 2.2:** Constantes de calibração originais do pireliômetro (PIRE) e do pirgeômetro (PIRGE) ambos da Eppley.

Período da calibração (Local)	Informações de calibração	$K_{PIRE}$ ( $\mu V/Wm^2$ )	$k_{PIRGE}$ ( $\mu V/Wm^2$ )
1990 (EUA)	Não fornecidas pelo fabricante	$9,09 \pm 0,05$	$3,63 \pm 0,04$

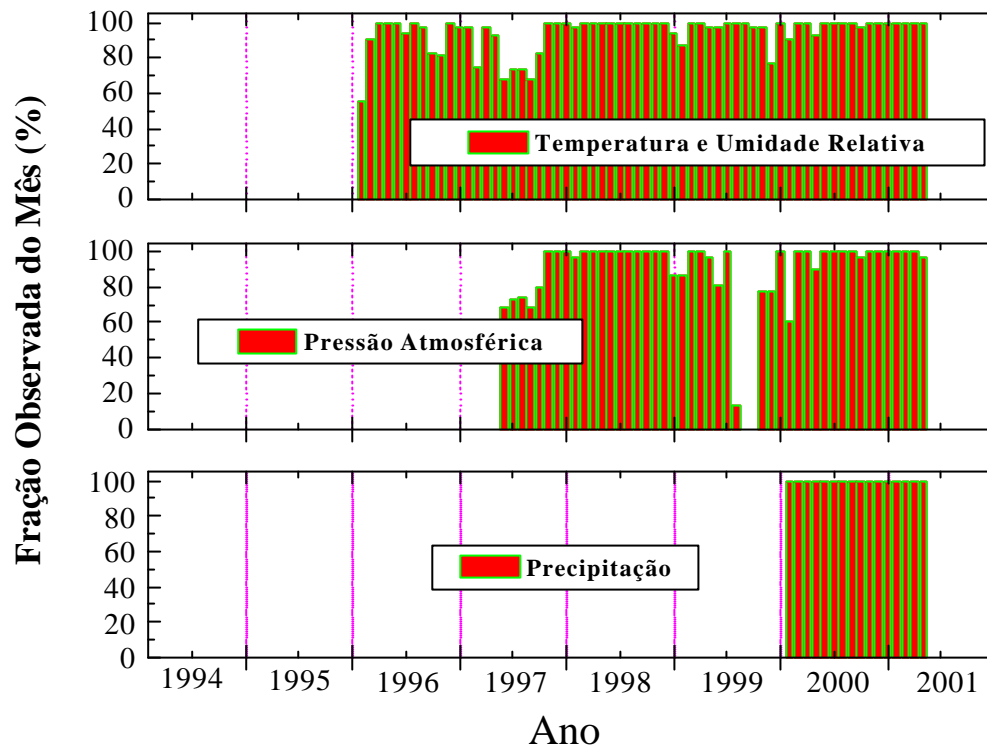


**Figura 2.1:** Representação esquemática da Plataforma Micrometeorológica do IAG-USP e da distribuição espacial dos instrumentos instalados a partir de junho de 1999.

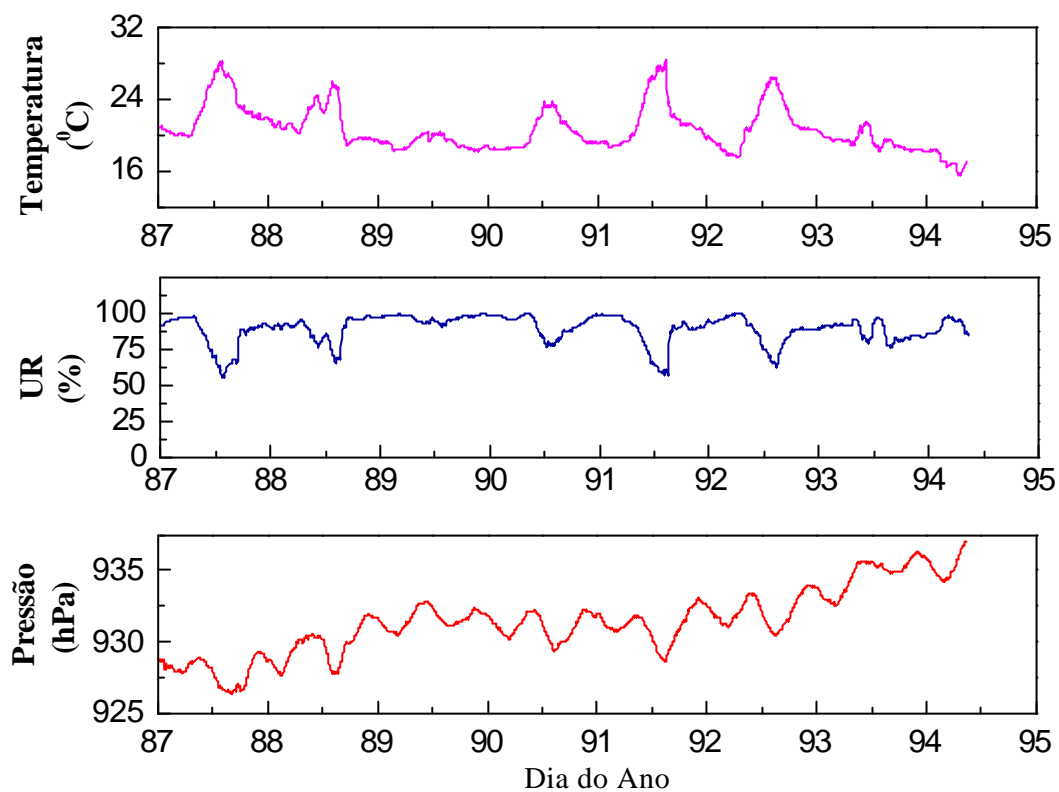




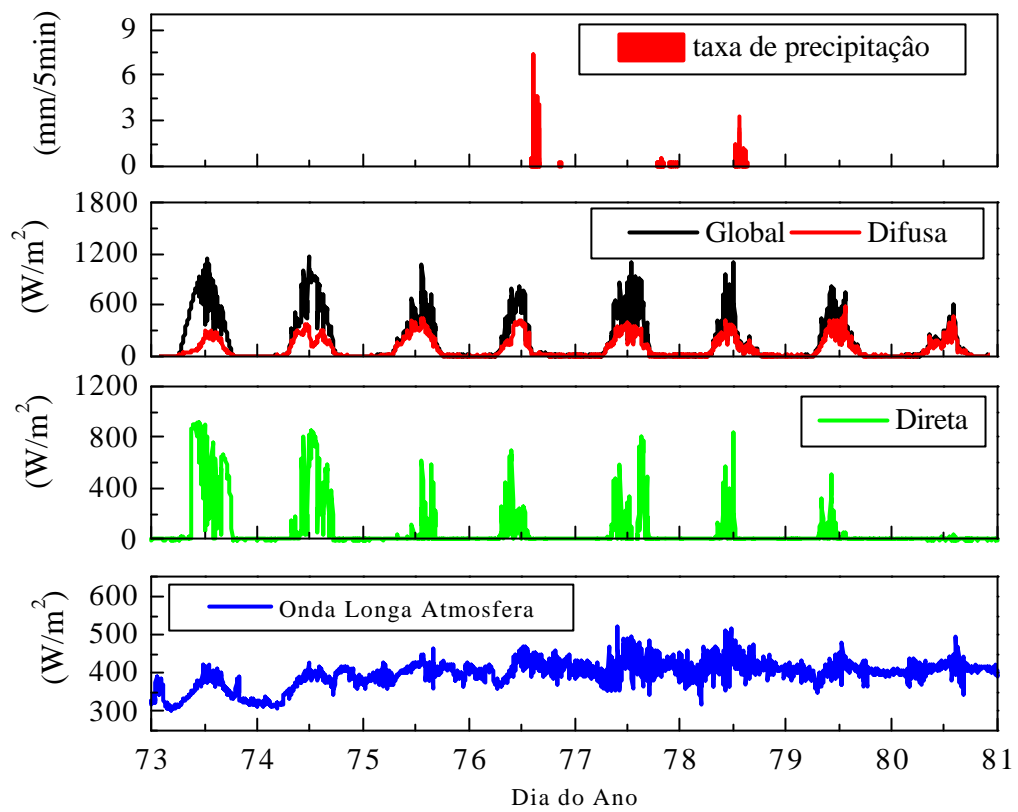
**Figura 2.2:** Evolução da fração do mês observada para a radiação solar e a radiação atmosférica na plataforma micrometeorológica do IAG-USP, entre 01 de janeiro de 1994 e 30 de abril de 2001.



**Figura 2.3:** Evolução da fração do mês observada para a temperatura, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação na plataforma micrometeorológica do IAG-USP, entre 01 de janeiro de 1994 e 30 de abril de 2001.



**Figura 2.4:** Evolução semanal da temperatura, umidade relativa e pressão atmosférica entre 27 de março e 03 de abril de 2000.



**Figura 2.5:** Evolução semanal da taxa precipitação, da radiação solar global, difusa, direta e da radiação de onda longa da atmosférica entre 13 e 20 de março de 2000.

### 3. Descrição do Tratamento de Dados

Os dados passam basicamente por três etapas desde a coleta pelo “datalogger”(Figura 3.1):

- Na **primeira etapa**, os arquivos com os dados em bruto (Tabela 3.4) são separados em arquivos semanais, mensais e anuais;
- Na **segunda etapa**, os arquivos com dados em bruto são convertidos em arquivos com dados tratados (Tabela 3.5), baseando-se este tratamento na conversão das unidades das grandezas lidas para o sistema internacional. Nesta etapa os arquivos mensais e anuais tratados contem somente as medidas de radiação global e difusa em *mV*;
- Na **terceira etapa**, existem três procedimentos:
  - ❖ Os arquivos de dados tratados semanais são utilizados para confecção de gráficos para verificação do comportamento dos instrumentos. Uma vez verificado a sua qualidade estes gráficos são incluídos no site;
  - ❖ Os arquivos “tratados” mensais são utilizados no cálculo dos totais diários para confecção de gráficos para uma segunda verificação do comportamento dos instrumentos. Os arquivos “tratados” anuais são utilizados no cálculo dos totais horários, diários ou mensais de radiação (Vide capítulo 6).
  - ❖ No caso dos períodos de calibração, os arquivos de dados tratados são utilizados para o cálculo das constantes de calibração (Vide capítulo 4).

Deve-se observar que nos casos de arquivos mensais e anuais a palavra tratados está destacada (“tratados”), visando-se assim dar ênfase ao fato de que estes arquivos não são propriamente arquivos tratados, como no caso dos arquivos semanais. São apenas arquivos de dados em bruto com apenas cinco colunas: fração do dia, radiação solar difusa, global, horário e dia Juliano (Tabela 3.3). Ou seja, os valores são convertidos de *mV* para  $W.m^{-2}$  na etapa posterior (Tabelas 3.7 - 3.12, Apêndice E), quando são executados os programas que realizam os cálculos dos totais horários, diários e mensais. Esse procedimento decorre do fato de as constantes de calibração serem periodicamente aferidas e seus valores atualizados dentro do próprio código do programa.

Como resultado da organização e da verificação das observações de radiação solar global, difusa e da radiação atmosférica foram elaborados calendários anuais (Tabelas 3.13 - 3.20, Apêndice E) com a distribuição dos dados de radiação solar global e difusa. Na tabela 3.5 é apresentado um resumo da distribuição anual dos dados de radiação. Verifica-se que dos 2562 dias decorridos entre 26 de abril de 1994 e 30 de abril de 2001 existem 1971 dias com observação de radiação solar global e difusa (76,9%), 313 dias com radiação global para calibração dos piranômetros (12,2%), 22 dias com radiação global somente (0,9%) e 256 dias sem observação (10,0%) ou em que as observações tinham problemas e não podem ser utilizadas (Tabelas 3.6).

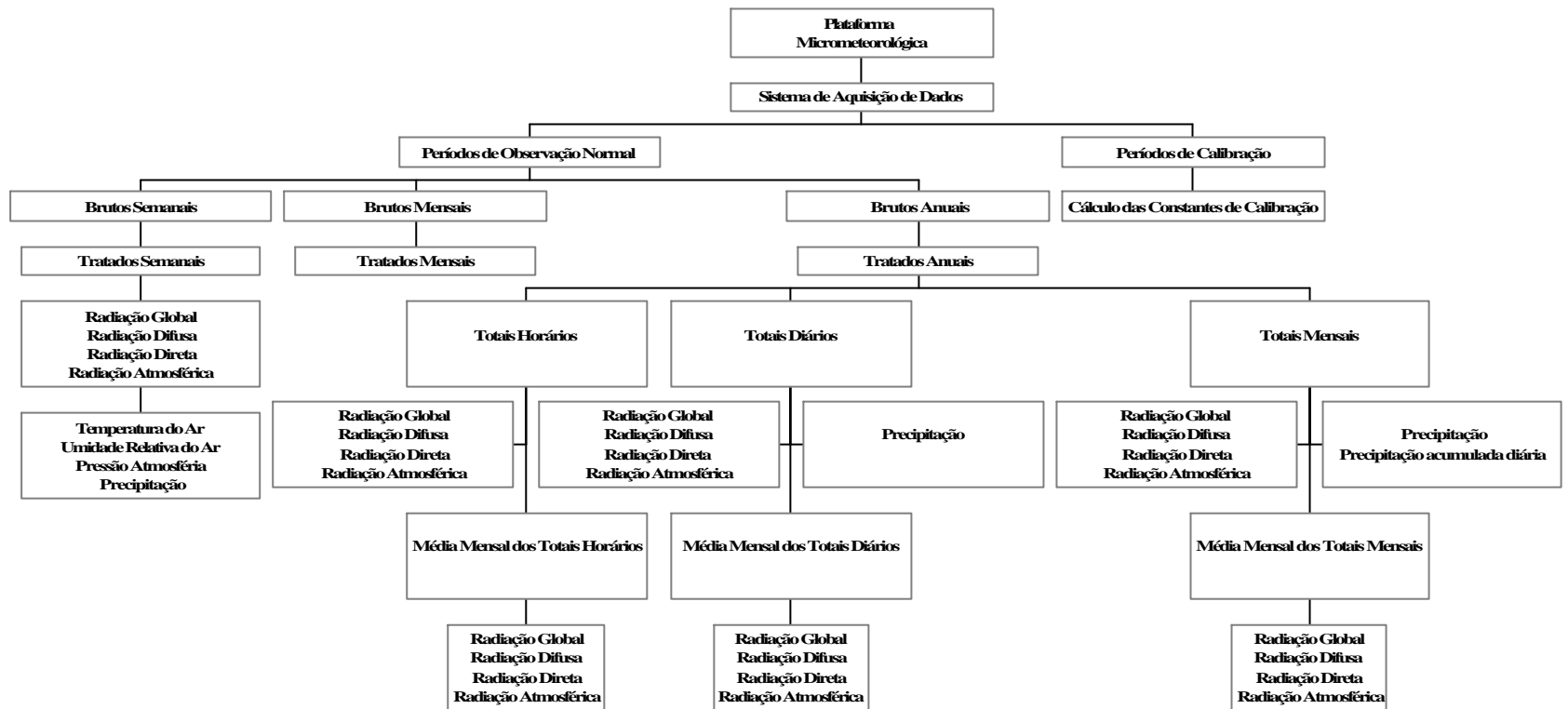


Figura 3.1: Diagrama da organização dos dados provenientes da Plataforma Micrometeorológica – IAG/USP.

**Tabela 3.1:** Trecho do arquivo semanal *botu151.dat* com dados em bruto referente as observações realizadas no dia juliano 144 (24 de maio de 1999), entre 12:00 e 12:10 hora local. A linha inicia-se sempre com o código 108 neste caso. O significado das demais colunas estão indicadas na Tabela 3.3-3.4.

108	144	1200	.65026	6.2595	-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	7.3853	1.0748	-.33497	.19354	-99999	20.396	47.152	110.73	0
108	144	1205	.65215	6.2219	-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	7.3481	1.0865	-.35401	.05062	-99999	20.639	46.613	110.7	0
108	144	1210	.66636	6.2302	-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	7.3775	1.0615	-.33676	.00568	-99999	20.676	46.621	110.66	0

**Tabela 3.2:** Trecho do arquivo semanal de dados tratados *B99151a.dat* referente ao dia juliano 144 (24 de maio de 1999), entre 12:00 e 12:10 hora local. A linha inicia-se sempre com hora local em frações de 24 horas e encerra-se com o dia juliano. Arquivo gerado através do programa **split** usando *botu99a.par.* e *botu151.dat.*

Dj.Dj	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1	Poli	Poli	Pire	Pirg1	Pirg2	Pirg3	Pirg4	Temp	UR	Press	Precip	hora	Dj
Dj.Dj	Psp2 (W.m <sup>2</sup> )	Pbw (W.m <sup>2</sup> )																
.5	79.983	702.53	-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	812.46	296.09	-.33497	.19354	-99999	20.396	47.152	932.88	0	12	144
.50347	80.215	698.31	-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	808.37	299.31	-.35401	.05062	-99999	20.639	46.613	932.84	0	12.083	144
.50694	81.963	699.24	-99999	-99999	-99999	-99999	-99999	811.61	292.42	-.33676	.00568	-99999	20.676	46.621	932.79	0	12.167	144

**Tabela 3.3:** Trecho do arquivo anual de dados “tratados” ***B\_2001b.dat*** referente ao dia juliano 1 (01 de janeiro de 2001), entre 10:00 e 10:10 hora local. A linha inicia-se sempre com a fração do dia e encerra-se com o dia juliano. Arquivo gerado através do programa **split** usando ***B\_2001b.par.*** e ***B\_2001.dat.***

Dj.Dj	Psp2 (mV)	Pbw (mV)	Hora	Dj
.41667	1.8263	7.2528	10	1
.42014	1.7772	8.6504	10.083	1
.42361	2.0342	5.0631	10.167	1



**Tabela 3.4:** Descrição dos arquivos brutos gerados pelo datalogger a partir de 1 de janeiro de 1996. Onde **Cod** representa o código da medida; **DJ** o dia juliano; **hhmm** a hora+minuto; **Psp2, Pbw, P1, Psp1, Esc2, Esc3, ESC4, Poli, Pire, Pirg1, Pirg2, Pirg3, Pirg4** representam as medidas de radiação em *mV*, **Temp** representa a temperatura (°C), **UR**(%) a umidade relativa do ar, **Press** pressão atmosférica em *mV*, **Precip** precipitação em número inteiros.

Período	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
001-011 1996	Cod	Dj	hhmm	Psp2	Pbw	Esc3	Esc4	Psp1*											
011-024 1996	Cod	Dj	hhmm	Psp2	pbw	Esc3	Esc2	Psp1*	Temp	UR									
024 (1996) 120 (1997)	Cod	Dj	hhmm	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1*	Temp	UR	Precip								
120-253 1997	Cod	Dj	hhmm	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1	Poli	Poli	Pire	Temp	UR	Press	Precip				
253- 1997-01	Cod	Dj	hhmm	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1	Poli	Poli	Pire	Pirg1	Pirg2	Pirg3	Pirg4	Temp	UR	Press	Precip

(\* ) esta coluna só está presente no arquivo, nos períodos em que o aparelho esteve instalado sobre a plataforma.

**Tabela 3.5:** Descrição dos arquivos tratados gerados pelo Split.com a partir de 1 de janeiro de 1996. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **hora** a hora decimal; **Psp2, Pbw, P1, Psp1, Esc2, Esc3, ESC4, Poli, Pire, Pirc1, Pirc2, Pirc3, Pirc4** representam as medidas de radiação em  $W.m^{-2}$ , **Temp** representa a temperatura ( $^{\circ}C$ ), **UR**(%) a umidade relativa do ar, **Press** pressão atmosférica em  $hPa$ , **Precip** precipitação em  $mm$ .

Período	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19
001-011 1996	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1*	hora	Dj											
011-024 1996	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1*	Temp	UR	hora	Dj									
024 (1996) 120 (1997)	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1*	Temp	UR	Precip	hora	Dj								
120-253 1997	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1	Poli	Poli	Pire	Temp	UR	Press	Precip	hora	Dj				
253- 1997-01	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Esc3	Esc2	Psp1	Poli	Poli	Pire	Pirc1	Pirc2	Pirc3	Pirc4	Temp	UR	Press	Precip	hora	Dj

(\*) esta coluna só está presente no arquivo nos períodos em que o aparelho esteve instalado sobre a plataforma.

**Tabela 3.6:** Distribuição anual dos dias com e sem observação de radiação solar global e difusa na plataforma micrometeorológica do IAG/USP. Número total de dias entre 26 de abril de 1994 a 30 de abril de 2001 é de 2562 dias

Ano	Radiação Difusa e Global	Radiação Global Calibração	Radiação Global	Dias Sem dados de Radiação
1994	207	0	7	36
1995	216	4	6	139
1996	239	106	4	17
1997	236	78	3	48
1998	303	62	0	0
1999	324	31	0	10
2000	343	16	1	6
2001 *	103	16	1	0
Total	1971	313	22	256

(\* Até 30 de abril).

## **4. Avaliação do Desempenho dos Sensores**

A partir de julho de 1999 os piranômetros passaram a ser avaliados a cada quatro meses aproximadamente. As avaliações dos piranômetros (PSP2 e PBW) são apresentados no item 4.1. A avaliação do sensor de radiação atmosférica (PIRGE) é descrita no item 4.2.

### **4.1. Avaliação dos Piranômetros**

Os resultados obtidos com as 6 campanhas de calibração, realizadas entre outubro de 1999 e maio de 2001 (Tabela 4.2, Apêndice A) confirmaram o comportamento dos piranômetros PSP2 e PBW encontrado anteriormente.

A evolução temporal das constantes de calibração durante este período é apresentada na Figura 4.1. De um modo geral a maioria dos valores para cada campanha realizada encontra-se dentro da faixa de variação do valor médio, determinada através do valor médio de todas as 45 constantes de calibração e o desvio padrão em torno desta média (indicada pelas 3 linhas horizontais abaixo e acima das duas linhas centrais que indicam o valor nominal das constantes de calibração).

Os valores médios das constantes de calibração utilizadas para estimar as componentes das radiação solar global e difusa, são indicadas na Tabela 4.1. Estes valores correspondem à média das respectivas 43 constantes de calibração. Como pode ser visto, a constante de calibração do PSP2 sofre uma redução de aproximadamente 4,4 % em relação ao valor nominal. Por outro lado a constante do PBW sofreu um aumento de 3,7% em relação ao seu valor de fábrica. Estes números refletem o fato de que a constante de calibração média desses aparelhos se mantém, mesmo com as novas 4 campanhas realizadas.

### **4.2 – Sensor de radiação atmosférica – Pirgeômetro**

O pirgeômetro foi posicionado na horizontal, com o sensor virado para cima, de tal forma que recebe a contribuição da radiação atmosférica emitida para a superfície. Sua constante de calibração, fornecida pelo fabricante, corresponde a  $3,63 \text{ mV} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^2$ .

A cúpula do pirgeômetro é coberta por uma película que filtra a radiação solar. Uma bateria, que fornece 1,5 V, alimenta um termistor que mede a temperatura do pirgeômetro. Esta bateria possui vida útil em torno de 2 anos.

Este aparelho foi instalado na plataforma em 11 de setembro de 1997, funcionando ininterruptamente por mais de três anos até o presente momento. Com exceção de uma semana em novembro de 1999 e a maior parte do mês de julho de 2000, quando sua bateria interna não esteve funcionando adequadamente.

O pirgeômetro esteve fora da plataforma entre 17 de agosto e 15 de setembro de 2000, período em que foi instalado em Botucatu para ser calibrado junto a um instrumento do mesmo fabricante. Este instrumento, recém adquirido pelo Grupo de Radiação solar da Unesp de Botucatu, foi utilizado como padrão secundário nesta calibração.

O resultado da calibração do pirgeômetro pode ser observada na Figura 4.2. Através de regressão linear entre as medições realizadas por ambos os instrumentos, utilizando-se o método dos mínimos quadrados, obteve-se a nova constante de calibração do aparelho,  $3,84 \text{ mV} \cdot \text{W}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Todos os valores de radiação de onda longa emitido pela atmosfera foram estimados com esta nova constante de calibração.

Tabela 4.1: Constantes de calibração dos piranômetros PSP1, PSP2 e PBW e do pirgeômetro PIRGE.

Período da calibração (Local)	Informações De Calibração	K <sub>PSP1</sub> ( $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$ )	k <sub>PSP2</sub> ( $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$ )	K <sub>PBW</sub> ( $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$ )	K <sub>PIRGE</sub> ( $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$ )
1990 (EUA)	Não fornecidas Pelo Fabricante	$8,53 \pm 0,05$	$8,55 \pm 0,05$	$8,62 \pm 0,09$	$3,63 \pm 0,04$
16 de abril de 1998 Meteo-France França	Método do Quociente	$8,38 \pm 0,05$			
Janeiro de 1996 a Maio de 2001 (SP)	Método do Quociente		$8,17 \pm 0,16$	$8,93 \pm 0,14$	
Agosto a Setembro de 2000 (Botucatu, SP)	Método do Quociente				$3,84 \pm 0,04$

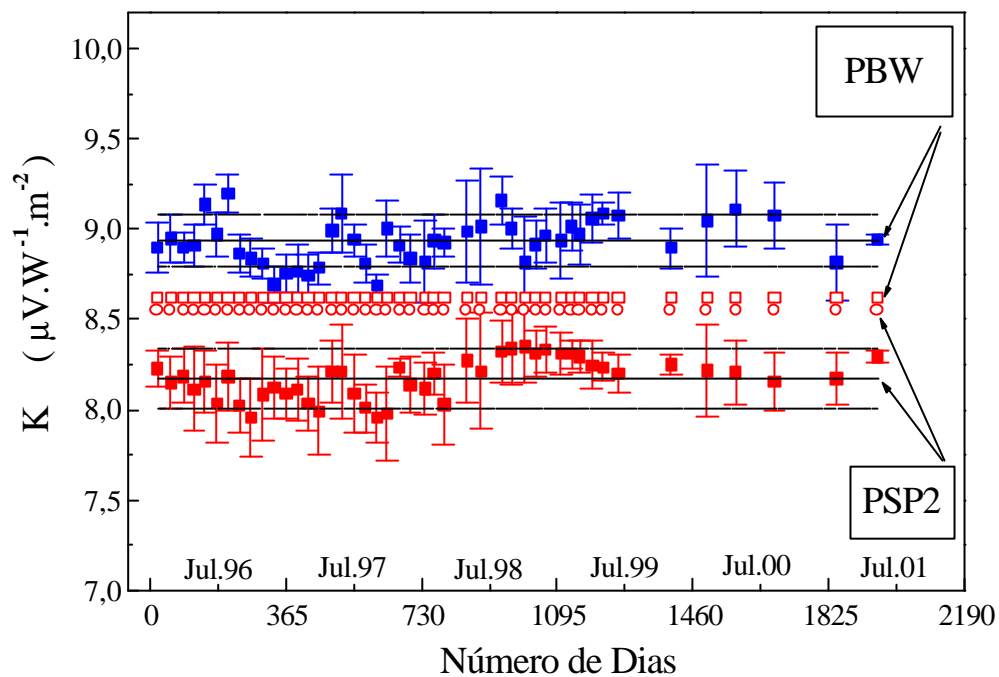


Figura 4.1: Evolução temporal das constantes de calibração dos piranômetros PSP2 e PBW observada durante as 45 campanhas de calibração entre janeiro de 1996 e maio de 2001.

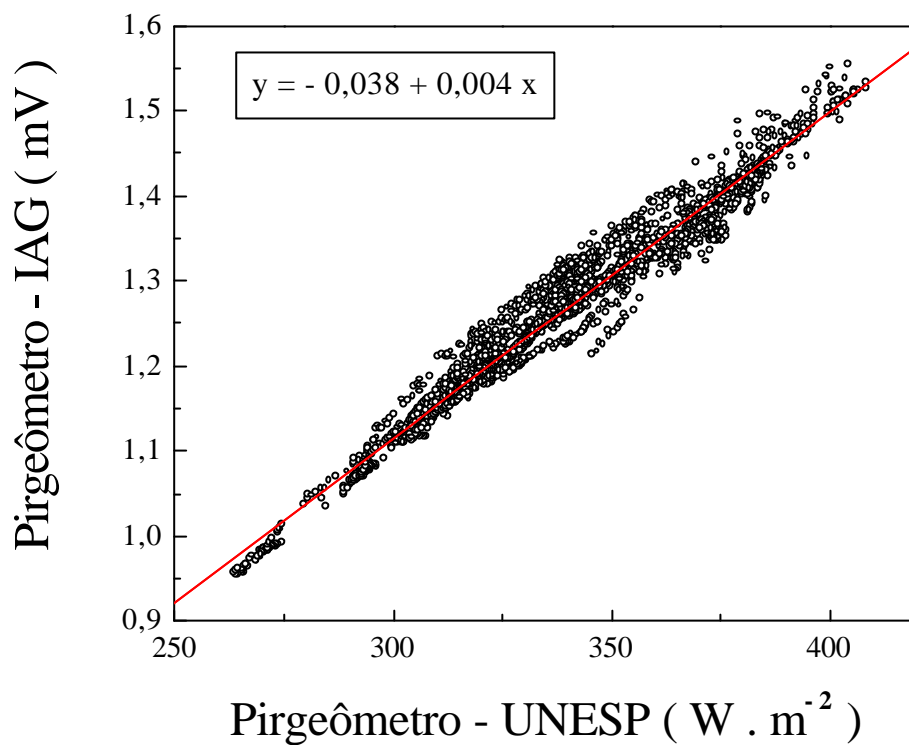


Figura 4.2: Regressão linear entre os dados obtidos com o pirgeômetro do IAG/USP versus o pirgeômetro de referência da UNESP. Calibração realizada em Botucatu, agosto de 2000.

## 5. Estimativa da Correção da Radiação Difusa

As observações da radiação solar difusa na plataforma micrometeorológica do IAG/USP são feitas através do bloqueio da radiação solar direta pelo anel de sombreamento.

Neste dispositivo, a sombra é gerada por um anel sombreador de 40,5 cm de raio e 10 cm de largura. A posição do anel sombreador é fixa e o seu eixo está orientado paralelamente ao eixo da Terra. A variação sazonal da sombra do anel é acompanhada movendo-se horizontalmente o piranômetro sombreado (Figura 5.1). Este dispositivo é denominado de dispositivo com detector móvel (Oliveira et al, 2002).

Para compensar a parcela da radiação difusa que também acaba sendo bloqueada pelo anel os valores de radiação difusa são corrigidos. Esta correção é feita multiplicando-se o valor observado por um fator de correção calculado através da seguinte expressão:  $F_c = (1 - X/T)^{-1}$ , onde  $X/T$  representa a fração da radiação difusa que é interceptada pelo anel. No caso do anel usado na plataforma do IAG/USP, esta fração é dada por:

$$\frac{X}{T} = \left( \frac{2b}{\pi R} \right) \cos(\delta) \left[ \frac{\cos(\phi + \delta)}{\cos(\phi)} \right]^2 \left[ \int_0^{\omega_p} \cos(z) d\omega \right] \quad (1)$$

onde  $\int_0^{\omega_p} \cos(z) d\omega$  corresponde à integral do cosseno do ângulo zenital do Sol em relação ao seu ângulo horário ( $\omega$ ), sobre metade do período diurno ( $\omega_p$ ).

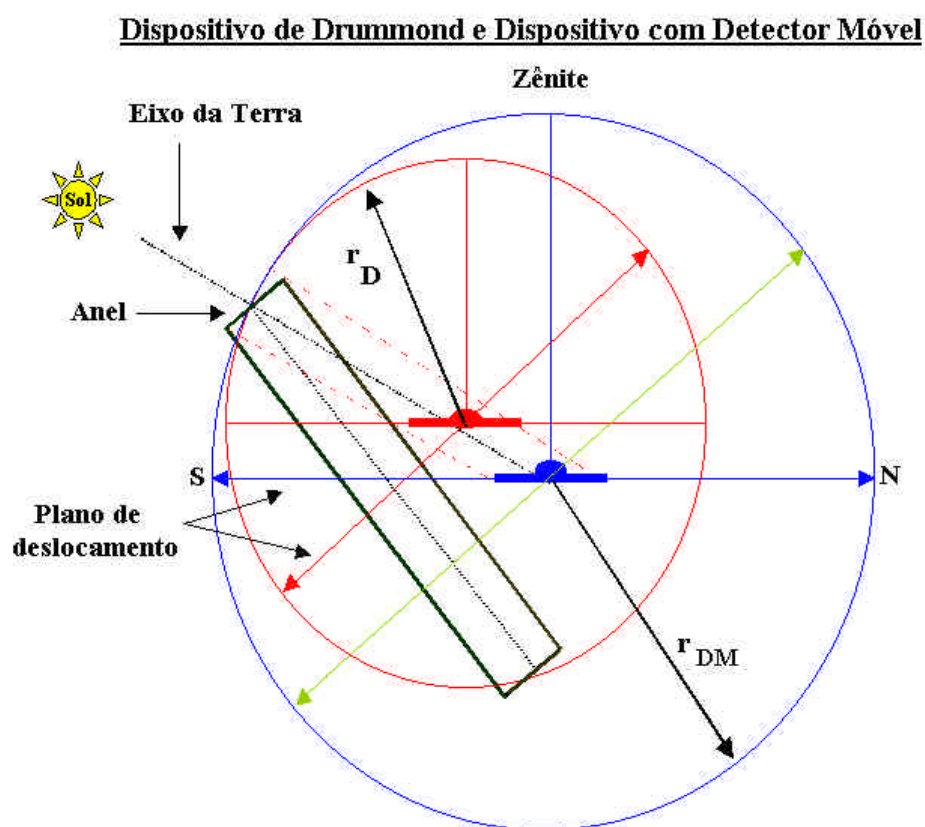
Para a latitude de São Paulo, o fator de correção tem um valor máximo igual a 1,25 no solstício de verão (no período compreendido entre os dias julianos 14 e 17 e novamente no período entre os dias 329 e 332) quando a distância entre o anel e o piranômetro alcança seu valor mínimo de 22 cm (Figura 5.2).

Próximo ao solstício de inverno o dispositivo utilizado tem um fator igual a 1,054 (entre os dias julianos 170 e 173) que corresponde a uma distância máxima entre o anel e o piranômetro de 31,9 cm (Figura 5.2).

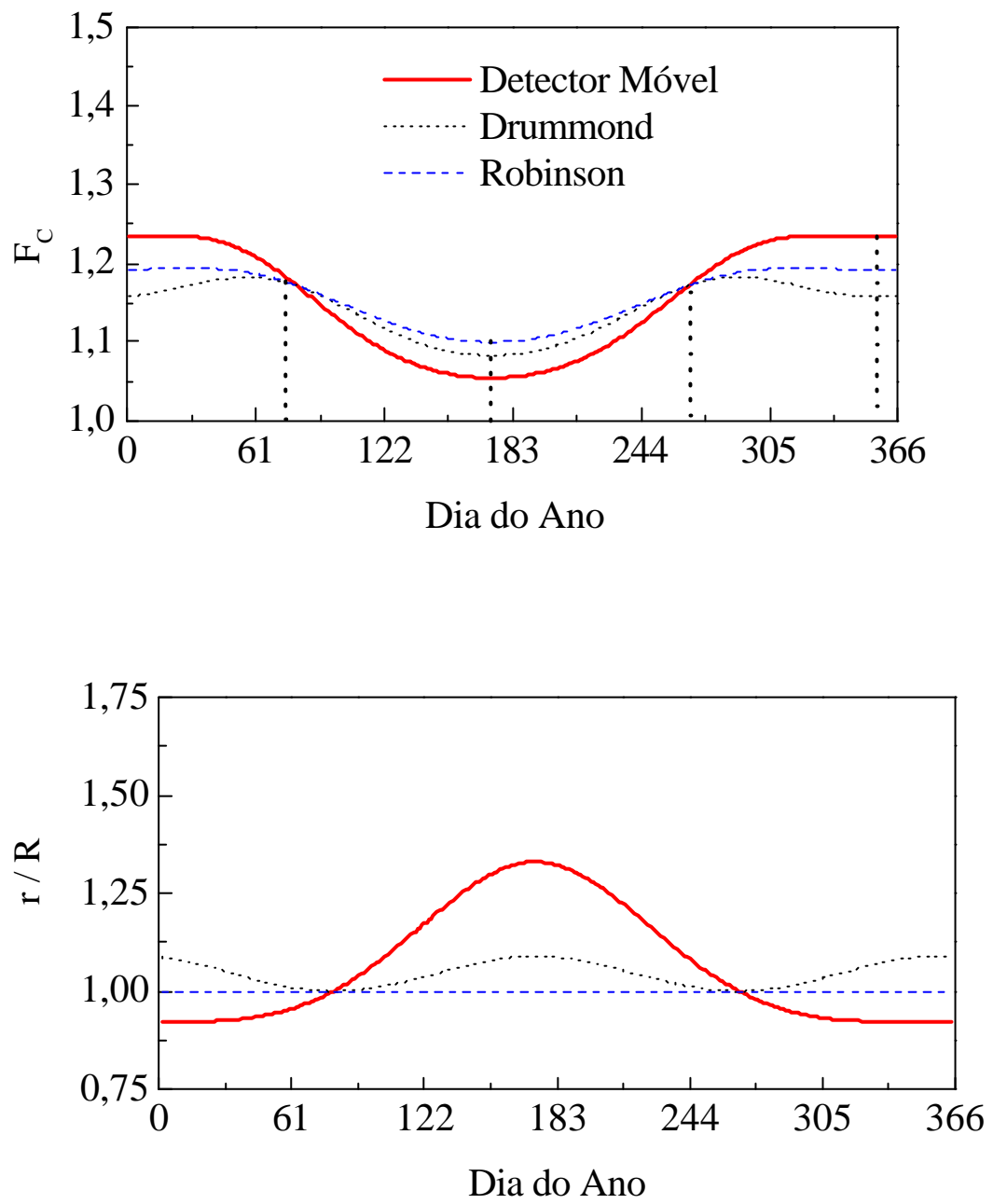
Quando comparado com outros dispositivos propostos por Robinson e Drummond verifica-se que o dispositivo usado na plataforma apresenta resultados comparáveis (Figura 5.2).



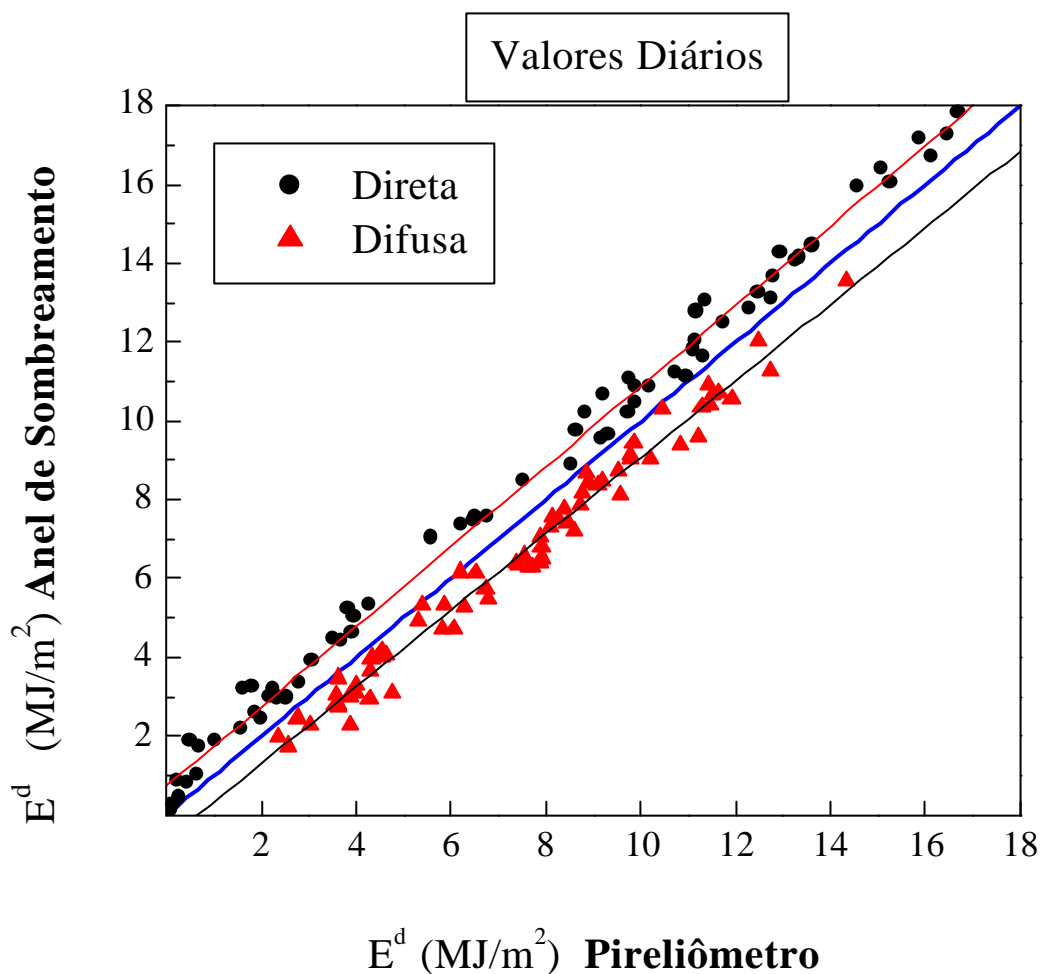
Comparando-se as estimativas de dos totais diários de radiação difusa e direta obtidas com anel de sombreamento e com o pireliometro verifica-se que a componente difusa é sistematicamente subestimada quando o anel sombreador é usado. Torna-se, no entanto, mais próximo do valor obtido com o pireliômetro quando o fator de correção é aplicado. Por outro lado, a componente direta obtida pela diferença entre os valores de radiação solar global (radiômetro PBW) e difusa (radiômetro PSP2 e anel sombreador) é sistematicamente superestimada, quando comparadas aos resultados obtidos com o pireliômetro (Figura 5.3). Nestas figuras a variável  $E^d$  representa o total diário de radiação solar direta e difusa observadas pelo método do sombreamento e pelo pireliômetro (ver também capítulo 6).



**Figura 5.1:** Esquema do dispositivo de sombreamento usado na plataforma do IAG/USP para estimar radiação difusa (sensor abaixo) e o esquema de Drummond (sensor acima). No esquema de Drummond o sensor está fixo e o anel movimenta-se. Nestes esquemas  $r_{DM}$  e  $r_D$  correspondem distância sensor-anel no dispositivo de sensor móvel e de Drummond respectivamente.



**Figura 5.2:** Variação sazonal do fator de correção (topo) e da razão entre a distância desde o anel sombreador até o piranômetro e o raio do anel sombreador (abaixo).



**Figura 5.3:** Diagrama de dispersão entre valores totais diários de radiação solar ( $E^d$ ) direta e difusa, obtidas através do anel de sombreamento e do Pireliômetro. Observações realizadas no IAG entre 1997 e 2000.

## 6. Evolução Temporal da Radiação Solar Global, Difusa e Direta

Estas observações de radiação global e difusa realizadas no período em questão foram corrigidas de forma a levar em conta as variações inerentes ao comportamento destes sensores fusa o efeito de bloqueio do anel sombreador. As estimativas médias apresentadas a seguir foram baseadas nas séries de observações realizadas entre abril de 1994 e maio de 2001.

### 6.1. Totais Horários, Diários e Mensais

Foram estimados três totais: horário, diário e mensal, para a radiação solar no topo da atmosfera, para a radiação solar incidente na superfície e as suas componentes: difusa e direta.

Estas partições estão sendo indicadas pelos símbolos  $E_Y^x$ . O índice  $Y$  indica a componente da radiação:  $T$  para a radiação solar incidente no topo;  $G$  para a radiação global na superfície,  $DF$  para a radiação difusa e  $DR$  para a radiação direta. O índice  $x$  indica o intervalo de tempo usado na totalização da radiação:  $h$ ,  $d$  e  $m$  indicam períodos de uma hora, um dia e um mês, respectivamente.

Assim, os totais horários, diários e mensais da radiação solar incidente no topo da atmosfera são indicados por:  $(E_T^h, E_T^d, E_T^m)$ ; para a radiação solar global na superfície:  $(E_G^h, E_G^d, E_G^m)$ ; para a radiação difusa:  $(E_{DF}^h, E_{DF}^d, E_{DF}^m)$  e para radiação direta por:  $(E_{DR}^h, E_{DR}^d, E_{DR}^m)$ .

Os totais horários, diários e mensais da radiação solar global e difusa são estimados a partir da integração do valor observado (5 minutos) da irradiância da radiação global ( $I_G$ ) e da sua componente difusa ( $I_{DF}$ ) de acordo com a expressão:

$$E_Y^x(t_x) = \int_{t_x - \frac{x}{2}}^{t_x + \frac{x}{2}} I_Y(t) dt \quad (2)$$

onde  $x$  discrimina o intervalo de tempo (1 hora, 1 dia and 1 mês),  $t_x$  refere-se ao tempo no meio do intervalo de integração e  $Y$  refere-se a cada componente ( $G$  para global e  $DF$  para difusa). A componente direta da radiação solar na superfície esta sendo estimada através da diferença entre a global e a difusa.  $(E_{DR}^x = E_G^x - E_{DF}^x)$ .

Na Figura 6.1 são apresentados a evolução mensal dos totais diários observados durante o mês de junho de 1999. A falta de informação no dia 5 deve-se ao fato de o PBW ter estado em manutenção por boa parte do período diurno.

Na Figura 6.2 são apresentados os totais diários da radiação solar difusa (quadrado aberto) estimados a partir do valor total diário da radiação global observada e utilizando-se um polinômio de quarta ordem.

Nas Figuras 6.3 a 6.5 são apresentados a evolução temporal dos totais mensais da radiação solar no topo da atmosfera, global e difusa observados entre abril de 1994 e maio de 2001.

## 6.2. Frações e Médias Mensais

A partir dos totais horários, diários e mensais foram estimados dois conjuntos de frações:  $E_Y^x/E_T^x$  e  $E_Y^x/E_G^x$ . O primeiro conjunto de frações indica a distribuição relativa dos totais da radiação solar global, difusa e direta em relação aos respectivos totais da radiação no topo da atmosfera. O segundo conjunto de frações ( $E_Y^x/E_G^x$ ) indica a distribuição relativa dos totais da radiação solar difusa e direta em relação aos respectivos totais da radiação global na superfície.

Os totais médios mensais, bem como das frações destes valores médios, além das médias mensais das frações, são apresentada nas tabelas 6.2 a 6.9 (Apêndice B), tanto para totais horários, como diários e mensais.

Os valores atualizados destas médias mensais são apresentados entre as Figuras 6.6 a 6.32.

Os totais mensais de radiação solar, observados na Cidade Universitária entre abril de 1994 e maio de 2001, são apresentados nas Figuras 6.3 a 6.5.

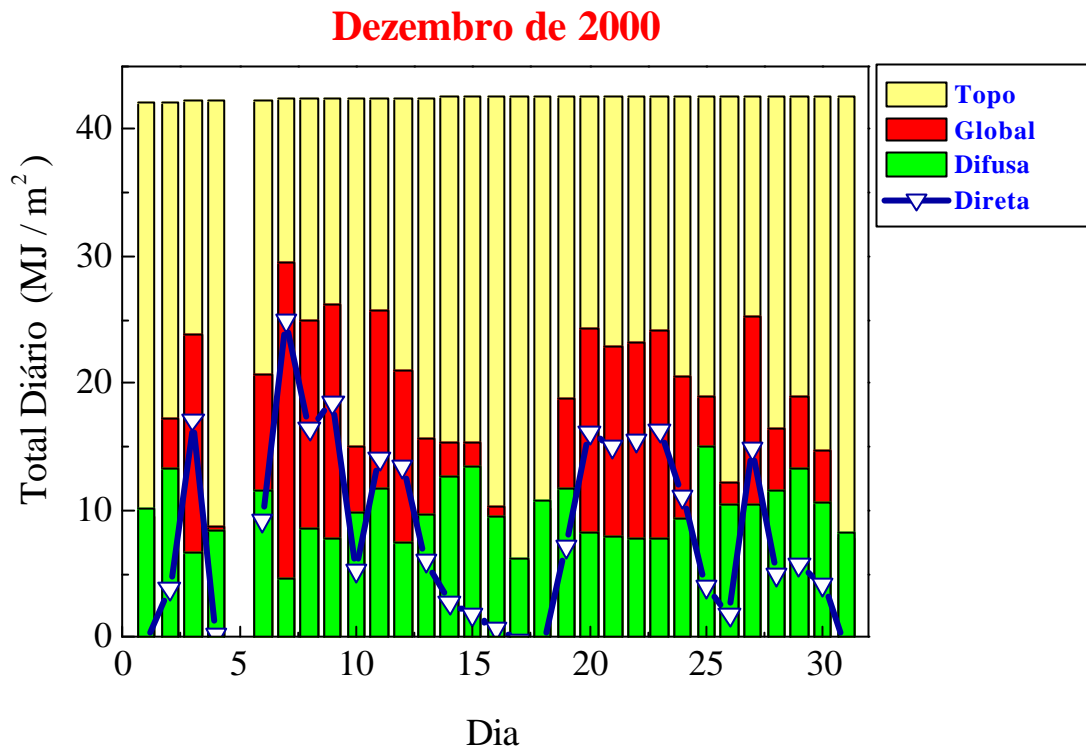
## 6.3. Diagramas $K_T^x - K_d^x$

Algumas destas frações apresentam uma relação entre bem definida entre elas e podem ser utilizadas para estimativas empíricas do comportamento da radiação difusa (Liu e Jordan 1961). A fração entre a radiação global e a radiação incidente no topo é denominada de índice de “claridade” (“clearness index”) enquanto que a fração entre a componente difusa e a radiação global é denominada de fração difusa (“Diffuse fraction”). Estas frações são também conhecidas como  $K_T^x = E_G^x/E_T^x$  e  $K_d^x = E_Y^x/E_G^x$  e apresentam um grau de correlação muito grande, o que permite determinar uma relação entre elas. Em geral, estas relações são determinadas a partir de diagramas  $K_T^x - K_d^x$  e são apresentadas na forma de polinômios do tipo  $K_d^x = f(K_T^x)$ .

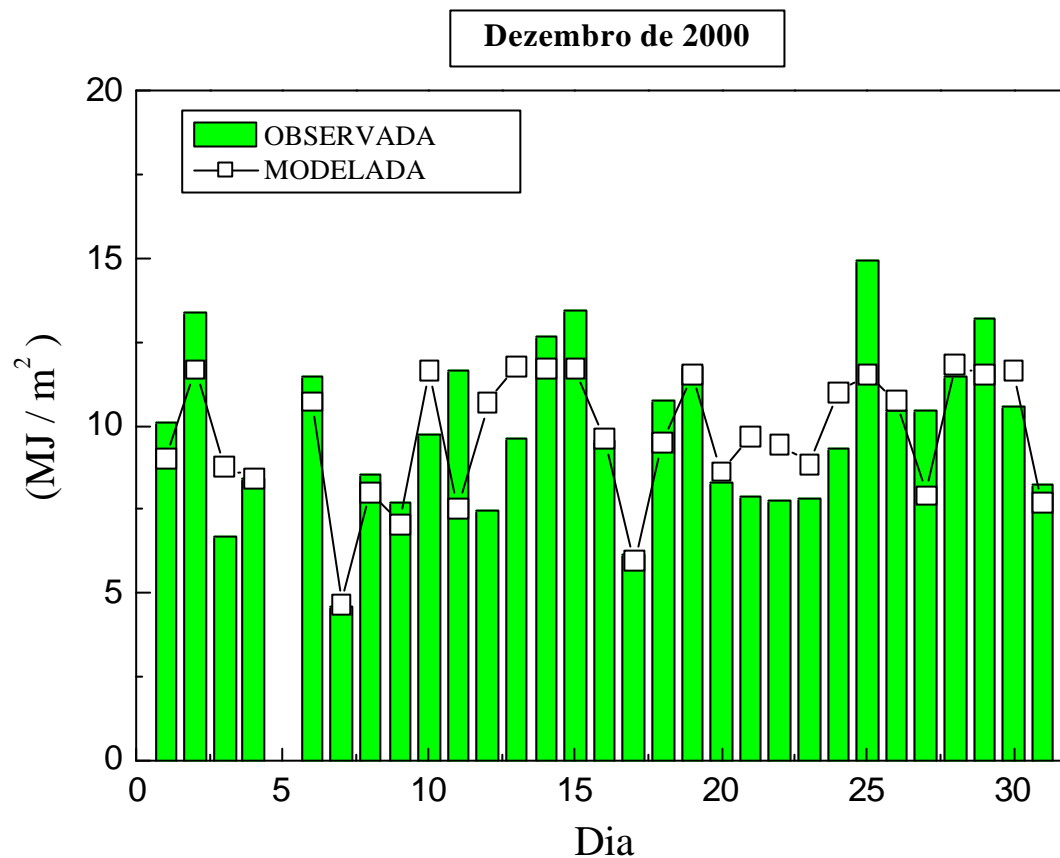
Nas Figuras 6.33 a 6.35 são apresentados os diagramas  $K_T^x - K_d^x$  para os valores horários, diários e mensais. Na Tabela 6.1 são apresentados os coeficientes dos polinômios derivados a partir das observações.

**Tabela 6.1:** Coeficiente dos polinômios de 4ª ordem ( $K_d^x = \sum_1^5 A_i (K_T^x)^i$ ), obtidos a partir de um ajuste através dos pontos dos diagramas de dispersão  $K_T^x - K_d^x$ , horários, diários e mensais. Intervalo de validade de  $K_T : [(K_T^x)_{\min} \leq K_T^x \leq (K_T^x)_{\max}]$  e valores mínimos de  $K_d : (K_d^x)_{\min}$

	<b>A<sub>0</sub></b>	<b>A<sub>1</sub></b>	<b>A<sub>2</sub></b>	<b>A<sub>3</sub></b>	<b>A<sub>4</sub></b>	<b>Intervalo de <math>K_T</math></b>	<b>Valor mínimo de <math>K_d</math></b>
<b>K<sub>d</sub><sup>h</sup></b> <b>Horário</b>	<b>0.96</b>	<b>0.76</b>	<b>-2.60</b>	<b>-3.96</b>	<b>5.68</b>	<b>0.17-0.75</b>	<b>0.185</b>
<b>K<sub>d</sub><sup>d</sup></b> <b>Diário</b>	<b>0.94</b>	<b>1.32</b>	<b>-6.93</b>	<b>4.97</b>	<b>0.0723</b>	<b>0.17-0.70</b>	<b>0.150</b>
<b>K<sub>d</sub><sup>m</sup></b> <b>Mensal</b>	<b>1.31</b>	<b>-1.78</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.35-0.65</b>	<b>-</b>

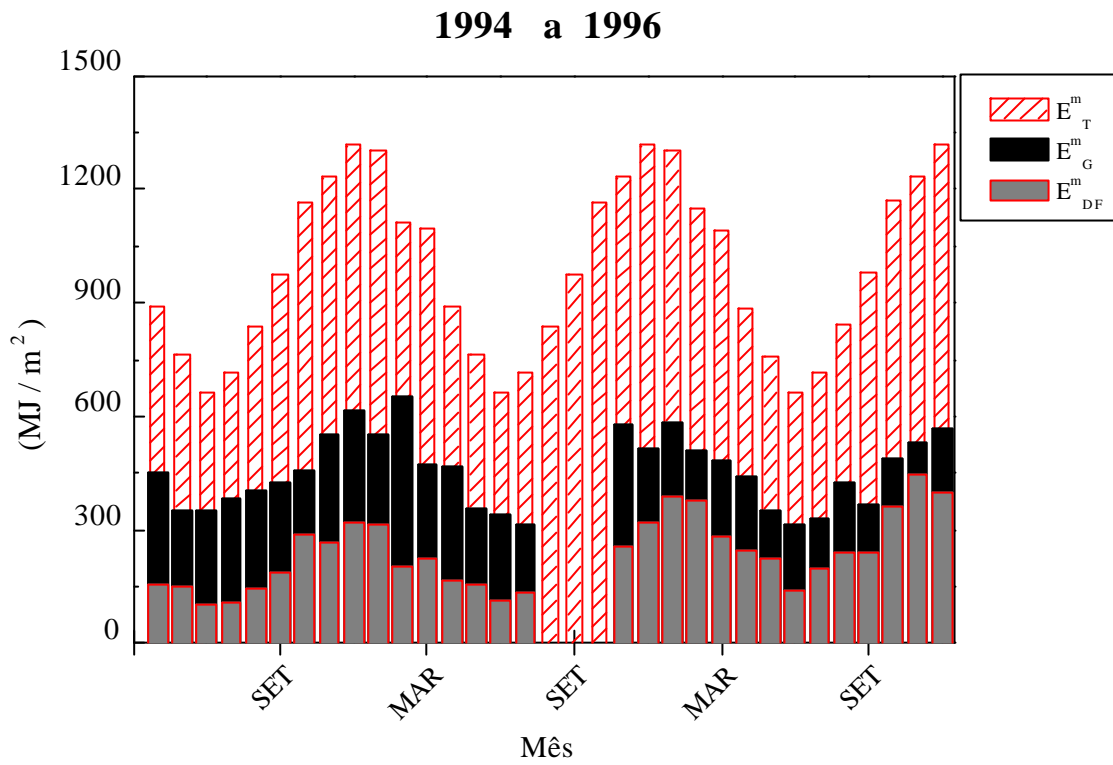


**Figura 6.1:** Evolução mensal dos totais diários de radiação solar no topo da atmosfera, global, difusa e direta na Cidade de São Paulo em dezembro de 2000.

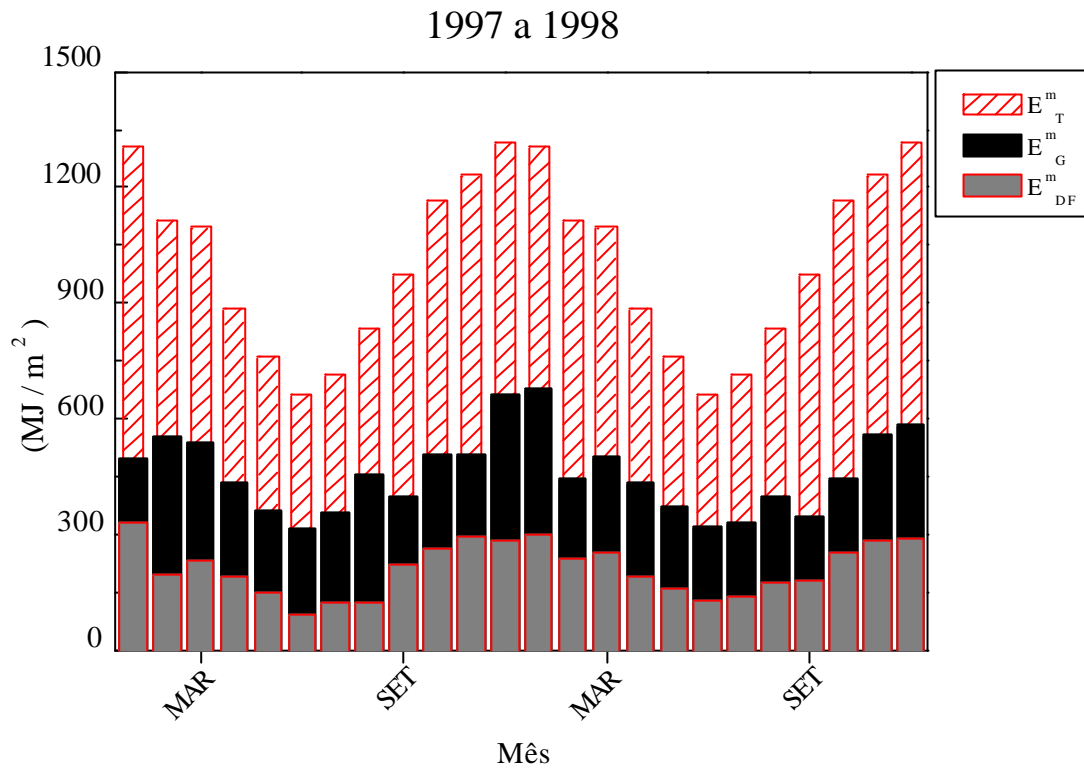


**Figura 6.2:** Evolução mensal dos totais diários de radiação solar difusa observada (colunas) e modelada (quadrados) na Cidade de São Paulo em dezembro de 2000. O polinômio usado no cálculo de radiação difusa modelada está indicado na Tabela 6.1.

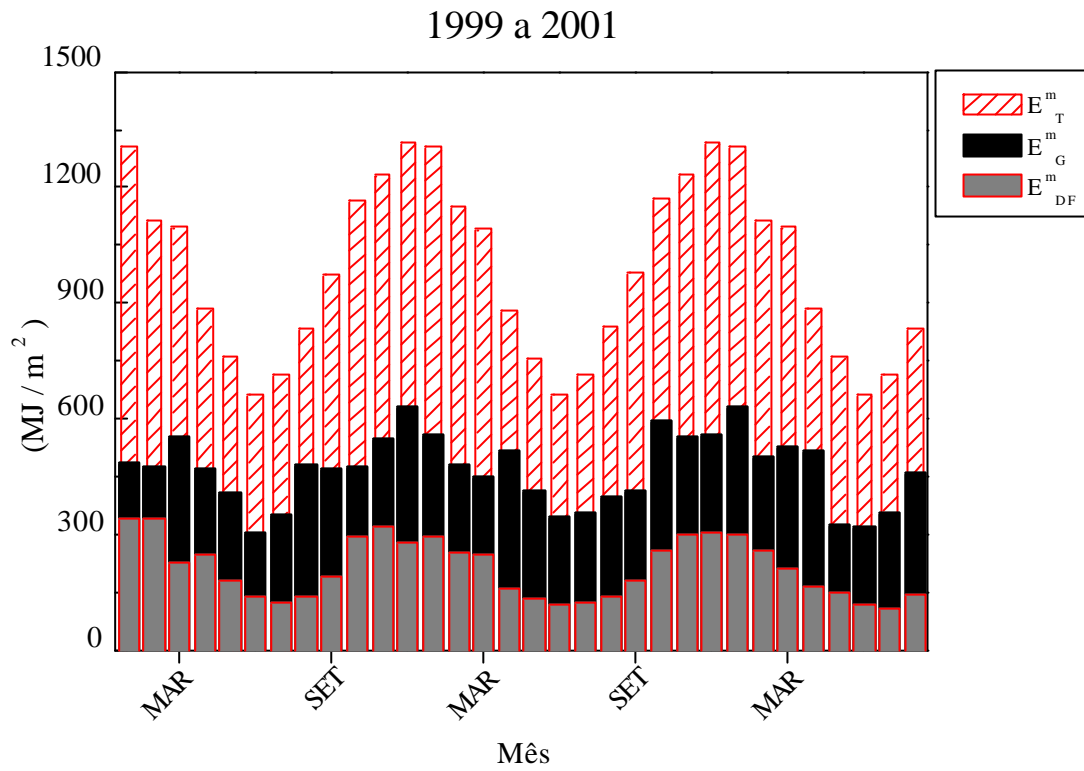




**Figura 6.3:** Evolução temporal dos totais mensais de radiação solar global e difusa na superfície e radiação solar incidente no topo da atmosfera em São Paulo, entre abril de 1994 e dezembro de 1996.



**Figura 6.4:** Idem à Figura 6.3 para o período de janeiro de 1997 a dezembro de 1998.



**Figura 6.5:** Idem à Figura 6.3 para o período entre janeiro de 1999 e maio de 2001.

## 7. Dias de Céu Claro

Deu-se continuidade ao levantamento de dias de céu claro, atualizando-se até setembro de 2000 a Tabela 3.1 e as Figuras 7.2 e 7.3.

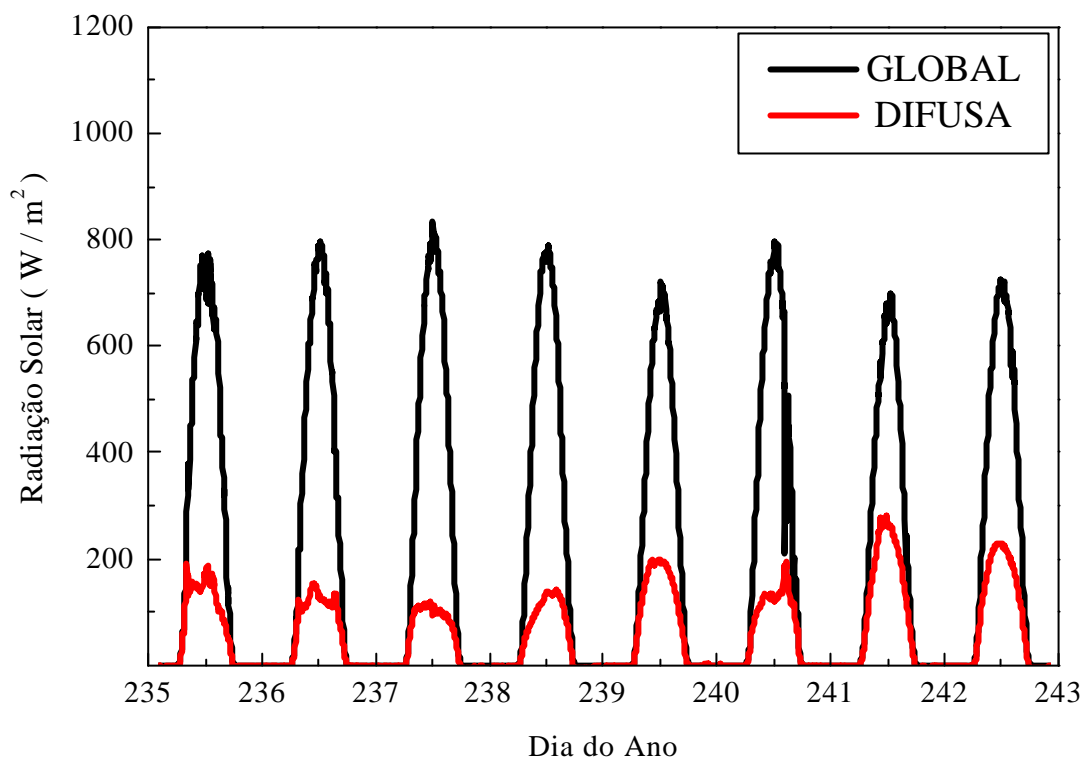
Na Figura 7.1 é apresentado um exemplo de semana com dias característicos de céu claro. Agora já são identificados 275 dias de céu claro dentro de um período de 2350 dias (26 de abril de 1994 a 30 de setembro de 2000).

Os meses de maio e abril continuam aparecendo como exceções, e os dias de céu claro na Cidade de São Paulo mantém uma distribuição de frequência aproximadamente gaussiana, com um máximo bem definido durante o período de inverno, em Agosto, agora com 58 dias (Figura 7.2, abaixo). No mês de abril ocorre agora 33 dias de céu claro enquanto que no mes de maio somente 22 dias. Deve ser ressaltado que estes resultados são representativos do período de 6 anos e 5 meses de observação, como indicado, pela distribuição de número de dias e de anos de dados usados nesta análise, na Figura 7.2, centro e acima, respectivamente.

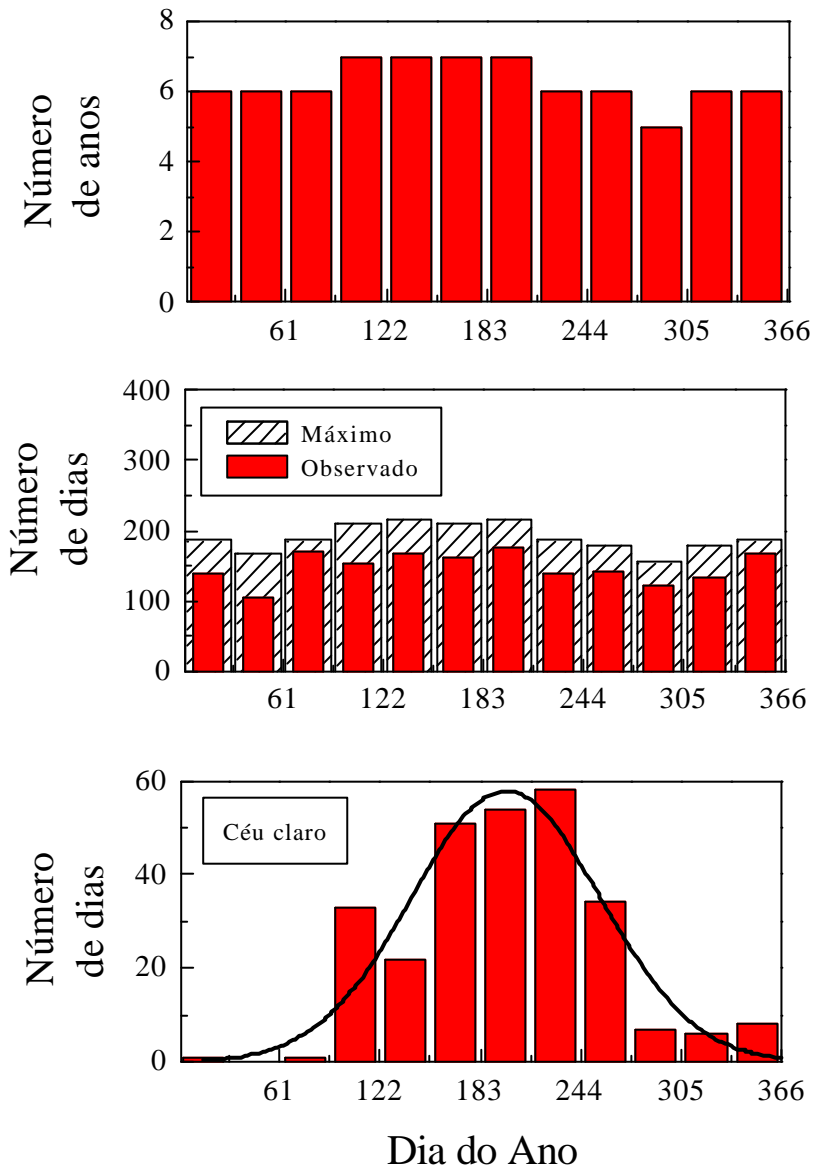
O histograma da distribuição dos dias de céu claro, pelas frações dos totais diários da radiação solar apresentados na Figura 7.3, continuam indicando uma distribuição bem definida em termos destas frações (Tabela 7.1). Pode-se verificar que nos dias de céu claro cerca de 80% da radiação global observada na superfície ainda é associada à componente direta (Figura 7.3, última abaixo).

**Tabela 7.1:** Valores médios das frações dos totais diários de radiação solar observados durante os 275 dias de céu claro em São Paulo.

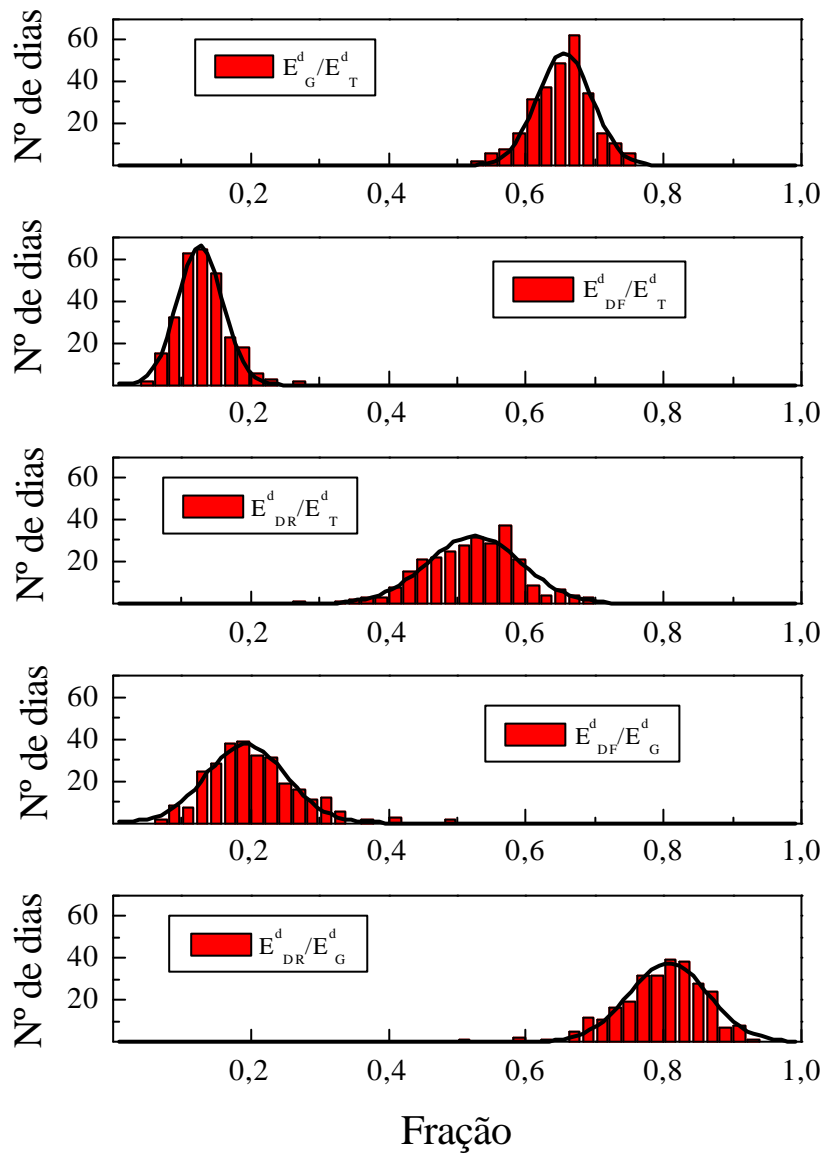
Parâmetro	Valor Médio
$\langle E_G^d / E_T^d \rangle$	$0.652 \pm 0.003$
$\langle E_{DF}^d / E_T^d \rangle$	$0.131 \pm 0.002$
$\langle E_{DR}^d / E_T^d \rangle$	$0.521 \pm 0.004$
$\langle E_{DF}^d / E_G^d \rangle$	$0.203 \pm 0.004$
$\langle E_{DR}^d / E_G^d \rangle$	$0.797 \pm 0.004$



**Figura 7.1:** Evolução temporal das irradiâncias solar global e difusa observadas durante os dias de céu claro entre 23 e 30 de agosto de 1999.



**Figura 7.2:** Distribuição da frequência do número de dias de céu claro na Cidade de São Paulo, em função da época do ano. Número total de dias de céu claro é igual a 275 dias, 11,7% do período.



**Figura 7.3:** Histograma número de dias sem nebulosidade em função das frações dos totais diários de radiação solar na Cidade de São Paulo entre abril de 1994 e setembro de 2000.

## **8. Radiação Atmosférica**

A parcela de radiação de onda longa da atmosfera que atinge a superfície terrestre na região da Cidade de São Paulo está sendo medida, desde setembro de 1997 na plataforma radiométrica do IAG/CUASO, com um pirgeômetro de fabricação da Eppley Inc. O desempenho deste sensor foi avaliado em 2000 (agosto-outubro), indicando um pequeno aumento (5%) na constante de calibração em relação ao valor de fábrica obtido em 1990.

Um exemplo da evolução semanal da radiação atmosférica obtida com este pirgeômetro (8 e 15 de janeiro de 2001) em mostrado na Figura 8.1. Verifica-se nesta figura que a radiação atmosférica de onda longa varia entre 300 e 450 W/m<sup>2</sup> em resposta ao ciclo diurno de aquecimento devido a radiação solar.

### **8.1. Valor horário médio mensal de onda longa**

O programa que calcula os totais horários de radiação solar foi modificado para calcular também valores horários radiação de onda longa, temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica. Estes valores horários representam a média em um intervalo de 1 hora centrada no meio do intervalo (c:\..\radiação\horario\pirge\_hr.mdp).

Estes valores horários foram utilizados para calcular a pressão de vapor do ar, pressão de vapor de saturação do ar e a razão de mistura.

Estes parâmetros foram utilizadas na estimativa da radiação de onda longa a partir das expressões de Brunt e Idso descritas no item 8.1.

### **8.2. Valor diário médio mensal de onda longa**

Os valores totais diários da radiação atmosférica foram calculados (c:\..\radiação\diario\pirge\_dr.mdp). Neste programa foram também calculados médias mensais dos valores diários de temperatura do ar, umidade relativa e pressão atmosférica.

Estes valores foram utilizados para calcular a pressão de vapor do ar, pressão de vapor de saturação do ar e a razão de mistura médias diárias. Foi calculado também o total de água precipitável que devera ser comparada com o total de precipitação.



### 8.3 – Estimativa Empírica da Radiação Atmosférica da Superfície

Para condições de céu claro, a radiação de onda longa emitida pela atmosfera ( $L$ ) para baixo pode ser estimada na superfície através da expressão de Brunt:

$$L = (a_B + b_B \sqrt{e}) \sigma T^4 \quad (3)$$

onde  $\sigma$  a constante de Stefan – Boltzmann;  $a_B$  e  $b_B$  são constantes (Tabela 8.1);  $e$  é a pressão de vapor em mb;  $T$  é a temperatura do ar em K.

A expressão de Brunt (1932) é válida para valores de temperatura e umidade do ar obtidos no nível do abrigo meteorológico (1.5 m).

Uma forma mais simples de estimar a emissão de onda longa da atmosfera na superfície foi proposta por Idso e Jackson (1969):

$$L = \{a_I + b_I \exp[c_I (T - 273.15)^2]\} \sigma T^4 \quad (4)$$

onde  $\sigma$  a constante de Stefan – Boltzmann;  $a_I$ ,  $b_I$  e  $c_I$  são constantes (Tabela 8.2);  $T$  é a temperatura do ar em K.

### 8.4. Expressões de Brunt e Idson para a Cidade de São Paulo

Para verificar a validade das relações empíricas de Brunt e Idson, descritas acima, utilizou-se os valores médios horários de radiação de onda longa, temperatura e umidade relativa do ar observados em São Paulo nos dias de céu claro (Capítulo 7).

Foram selecionados 25 dias de céu claro, sendo 2 dias do ano 1997, 6 dias de 1998, 14 dias de 1999 e 3 dias do ano 2000. Os dias de céu claro foram determinados a partir do ciclo diurno das radiações solares global e difusa, utilizando-se como critério a ausência de flutuações na curva da evolução temporal destes parâmetros. Nas figuras 8.7 a 8.10 são apresentados exemplos de dias considerados com de céu claro nos períodos de verão, outono, inverno e primavera em São Paulo.

Nas figuras 8.2a e 8.2b são apresentados os diagramas de dispersão dos valores de radiação atmosférica de onda longa observada versus valores estimados pelas expressões de Brunt e Idso, usando-se os coeficientes originais (Brunt, 1932; Idso e Jackson, 1969) descritos nas Tabelas 8.1 e 8.2. Estes gráficos foram obtidos a partir dos valores horários de radiação de onda longa, temperatura do ar e pressão de vapor.

Nestas figuras verifica-se que, para os coeficientes disponíveis na literatura para as relações empíricas de Brunt e Idso (curva tracejada) não são válidas para estimar a radiação de

onda longa emitida pela atmosfera na região da Cidade de São Paulo. Nota-se também que as relações empíricas propostas por Idso e Jackson (curva tracejada em Figuras 8.2a e 8.2b) superestimam a emissão atmosférica de forma sistemática. Os coeficientes das relações empíricas de Brunt e Idso obtidos a partir do ajuste linear são indicados nas Tabelas 8.1 e 8.2 (na coluna “valor calculado céu claro”).

Deve ser ressaltado que uma parte da discrepância encontrada nesta comparação pode ser devida às limitações na definição usada para dia de céu claro. Por exemplo, nuvens do tipo cirrus ou alto stratus não produzem oscilações de alta frequência no ciclo diurno de radiação solar, entretanto podem alterar consideravelmente a quantidade de radiação solar difusa e de onda longa atmosférica que chega na superfície. A condição de céu claro usada nesta análise não garante ausência de nuvens durante o período diurno.

### **8.5 – Expressões de Brunt e Idson para a Cidade de São Paulo para o Períodos Diurno**

A condição de céu claro usada nesta análise não ser estendida para o período noturno, pois não existe garantia de ausência de nuvens durante a noite anterior, ou posterior, a um dia de céu claro.

Assim, para evitar os problemas associados a indefinição na determinação da presença de nuvens, os dados coletados durante o período noturno foram removidos da análise.

O conjunto de dados resultantes foram subdivididos em quatro classes: (a) período diurno; (b) período diurno no inverno; (c) período diurno no verão; (d) período diurno entre 10 a 16 horas no inverno.

As figuras 8.3 a 8.6 apresentam os diagramas de dispersão e as respectivas curvas ajustadas através dos dados (curva contínua) e as curvas coeficiente de literatura (curva tracejada). Os valores dos coeficientes das curvas ajustadas são apresentados nas Tabelas 8.1 e 8.2. Verifica-se que a dispersão diminui consideravelmente quando os dados coletados no período noturno e no verão não estão presentes (Figura 8.4). Esta redução torna-se maior se os dados coletados antes das 10 e depois das 16 horas também forem removidos (Figura 8.6). Comparativamente, os dias de céu claro verão apresentam uma grande dispersão (Figura 8.5).

### **8.6 – Validação das expressões de Brunt e Idso para São Paulo**

Nas Figuras 8.7 a 8.10 são apresentados a evolução diurna da radiação atmosférica de onda longa, da radiação solar, da temperatura, da umidade relativa do ar, da razão de mistura e da pressão de vapor observadas, em São Paulo, durante quatro dias de céu claro ocorridos no inverno (25 de agosto de 2001), outono (28 de maio de 2000), verão (23 de janeiro de 2000) e primavera (22 de outubro de 2000), respectivamente. São apresentadas

também a estimativa da radiação de onda longa utilizando os parâmetros determinados através do ajuste acima descrito (Tabelas 8.1 e 8.2).

Nota-se nestas figuras que a expressão de Brunt do verão (Tabela 8.1) se adapta melhor às observações no verão, outono e primavera (Figuras 8.8, 8.9 e 8.10). Enquanto que para o dia de inverno (Figure 8.7), a expressão de Brunt para o inverno (Tabela 8.1) é mais apropriada. As curvas para as Expressões de Idson (Tabela 8.2) não apresentam o mesmo grau de coincidência, com as observações, encontradas com as expressões de Brunt (Tabela 8.1). Na Tabela 8.3, verifica-se a correlação entre modelado (Brunt e Idso) e observado no período diurno aumenta consideravelmente de 0.08 (coeficientes de verão Brunt) a 0.67 (coeficientes de inverno durante o período das 10:00 as 16:00 horas). Na tabela 8.4, verifica-se que individualmente, os valores horários médios determinados a partir da expressão de Brunt também apresenta os maiores valores de correlação linear, variando de 0,86 (Figura 8.7a) a 0.79 no verão (Figura 8.9a). Curiosamente, a correlação linear para as expressões de Idson também apresenta uma alta correlação linear, variando de 0.85 no outono (Figura 8.8a) a 0.79 no inverno (Figura 8.7a).

Com base nesta análise conclui-se que expressão de Brunt é mais adequado do que a de Idso para estimar a radiação de onda longa media mensal a partir dos dados de temperatura e umidade do ar no nível de abrigo para Cidade de São Paulo. Para dias individuais ambas expressões indicam resultados similares.

**Tabela 8.1:** Parâmetros de Brunt obtidos para a Cidade de São Paulo, em cinco condições distintas.

$L = (a_B + b_B \sqrt{e}) \sigma T^4$						
Parâmetros	Valor da Literatura	Valor Calculado Céu claro	Valor Calculado Céu claro Diurno	Valor Calculado Céu claro Diurno Inverno	Valor Calculado Céu claro Diurno Verão	Valor Calculado Céu claro Diurno Inverno 10 às 16 h
$a_B$	0,56	0,54	0,55	0,58	0,68	0,58
$b_B$	0,064	0,055	0,056	0,043	0,028	0,046

Tabela 8.2: Parâmetros de Idso obtidos para a Cidade de São Paulo, em cinco condições distintas.

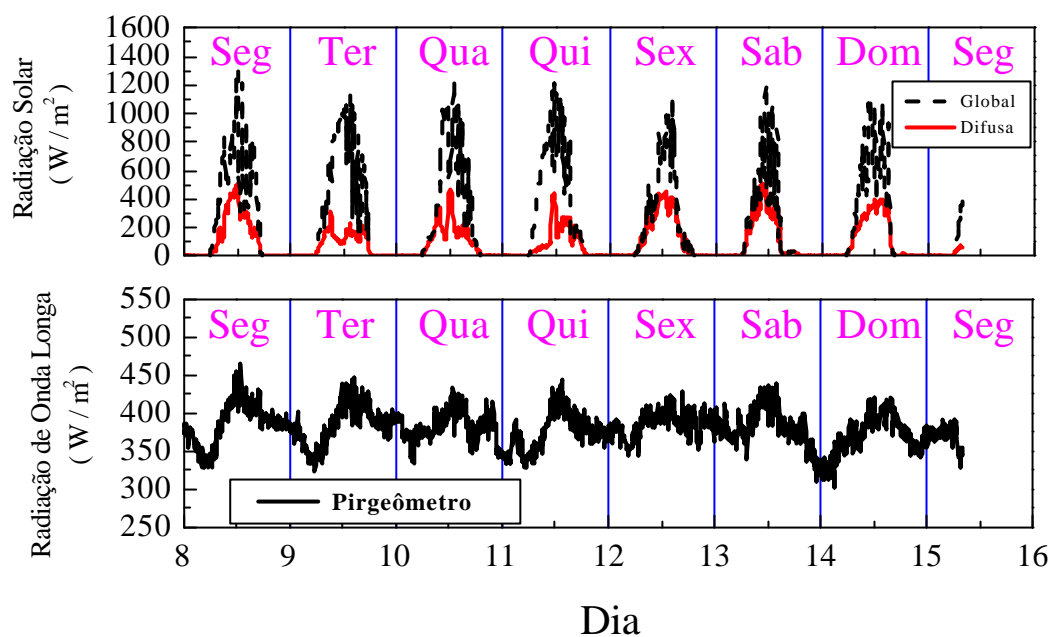
$L = \{a_I + b_I \exp[c_I (T - 273.15)^2]\} \sigma T^4$						
Parâmetros	Valor da Literatura	Valor Calculado Céu claro	Valor Calculado Céu claro Diurno	Valor Calculado Céu claro Diurno Inverno	Valor Calculado Céu claro Diurno Verão	Valor Calculado Céu claro Diurno Inverno 10 às 16 h
$a_I$	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	1,0
$b_I$	- 0,261	- 0,230	- 0,249	- 0,173	- 0,130	- 0,219
$c_I$	- 0,0008	- 0,0005	- 0,0004	- 0,0005	- 0,0008	- 0,0001

Tabela 8.3: Valores de  $\langle K_T^h \rangle$  e  $\langle K_T^d \rangle$  associados aos parâmetros de Brunt, obtidos para a Cidade de São Paulo.

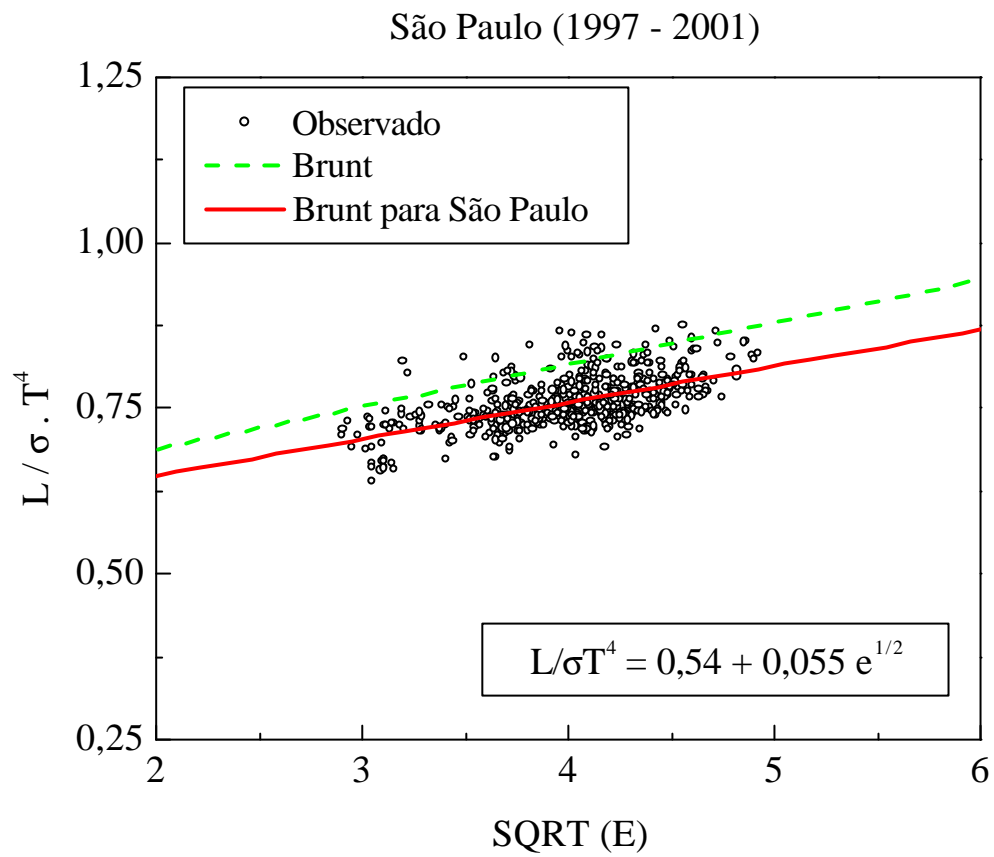
Situação	Correlação	$a_B$	$b_B$	nº de horas	$\langle K_T^h \rangle$	nº de dias	$\langle K_T^d \rangle$
Céu claro	0,33	0,54	0,055	419	$0,638 \pm 0,008$	36	$0,676 \pm 0,007$
Céu claro Diurno	0,37	0,55	0,056	410	$0,640 \pm 0,008$	36	$0,676 \pm 0,007$
Céu claro Diurno Inverno	0,44	0,58	0,043	207	$0,644 \pm 0,012$	19	$0,675 \pm 0,011$
Céu claro Diurno Verão	0,08	0,68	0,028	212	$0,632 \pm 0,011$	17	$0,677 \pm 0,010$
Céu claro Diurno Inverno 10 às 16 h	0,67	0,58	0,046	113	$0,708 \pm 0,007$	19	-

**Tabela 8.4:** Coeficiente de correlação linear para as expressões de Brunt e Idso para a Cidade de São Paulo nos dias de céu claro.

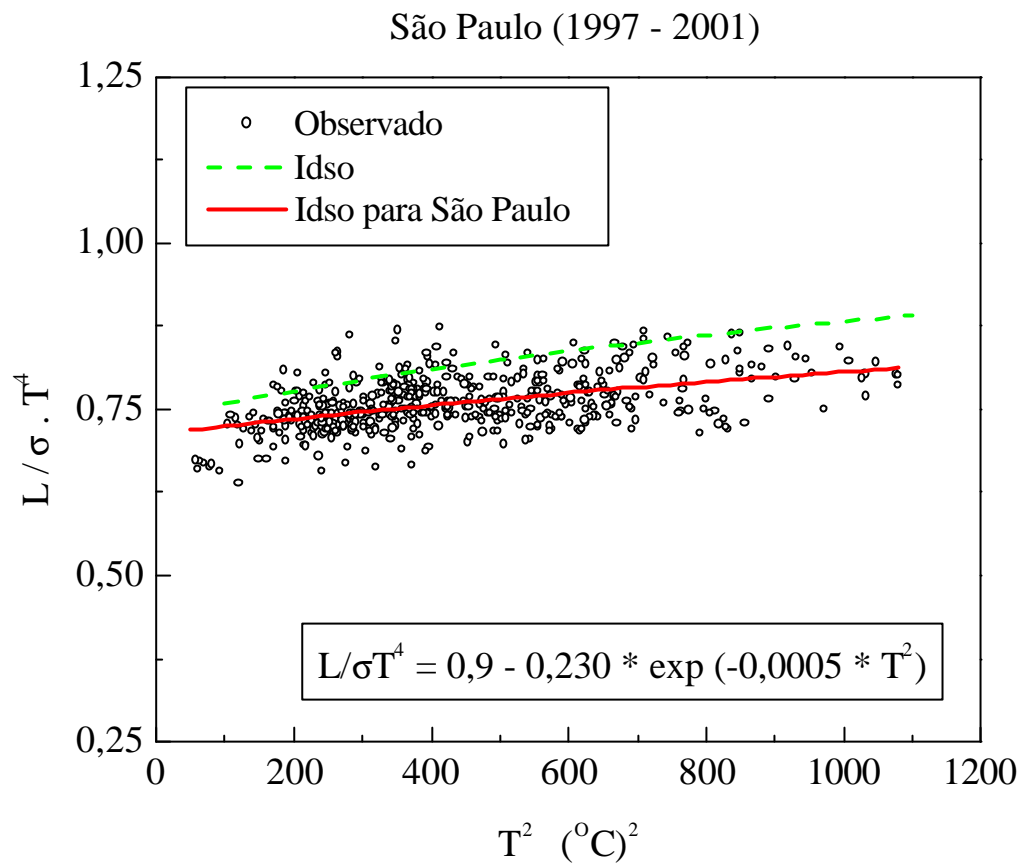
Dia	Figura	Estação do dia de céu claro	Coeficiente de Correlação Linear		Coeficientes utilizados nas expressões empíricas de Idso e Brunt
			Brunt	Idso	
25/08/01	8.7a	Inverno	0.86	0.79	Condições de Inverno - período 10-16:00 (Caso d)
28/05/00	8.8a	Outono	0.82	0.85	Condições de Verão - período diurno (Caso c)
23/01/00	8.9a	Verão	0.79	0.81	Condições de Verão - período diurno (Caso c)
22/10/00	8.10a	Primavera	0.80	0.83	Condições de Verão - período diurno (Caso c)



**Figura 8.1:** Evolução temporal da radiação solar (acima) e da radiação atmosférica (abaixo) obtida através de observações realizadas com o pirgeômetro, entre 8 e 15 de janeiro de 2001.

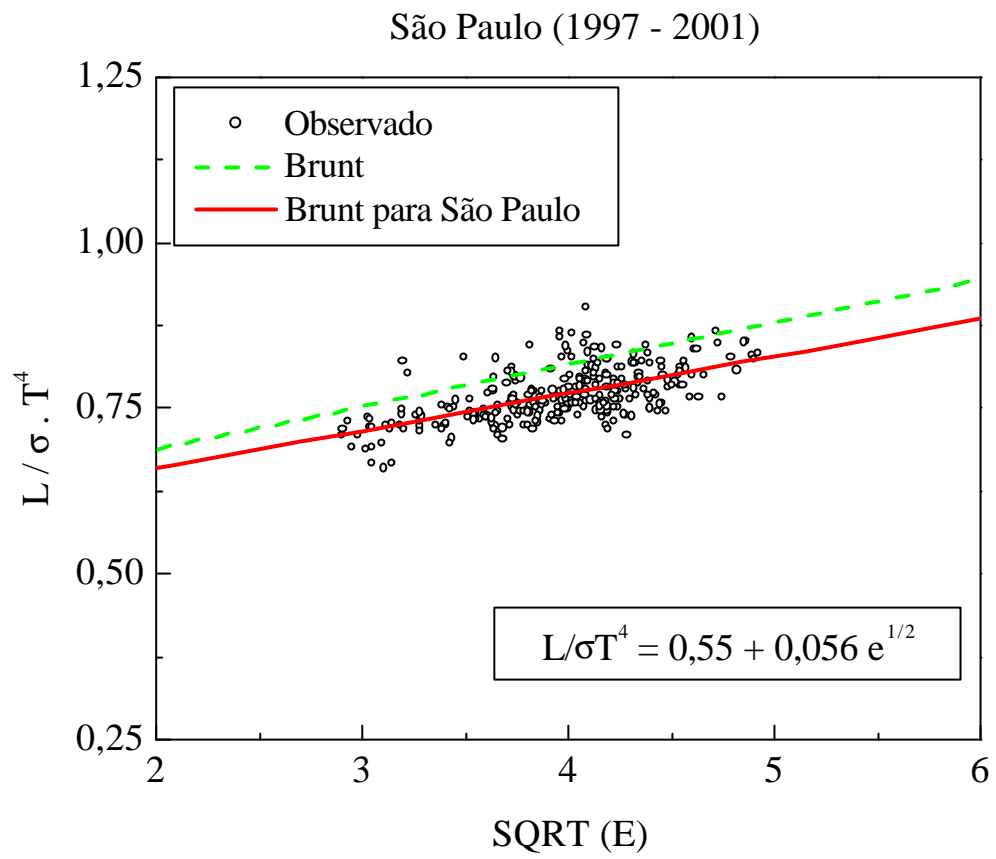


**Figura 8.2a:** Diagrama de dispersão entre os valores de emitância efetiva da atmosfera e a pressão de vapor observados, para os dias de céu claro.

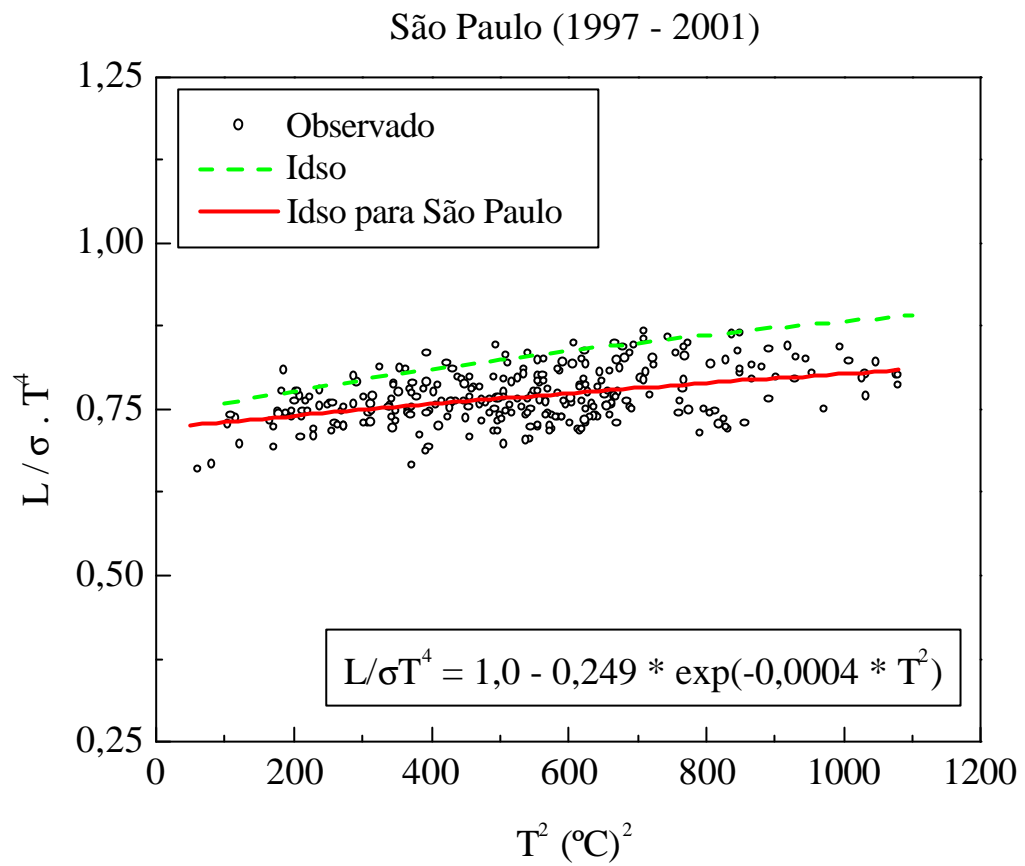


**Figura 8.2b:** Diagrama de dispersão entre os valores de emitância efetiva da atmosfera e a temperatura, para os dias de céu claro.

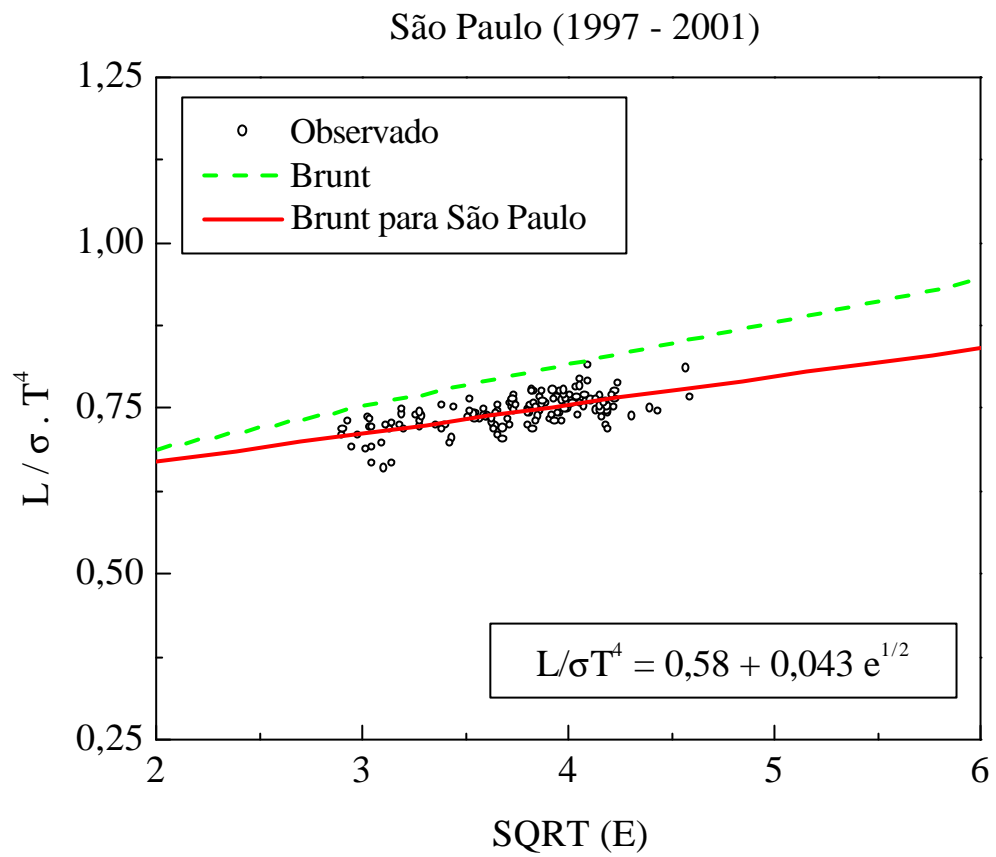




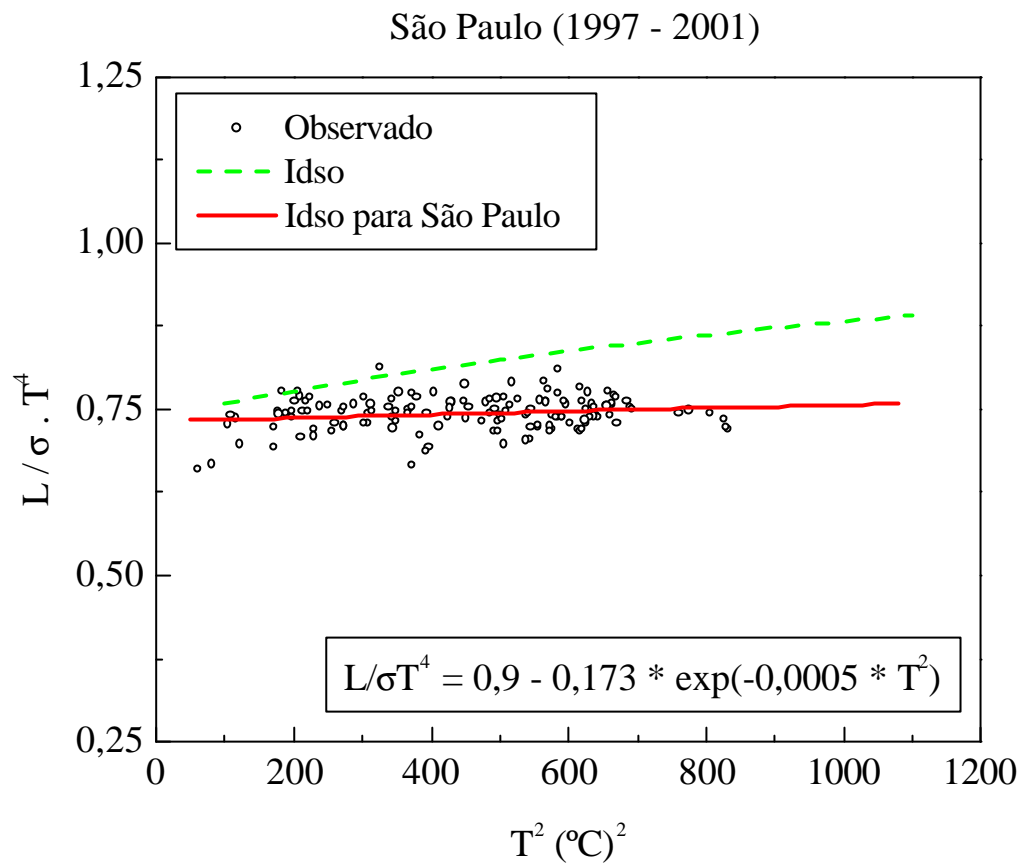
**Figura 8.3a:** Idem à Figura 8.2a, para os dias de céu claro, período diurno.



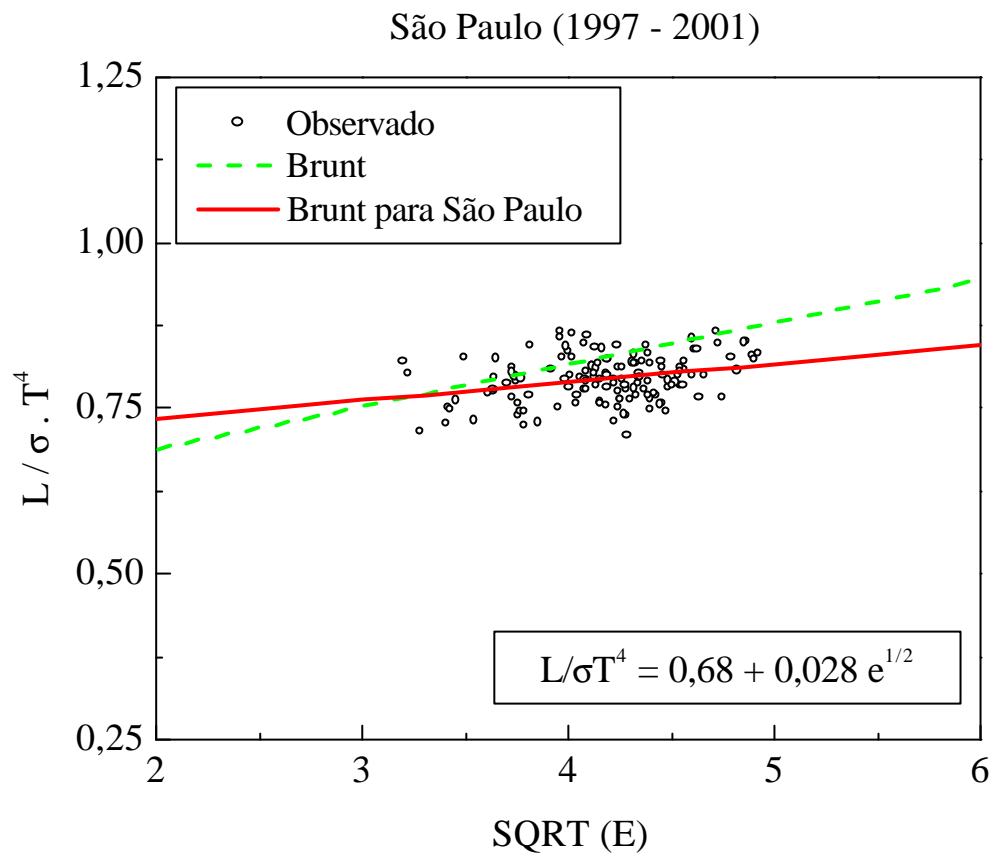
**Figura 8.3b:** Idem à Figura 8.2b, para os dias de céu claro, período diurno.



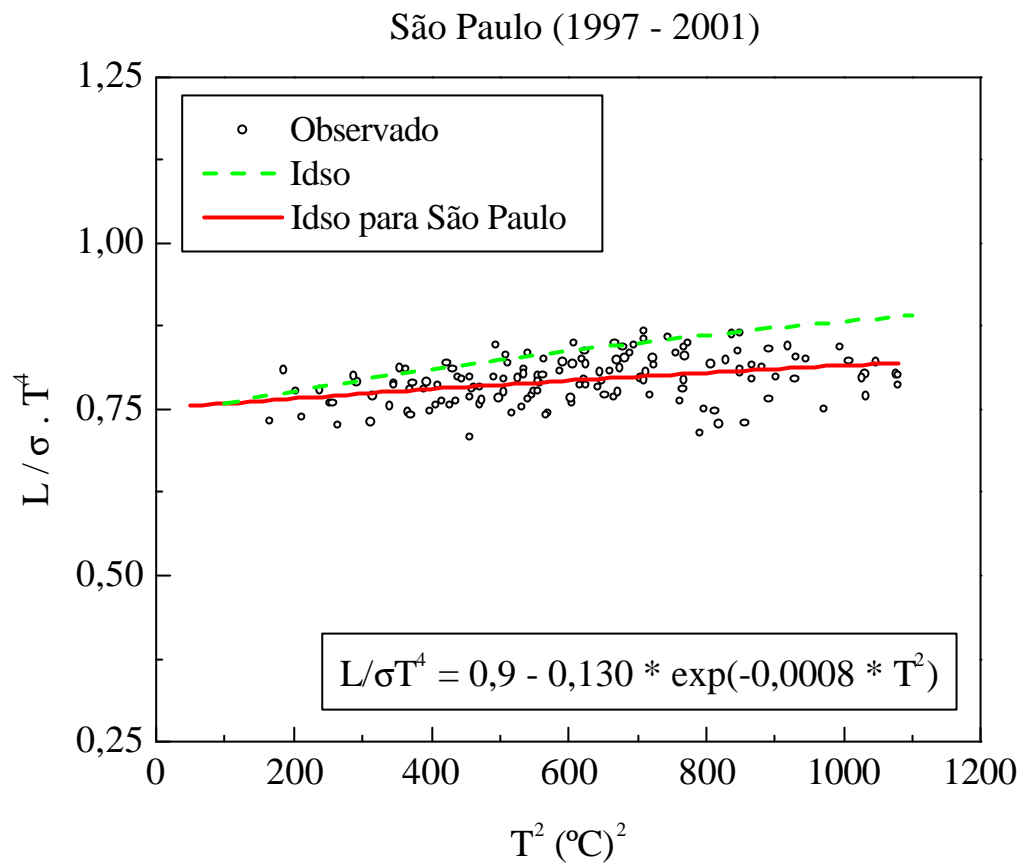
**Figura 8.4a:** Idem à Figura 8.2a, para os dias de céu claro de inverno, período diurno.



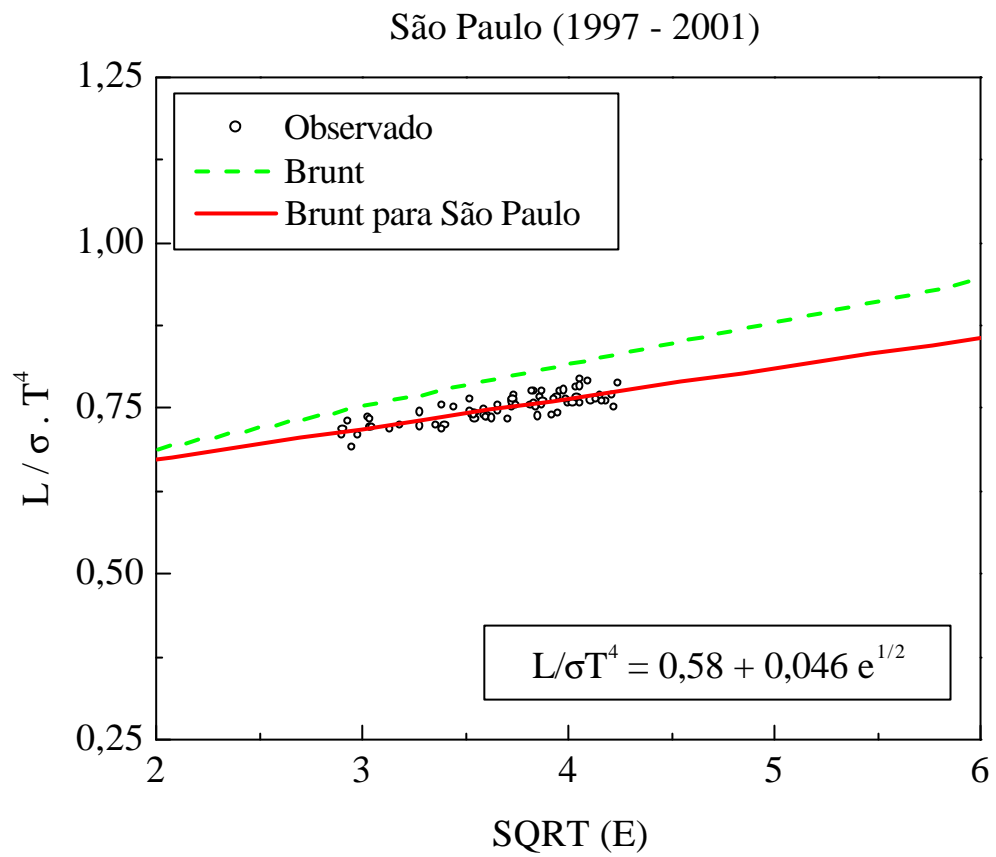
**Figura 8.4b:** Idem à Figura 8.2b, para os dias de céu claro de inverno, período diurno.



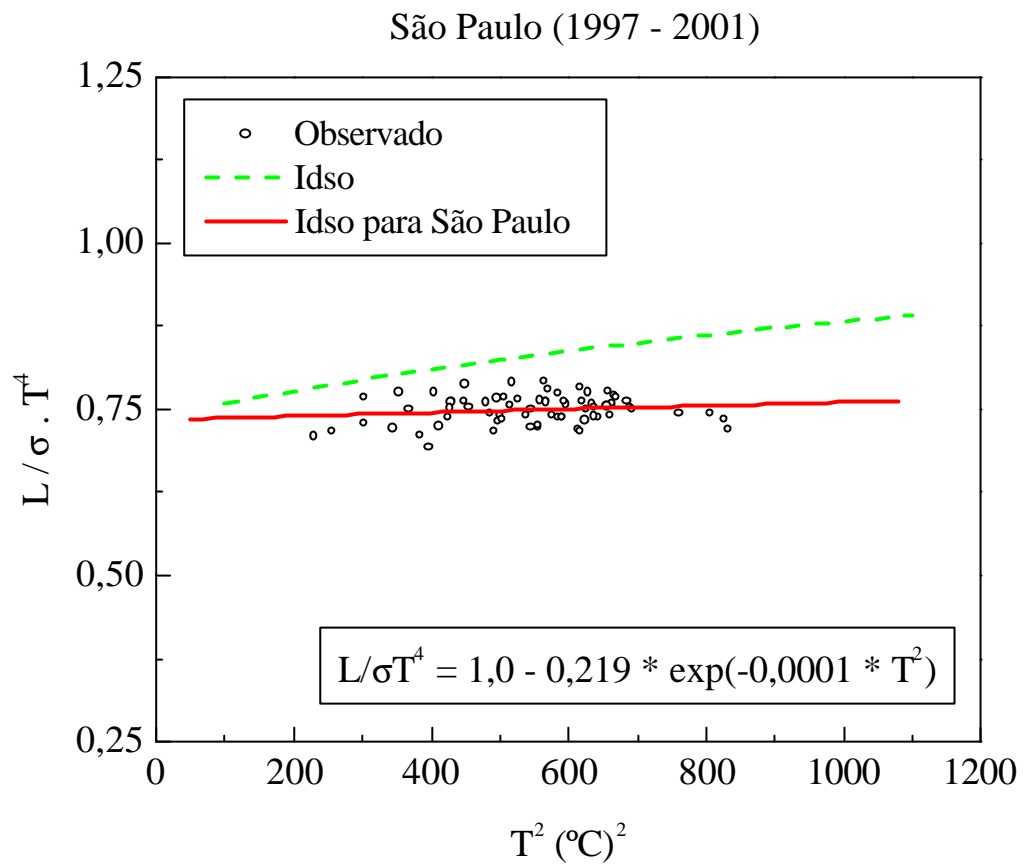
**Figura 8.5a:** Idem à Figura 8.2a, para os dias de céu claro de verão, período diurno.



**Figura 8.5b:** Idem à Figura 8.2b, para os dias de céu claro de verão, período diurno.

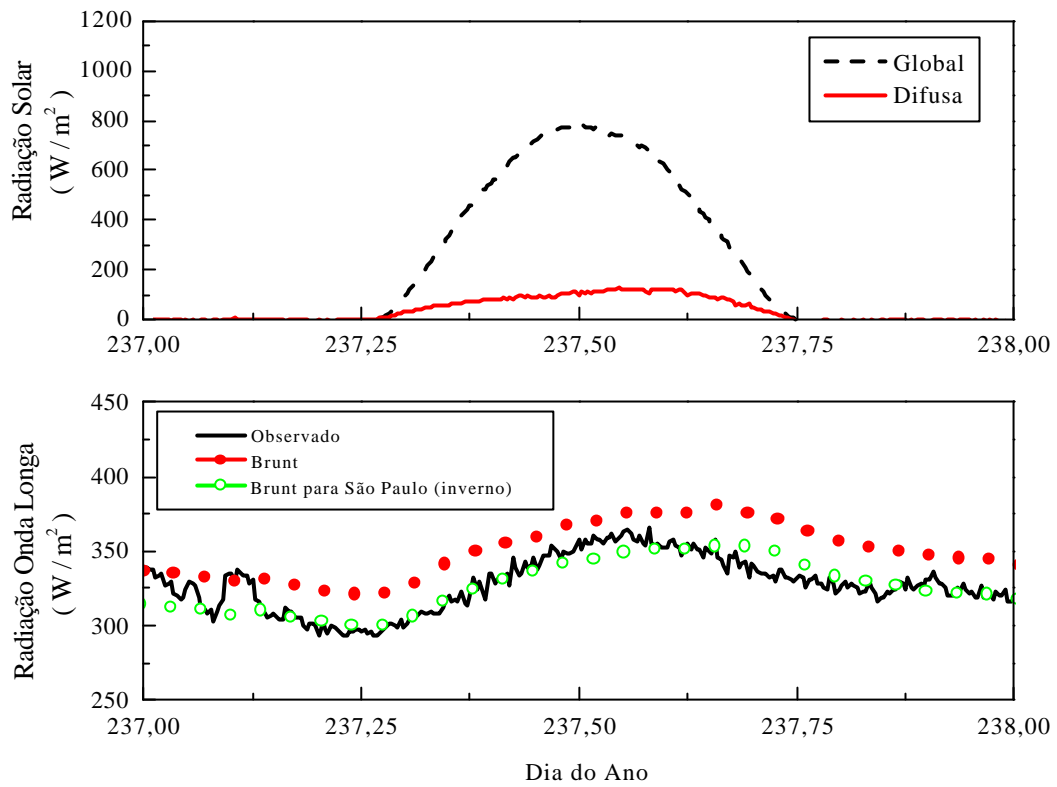


**Figura 8.6a:** Idem à Figura 8.2a, para os dias de céu claro de inverno, período diurno entre 10 e 16 h local.

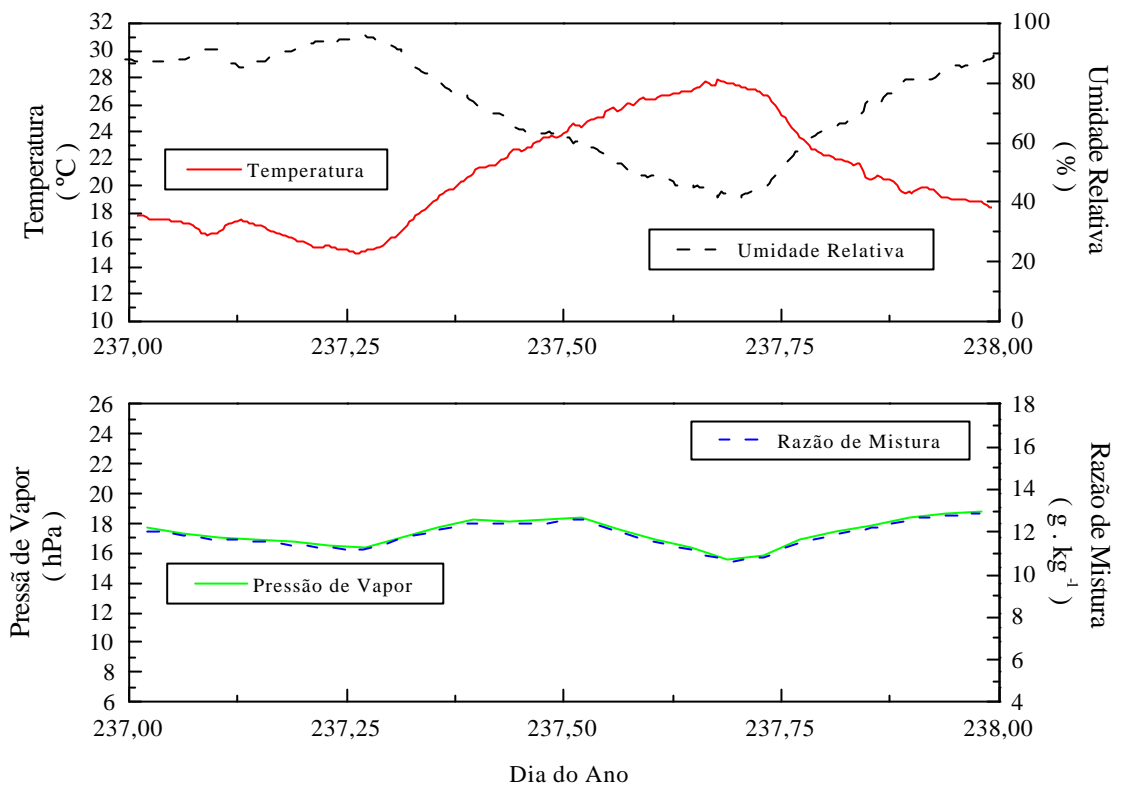


**Figura 8.6b:** Idem à Figura 8.2b, para os dias de céu claro de inverno, período diurno entre 10 e 16 h local.

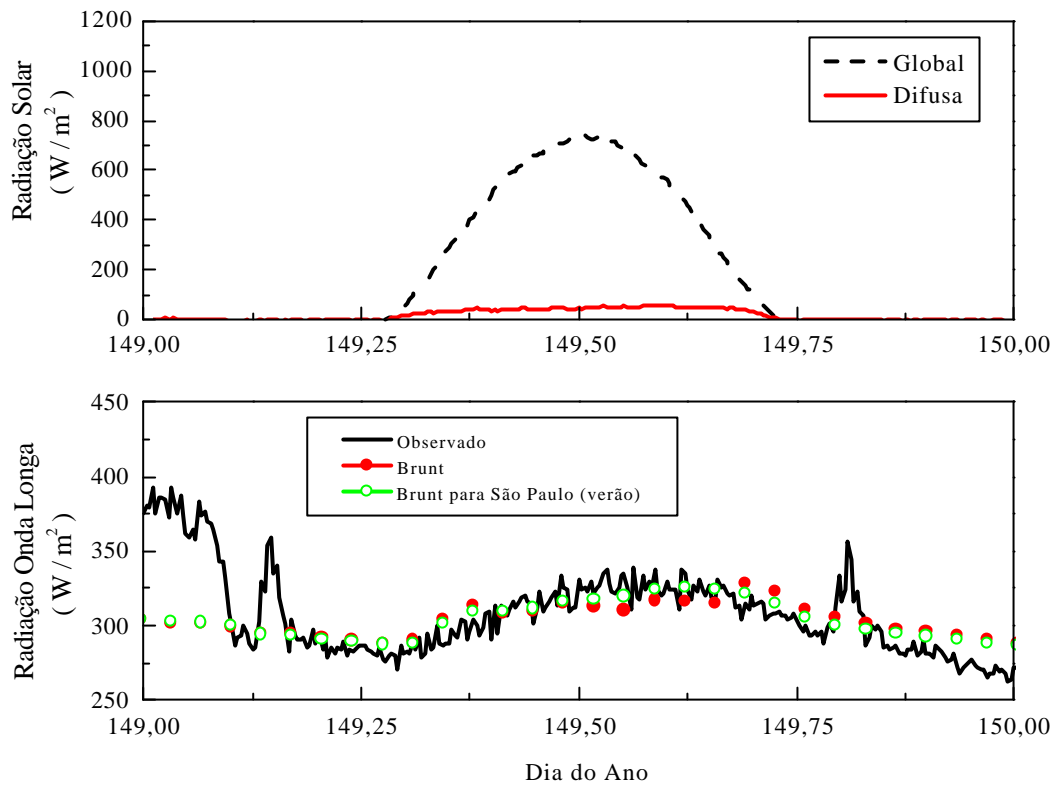




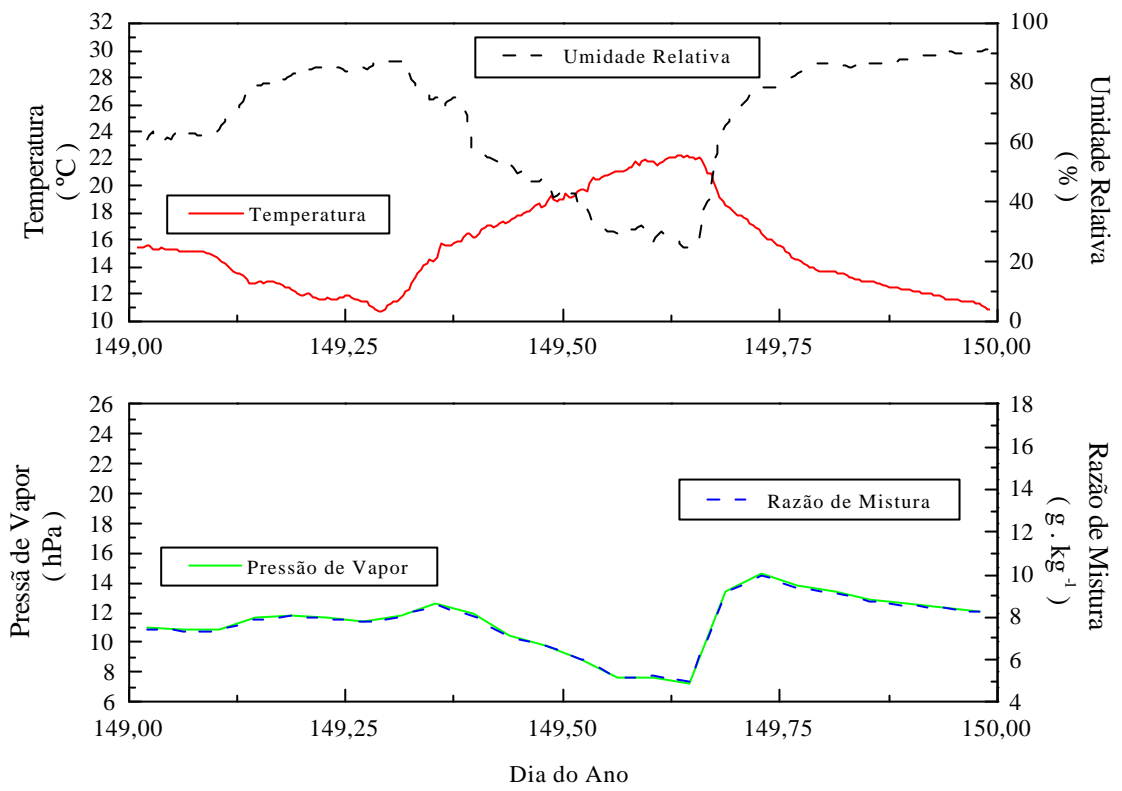
**Figura 8.7a:** Exemplo de evolução diária da radiação solar (acima) e da radiação atmosférica (abaixo) na cidade de São Paulo, em 25 de agosto de 2001, observada com o pirgeômetro (preto), estimada com os coeficientes de Brunt (vermelho) e estimada com os coeficientes propostos (verde).



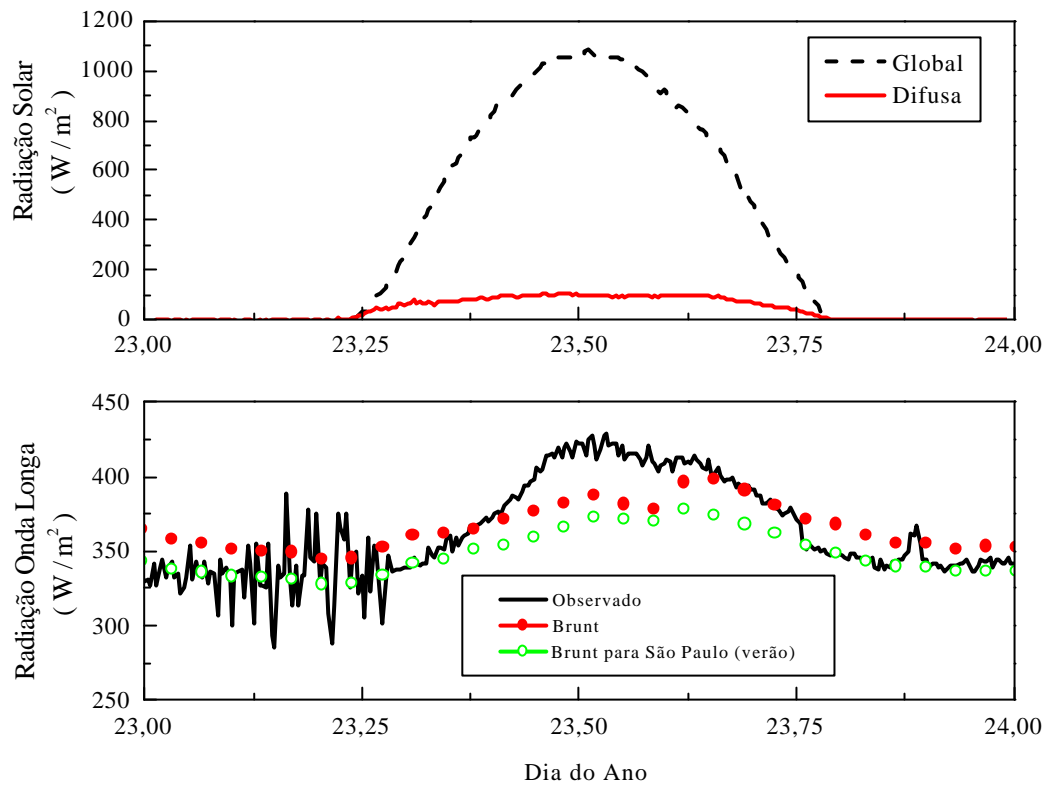
**Figura 8.7b:** Exemplo de evolução diária da temperatura e umidade relativa do ar (acima) e da razão de mistura e pressão de vapor (abaixo) na cidade de São Paulo, em 25 de agosto de 2001.



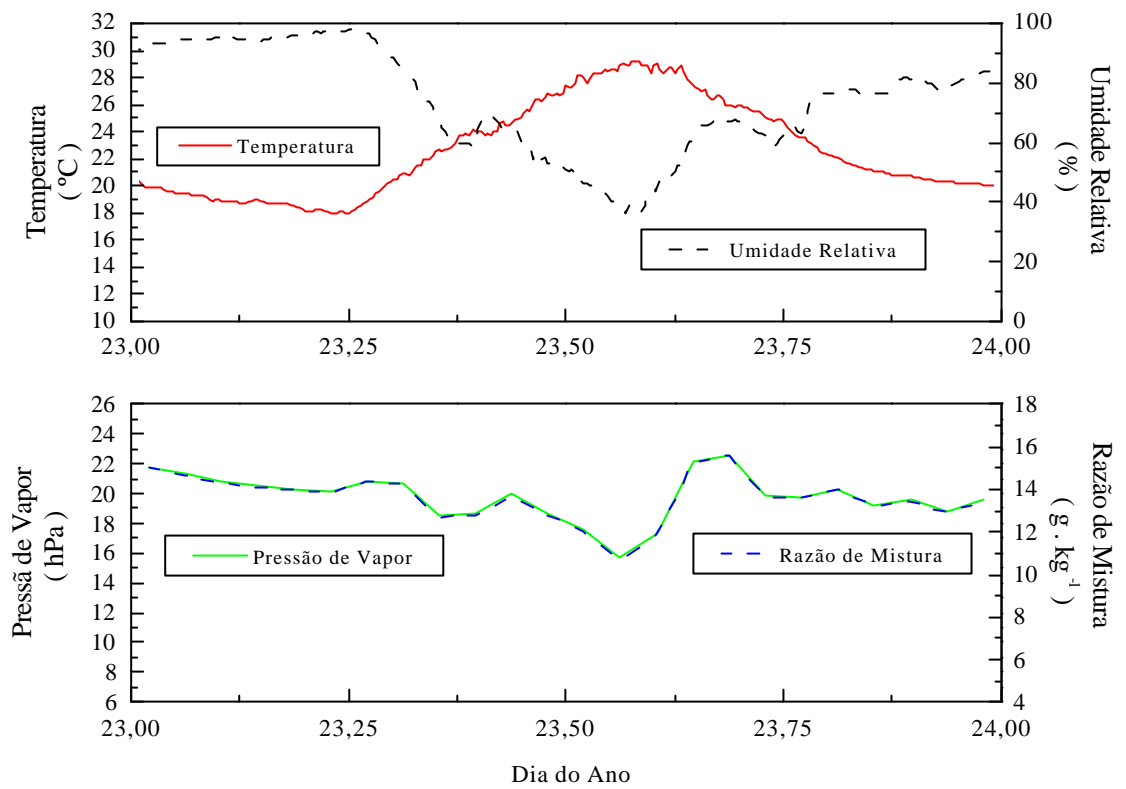
**Figura 8.8a:** Idem à Figura 8.7a, para o dia 28 de maio de 2000.



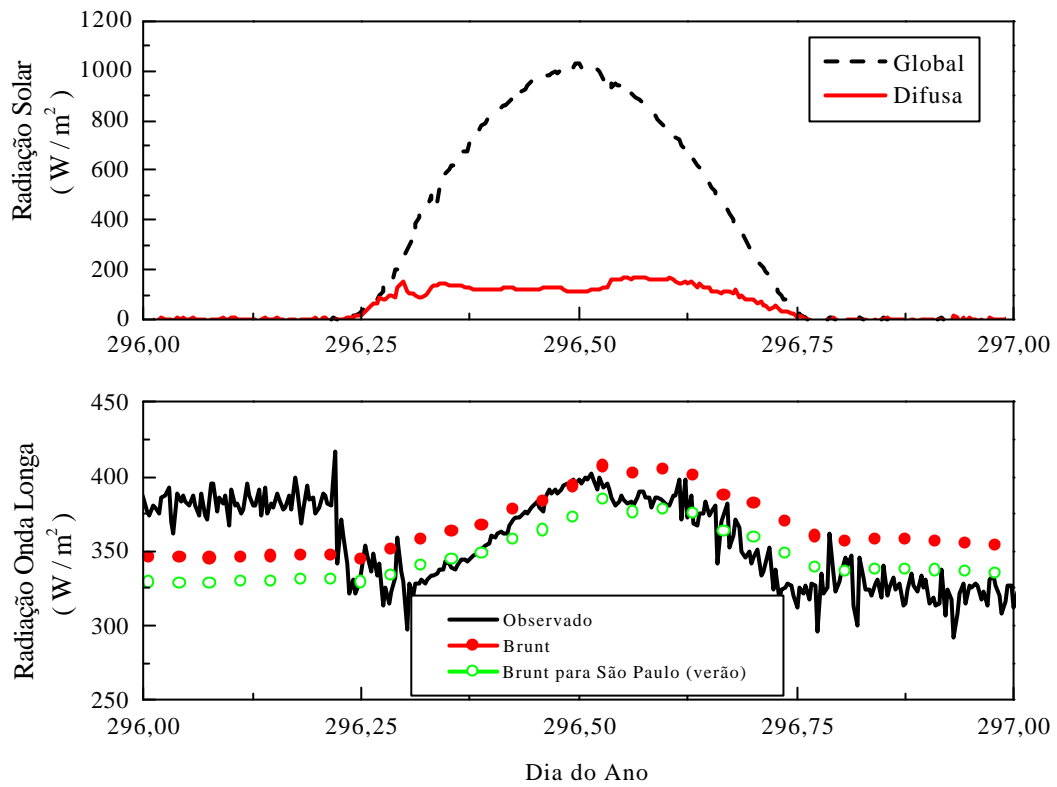
**Figura 8.8b:** Idem à Figura 8.7b, para o dia 28 de maio de 2000.



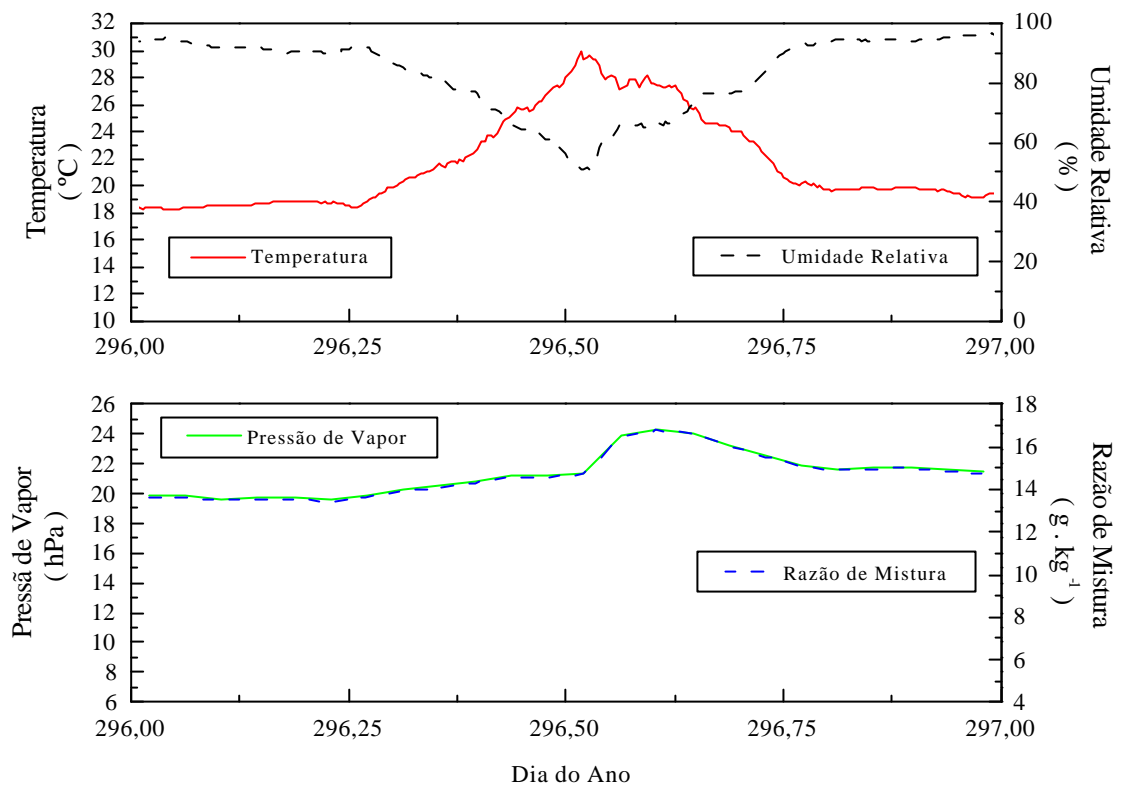
**Figura 8.9a:** Idem à Figura 8.7a, para o dia 23 de janeiro de 2000.



**Figura 8.9b:** Idem à Figura 8.7b, para o dia 23 de janeiro de 2000.



**Figura 8.10a:** Idem à Figura 8.7a, para o dia 22 de outubro de 2000.



**Figura 8.10b:** Idem à Figura 8.7b, para o dia 22 de outubro de 2000.



### **8.7. – Valores horários médios mensais**

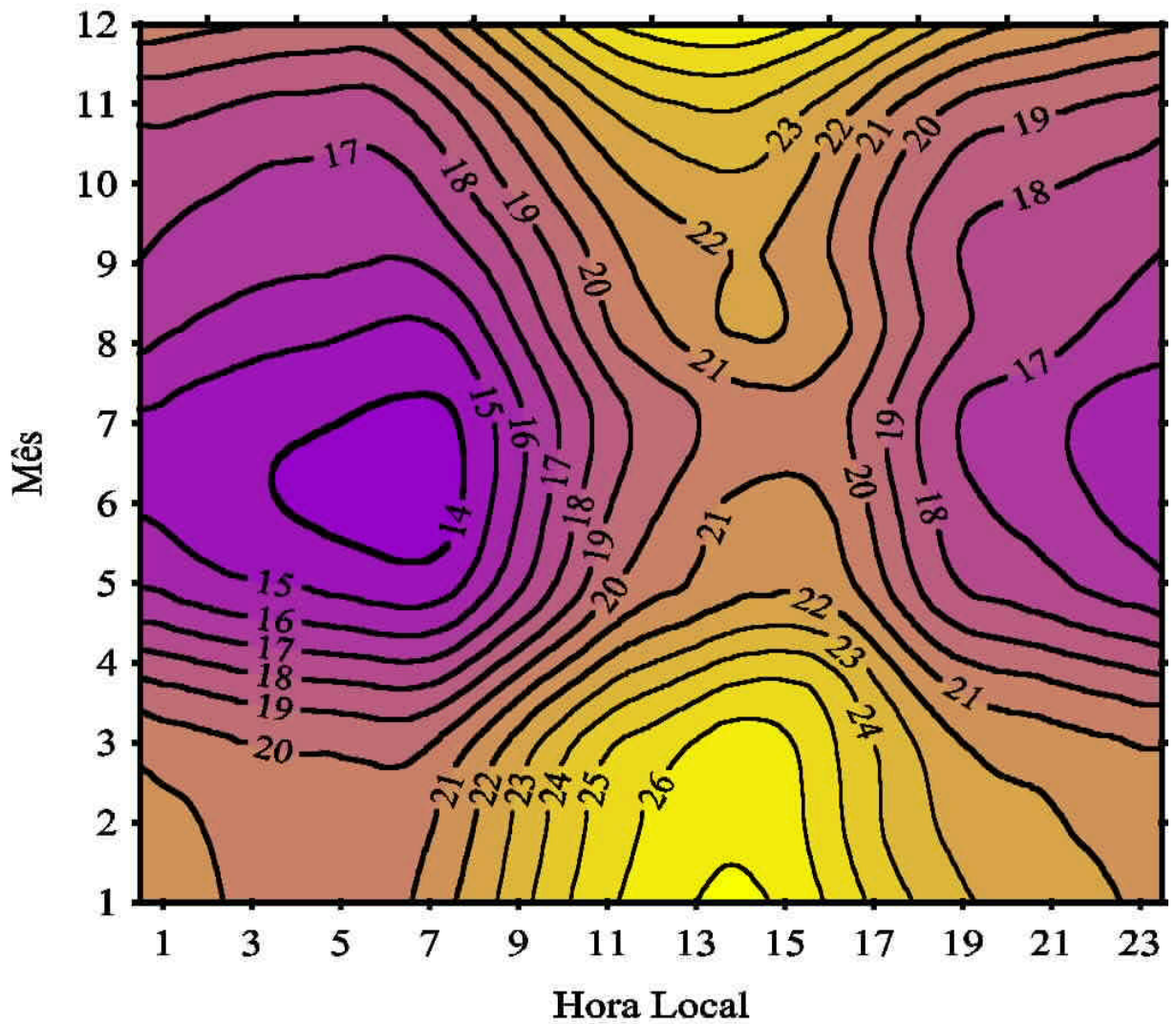
As Figuras 8.11 a 8.22 (Apêndice D) apresentam a evolução mensal das médias horárias da radiação atmosférica. As barras de erro equivalem ao erro relativo para cada média. Nos meses de verão a emissão de onda longa da atmosfera é consideravelmente maior do que em relação ao período de inverno. Isto se deve não apenas ao fato da temperatura do ar ser mais elevada e como também ao fato do conteúdo de vapor d'água ser maior. A presença de uma maior nebulosidade no verão também está contribuindo para os altos valores da radiação de onda longa neste período em São Paulo.

### **8.8. Variação Sazonal da Evolução Diurna Média Mensal**

A variação sazonal da evolução diurna média mensal da temperatura e umidade relativa do ar, da pressão atmosférica, pressão de vapor d'água e razão de mistura são apresentadas nas Figuras 8.23 a 8.28.

A isolinhas apresentadas nas Figuras 8.25 a 8.27, indicam que pressão de vapor d'água, à razão de mistura e à pressão atmosférica possuem uma variação sazonal superior a amplitude do ciclo diurno. A vapor d'água média mensal não apresentam um ciclo diurno no outono e na primavera (Figura 8.26).

A radiação atmosférica (Figura 8.28), apresenta um mínimo entre maio e junho da ordem de  $310 \text{ W/m}^2$ , no período da madrugada, e um máximo entre dezembro e fevereiro da ordem de  $410 \text{ W/m}^2$ , entre 11:00 e 14:00 horas.



**Figura 8.23:** Evolução temporal da média mensal da temperatura (°C) observada à superfície em São Paulo, entre 11 de setembro de 1997 e 30 de setembro de 2000.

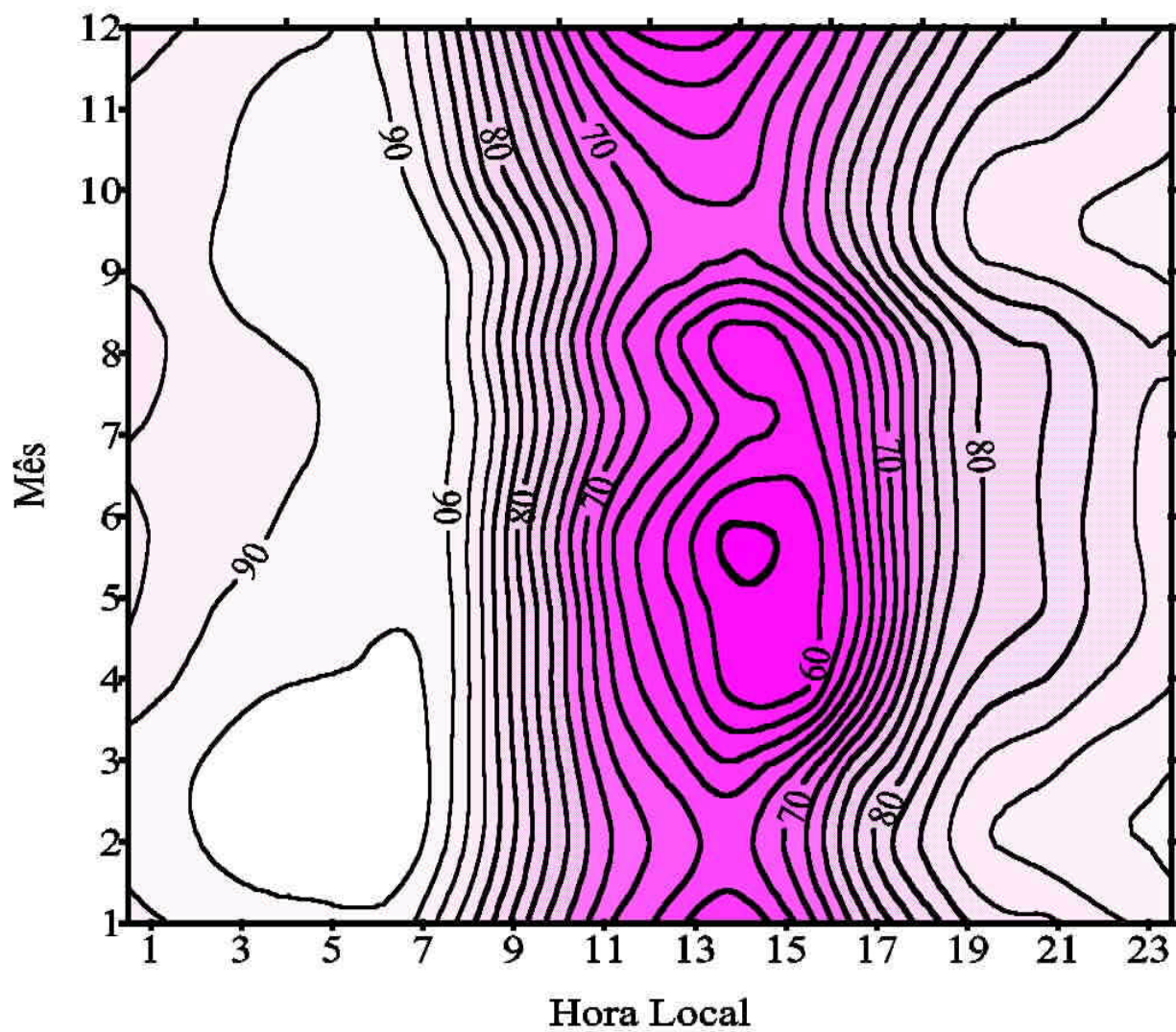


Figura 8.24: Idem à Figura 8.23, para a umidade relativa (%).



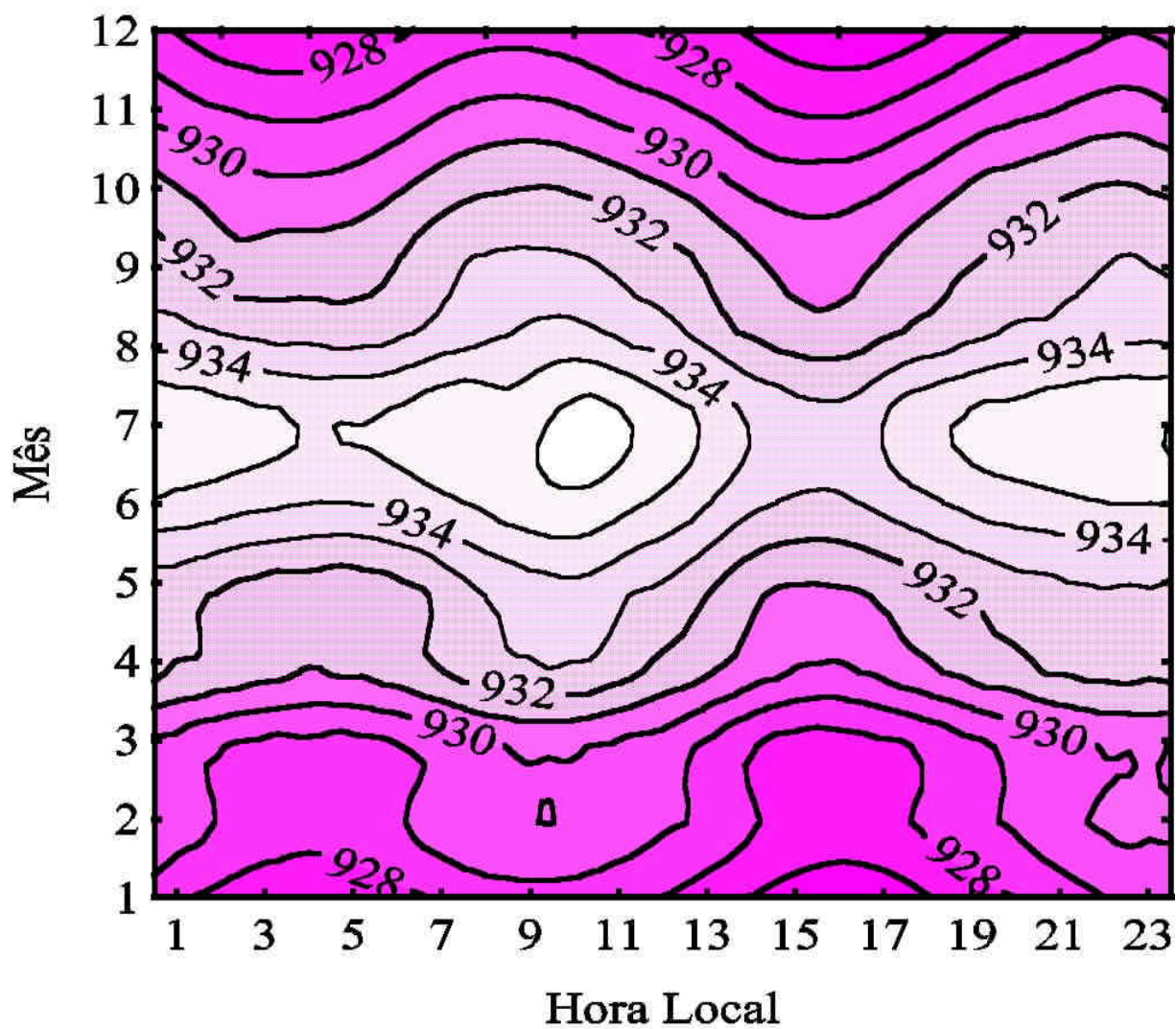


Figura 8.25: Idem à Figura 8.23, para a pressão atmosférica (hPa).

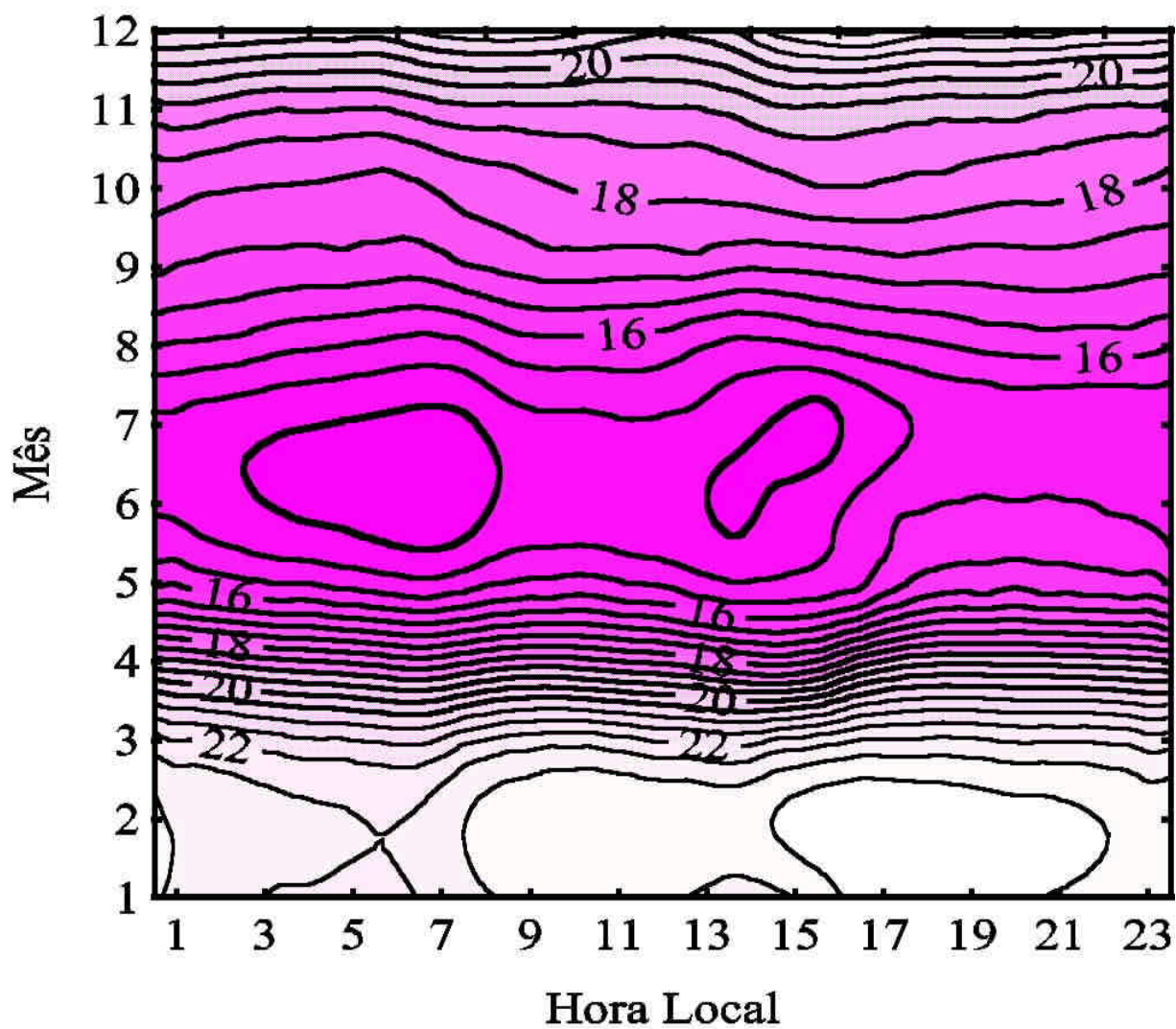


Figura 8.26: Idem à Figura 8.23, para a pressão de vapor d'água (hPa).

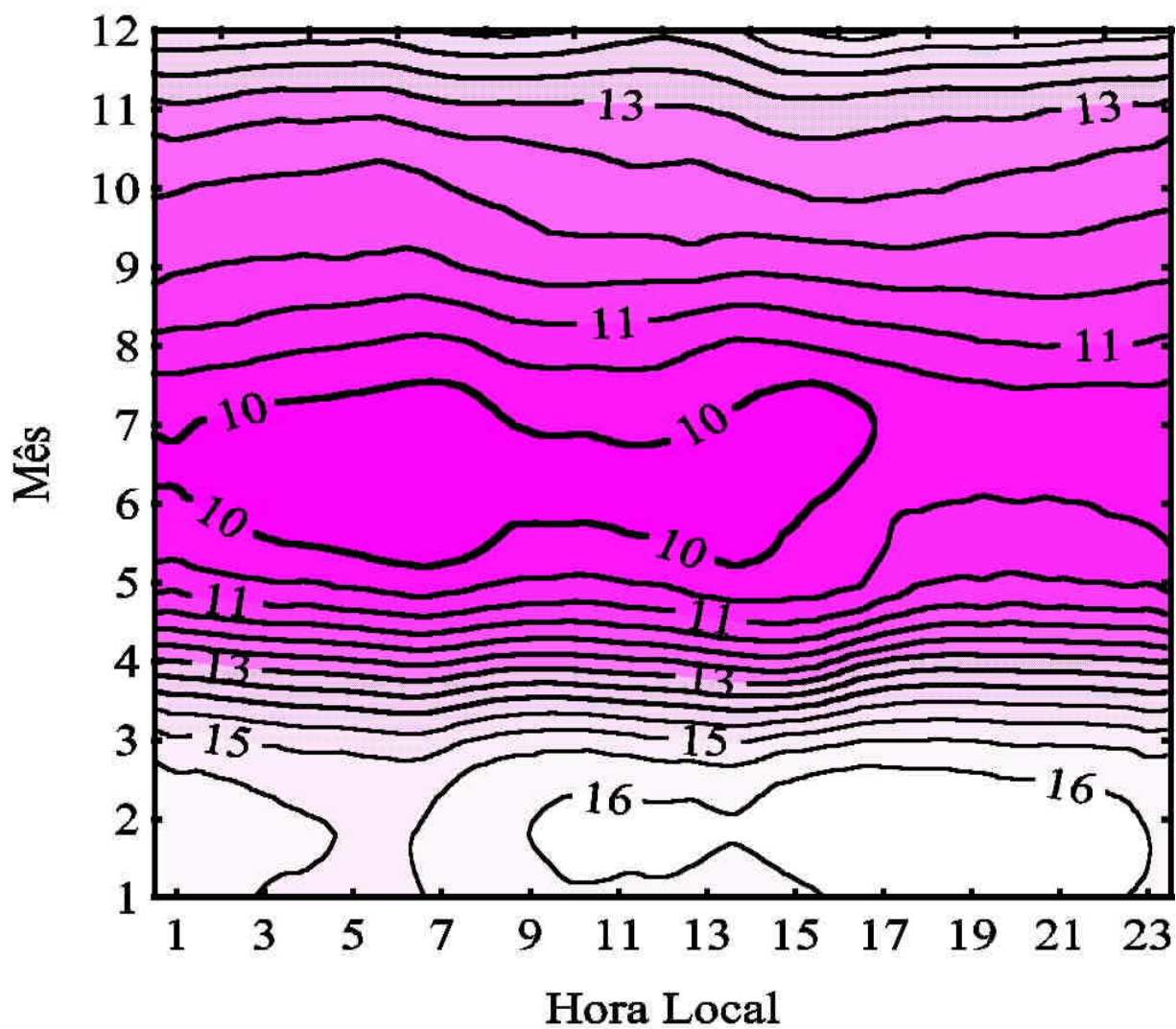
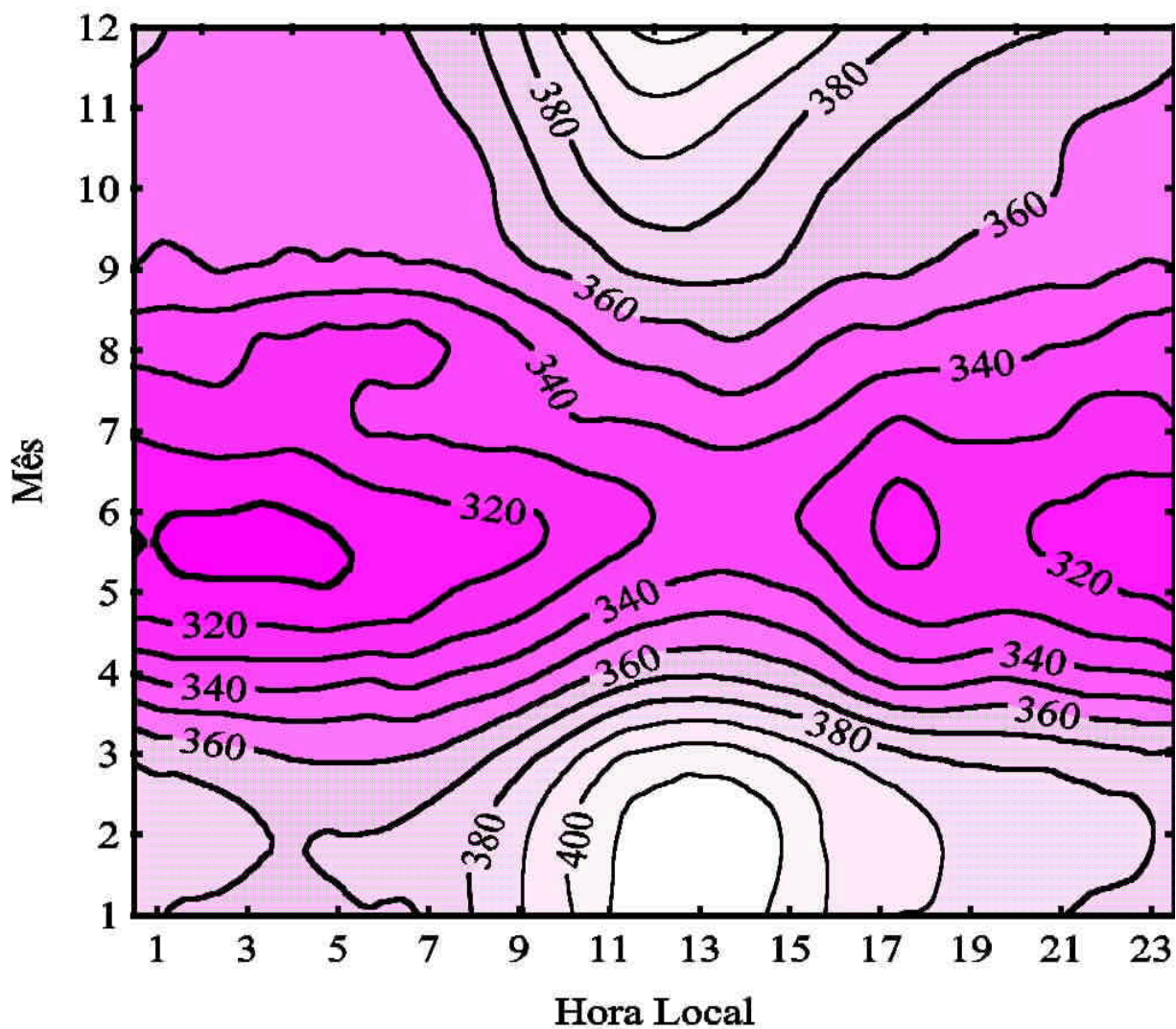


Figura 8.27: Idem à Figura 8.23, para a razão de mistura de vapor d'água ( $\text{g.Kg}^{-1}$ ).





**Figura 8.28:** Idem à Figura 8.23, para o total horário de radiação atmosférica ( $W.m^{-2}$ ) observada à superfície em São Paulo.

## **9. Variações Regionais em São Paulo**

Tendo em vista a grande extensão horizontal da Cidade de São, podemos encontrar dados climatológicos em pelo menos duas estações localizadas dentro da região urbana: Estação do IAG, Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (IAG-PEFI), situada no bairro da Água Funda, zona sul da cidade de São Paulo, e a Estação do INMET, Mirante de Santana (INMET-Santana), situada no bairro de Santana, zona norte. Em ambas as estações estão sendo feitas medidas contínuas desde 1933.

Nas Figuras 9.1 e 9.2 são apresentados os valores médios de temperatura e umidade relativa do ar na superfície, para o IAG-PEFI e INMET-Santana. Nestas figuras são apresentados também os valores médios, com as respectivas barras de erro relativo, da temperatura e umidade relativa do ar observados na plataforma micrometeorológica instalada no Campus USP da Cidade Universitária (IAG-CUASO)

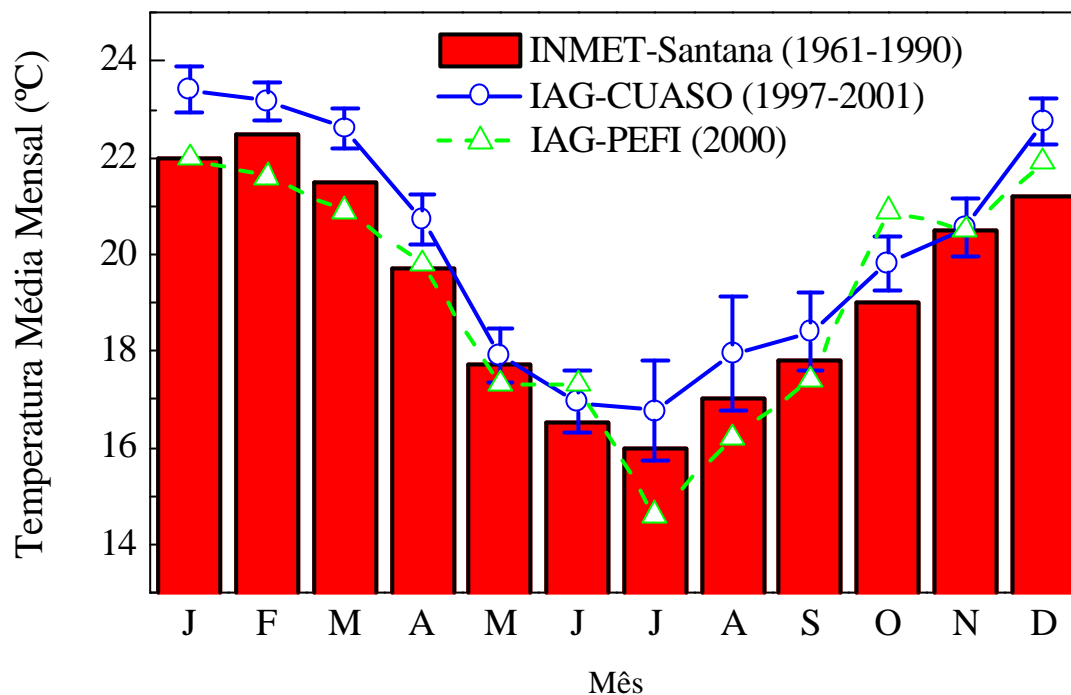
Os dados do INMET foram obtidos sem os respectivos erros estatísticos, acessando-se o seu banco de dados disponível na rede INTERNET (INMET, 2001). As observações do INMET-Santana são realizadas em uma estação meteorológica convencional, que segue as normas e padrões de instalação da OMM (Organização Meteorológica Mundial). Estas médias correspondem a uma série de 30 anos, compreendida entre 1961 e 1990. Os dados do IAG-PEFI também seguem estas mesmas normas, entretanto correspondem a uma série de 1 ano de observação (2000). Os valores médios correspondentes IAG-CUASO estão baseados em uma série de 3,75 anos, com observações contínuas entre setembro de 1997 e maio de 2001.

É interessante notar que a evolução sazonal da temperatura do ar observada nas três localidades não apresentam grandes discrepâncias (Figura 9.1), indicando que os dados observados no IAG-CUASO são bem representativos das características climáticas da cidade de São Paulo em uma escala regional. Verifica-se também que na Cidade Universitária (IAG-CUASO) as temperaturas são ligeiramente maiores nos meses de verão (Figura 9.1).

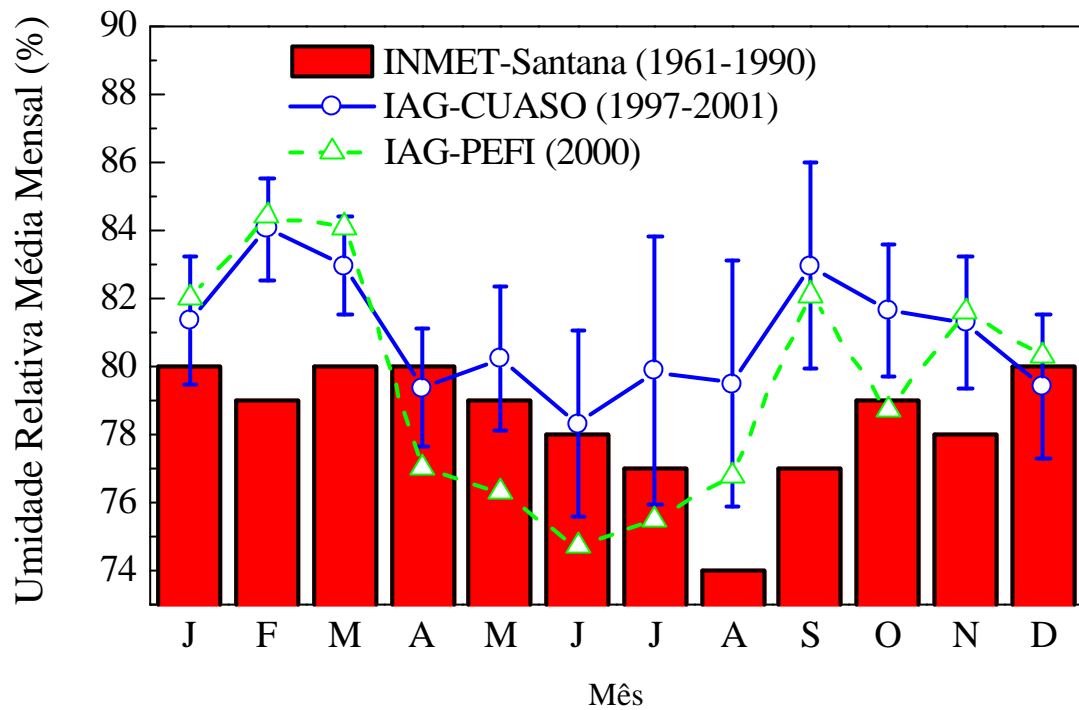
A umidade relativa do ar na Cidade Universitária é sistematicamente maior do que no INEMET Santana, no fim do verão e no decorrer da primavera. Respectivamente no fim e início da estação chuvosa na cidade de São Paulo (Figura 9.2).

Nas Figuras 9.3 e 9.4 são apresentados, respectivamente, os valores médios mensais da pressão atmosférica e precipitação no IAG-PEFI, IAG-CUASO e INEMET-Mirante. Os valores de pressão atmosférica no IAG – CUASO são sistematicamente 5 hPa maior do que nas outras estações. Esta diferença é devida ao fato do IAG – CUASO estar localizado a uma altitude de 50 metros abaixo das outras duas estações. O barômetro utilizado no IAG – PEFI situa-se a uma altitude de 799,5 m em relação ao nível do mar, próximo à serra do Mar, enquanto que o correspondente ao INMET-Mirante está a cerca de 800 metros acima do nível do mar, na serra da Cantareira. O IAG-CUASO está localizado a 744 m acima do nível médio do mar.

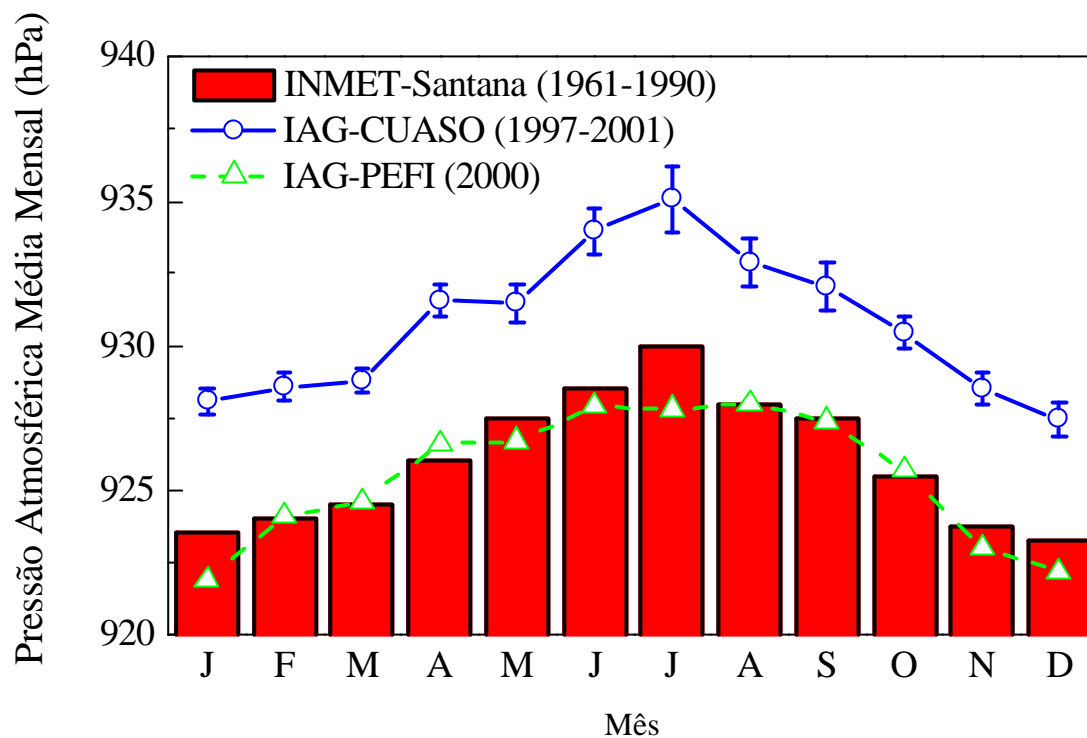




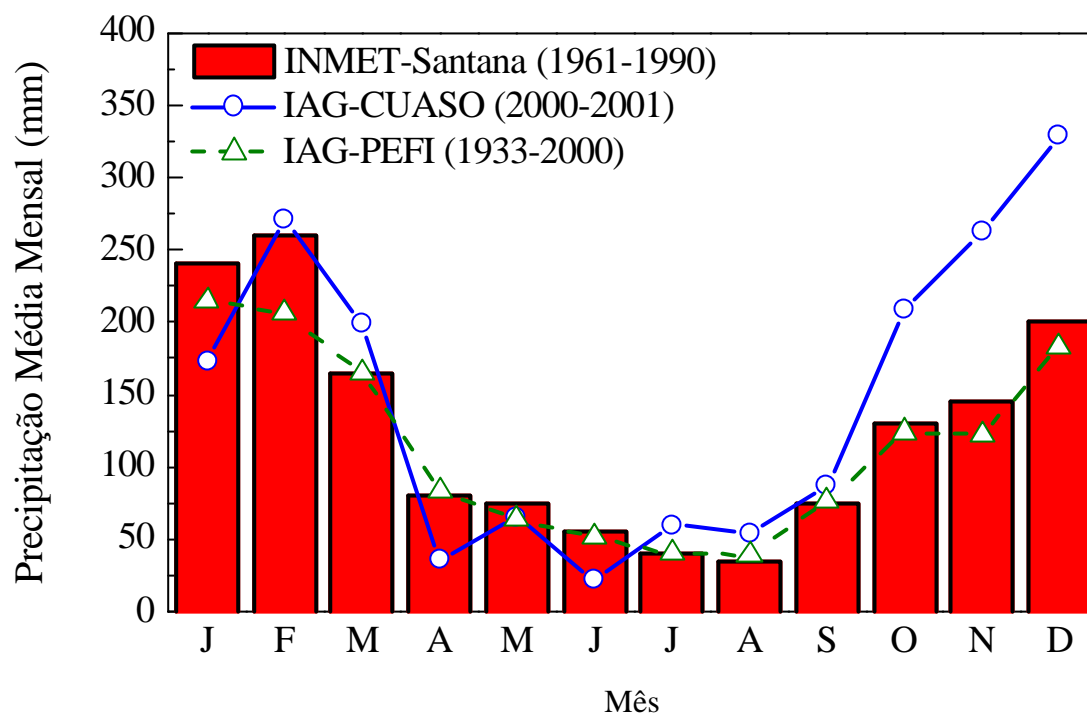
**Figura 9.1:** Distribuição anual da temperatura do ar média mensal em superfície para a cidade de São Paulo em três localidades, IAG-CUASO (círculo), INMET-Santana (coluna) e IAG-PEFI (triângulo).



**Figura 9.2:** Distribuição da umidade relativa do ar média mensal em superfície para a cidade de São Paulo em três localidades, IAG-CUASO (círculo), INMET-Santana (coluna) e IAG-PEFI (triângulo).



**Figura 9.3:** Distribuição da pressão atmosférica média mensal em superfície para a cidade de São Paulo em três localidades, IAG-CUASO (círculo), INMET-Santana (coluna) e IAG – PEFI (triângulo).



**Figura 9.4:** Distribuição da precipitação média mensal em superfície para a cidade de São Paulo em três localidades, IAG-CUASO (círculo), INMET-Santana (coluna) e IAG-PEFI (triângulo).

## **10. Precipitação**

O pluviômetro foi colocado em operação na plataforma micrometeorológica a partir de novembro de 1999, após um período de calibração.

Na Figura 10.1 é apresentada a evolução temporal da chuva na cidade de São Paulo durante um período de 114 dias, cobrindo os meses de janeiro a abril de 2000, observados na plataforma micrometeorológica do IAG-CUASO. Os valores indicados (barras verticais) nesta figura correspondem ao acumulado em intervalos de 5 minutos. Nesta figura observa-se que amplitude da intensidade da chuva (8 mm/5 min aproximadamente 96 mm/hora) apresenta um máximo relativo em fevereiro de 2000 (em torno dos dias do ano 59 e 60, 29 de fevereiro e 1 de março de 2000).

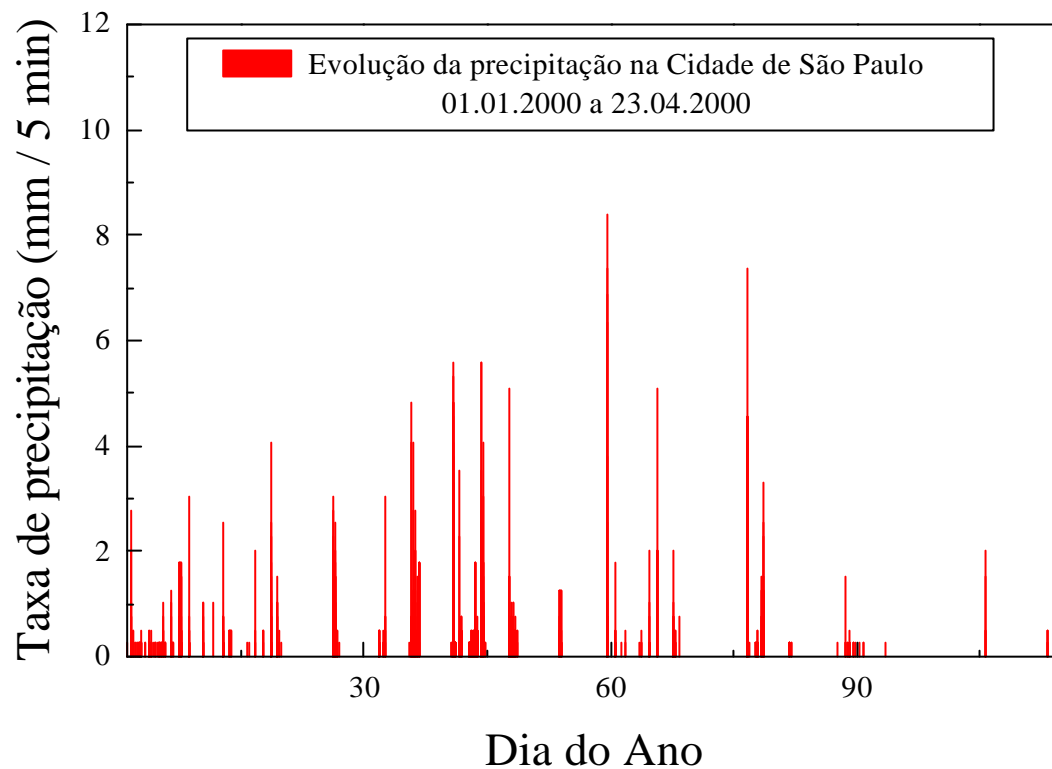
Na figura 10.2 é apresentada a evolução da intensidade da chuva durante a madrugada do dia 5 de fevereiro de 2000, quando choveu na IAG-CUASO cerca de 28 mm em um intervalo de pouco mais de 7 horas. Os valores totalizados a cada 5 minutos, são por sua vez integrados em intervalos de um dia e um mês. Na Figura 10.3 é apresentada a evolução dos totais diários de chuva ocorridas no IAG-CUASO durante o mês fevereiro de 2000. Na Figura 10.4 é mostrada a evolução anual das chuvas acumuladas mensalmente em São Paulo. Verifica-se nesta figura uma grande variabilidade entre os períodos de inverno e verão, e também entre os anos de 2000 e 2001.

Comparativamente a distribuição anual da precipitação acumulada nas estações IAG-PEFI em 2000 e INEMET-Santana (1961-90), indicada na Figura 10.5, mostra uma concordância entre a precipitação acumulada em 2000 no IAG-CUASO e IAG-PEFI. Ela também indica que o regime anual de precipitação no INEMET-Santana é bastante distinto. Esta diferença ocorre por que as chuvas de outono de 2000 foram menores do que o esperado para Cidade de São Paulo. Em 2000, esta discrepância foi tão intensa que as chuvas no outono foram menores do que as de inverno. Por exemplo em abril de 2000 choveu somente 7 mm, enquanto que a normal de Agosto, que com 30 mm é considerado o mês mais seco do ano em São Paulo.

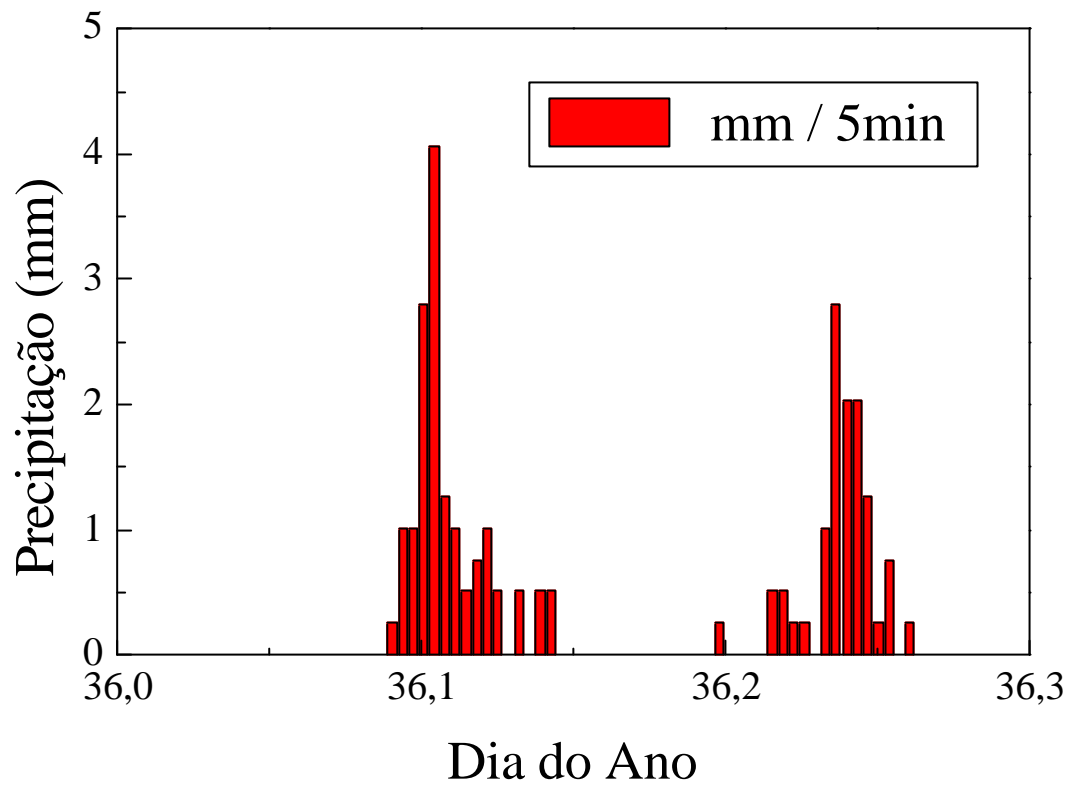
Na Figura 10.6 é apresentada a evolução anual da precipitação acumulada mensalmente no IAG-CUASO, IAG-PEFI e no INMET-Santana. Interessante observar que existe uma concordância grande entre IAG-PEFI (1933-2000) e INEMET-Santana (1961-1990). A precipitação no IAG-PEFI é sistematicamente menor (20-30mm) do que no INEMET-Santana.

Observa-se também que a precipitação medida no IAG-CUASO ficou abaixo da normal (IAG-PEFI e INEMET-Santana) durante boa parte do ano de 2000. Contudo, no final do ano o acumulado atingiu valores ligeiramente acima da normal para São Paulo previsto por estas duas estações (IAG-PEFI e INEMET-Santana). Curiosamente, a precipitação medida no IAG-PEFI permaneceu, durante todo o ano de 2000, sistematicamente acima

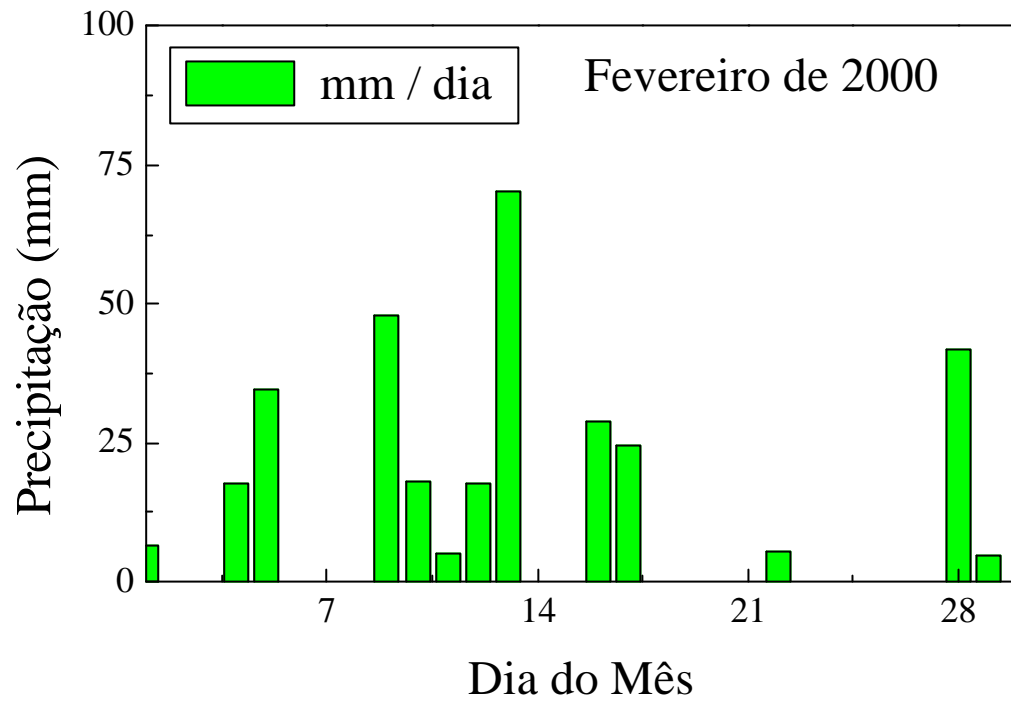
do esperado para a Cidade de São Paulo. Em 2001 a precipitação observada no IAG-CUASO foi sistematicamente maior do que o esperado para a região.



**Figura 10.1:** Evolução temporal da precipitação total acumulada em intervalos de 5 minutos na cidade de São Paulo durante os meses de janeiro, fevereiro, março e abril de 2000.

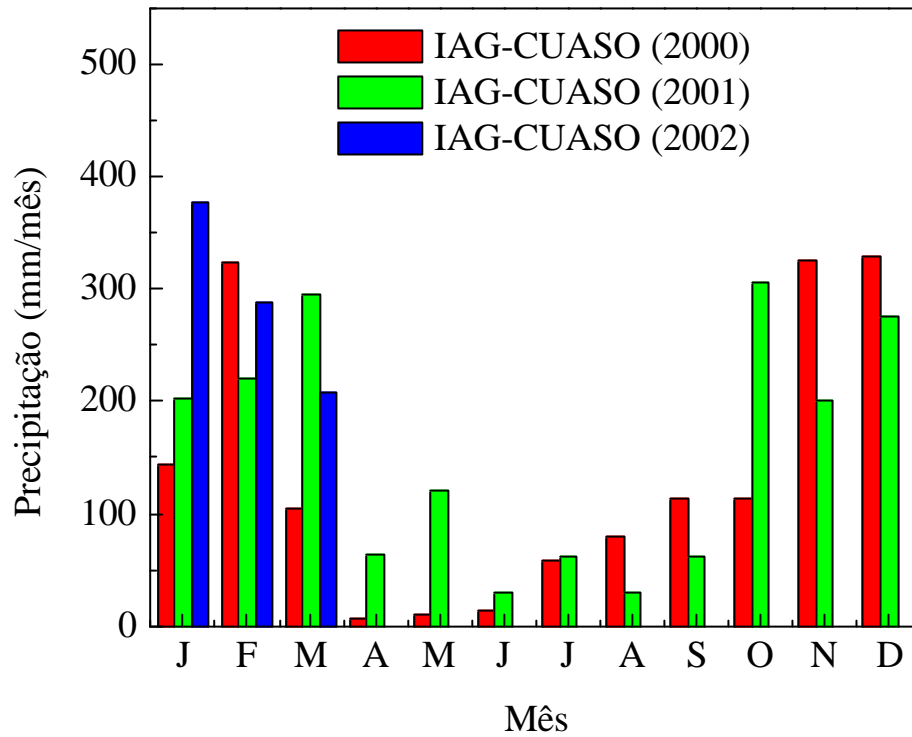


**Figura 10.2:** Evolução temporal da precipitação total acumulada em intervalos de 5 minutos na cidade de São Paulo durante a madrugada do dia 5 de fevereiro de 2000.

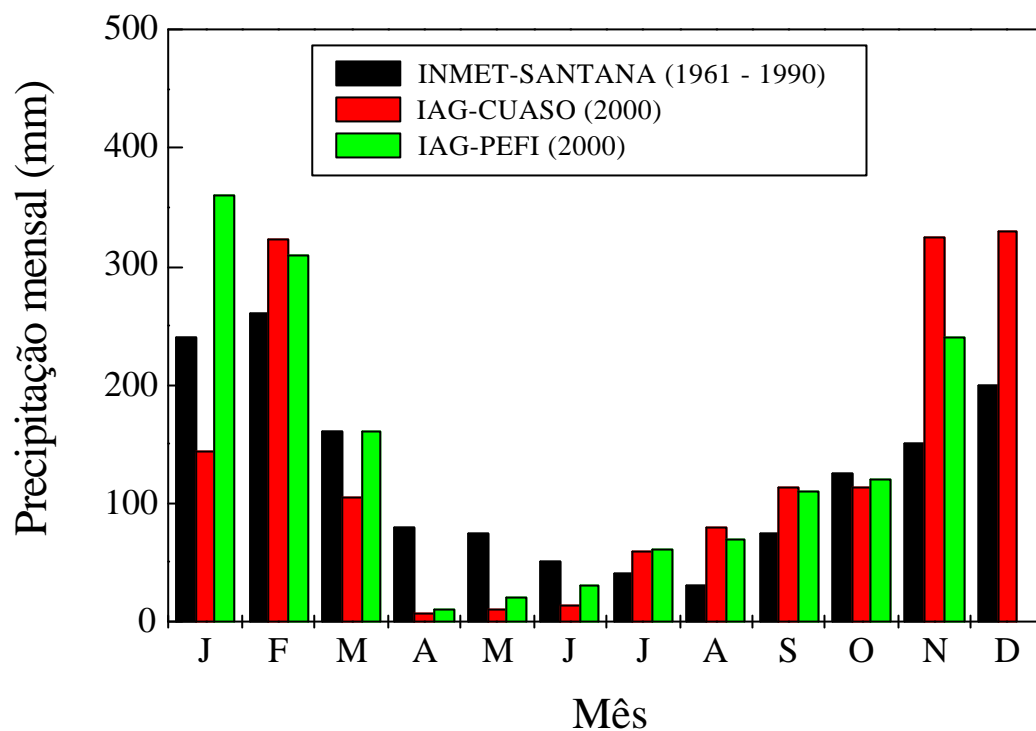


**Figura 10.3:** Evolução mensal da precipitação total acumulada em um intervalo de um dia na Cidade de São Paulo durante o mês de fevereiro de 2000.

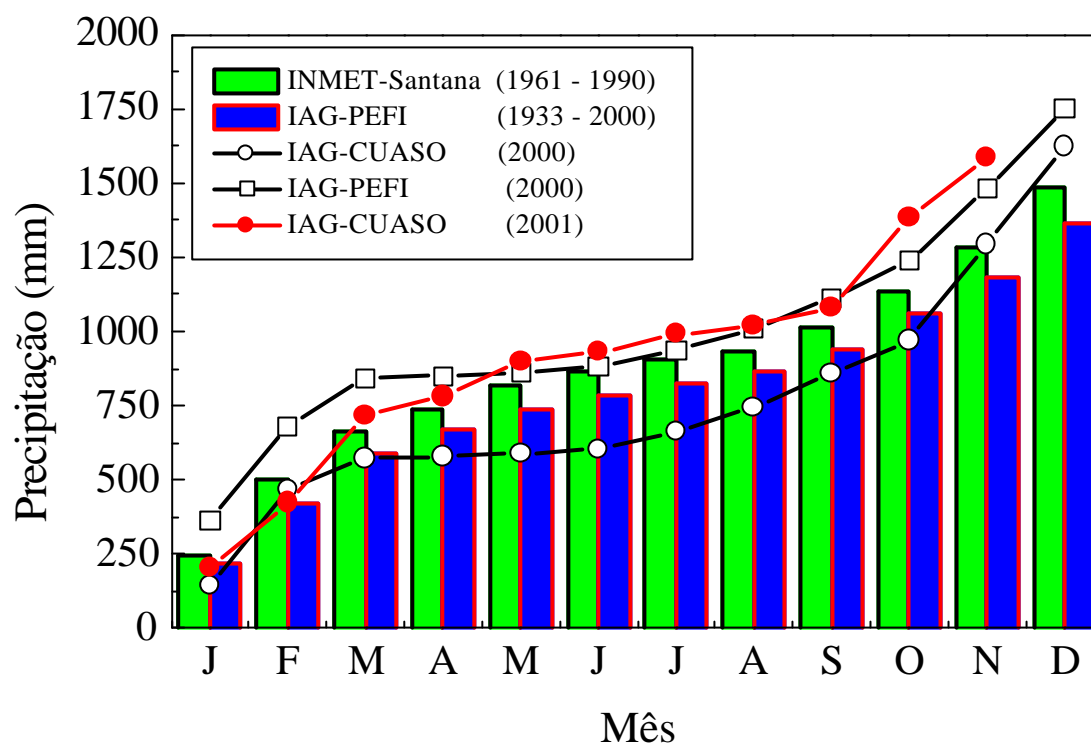




**Figura 10.4:** Evolução anual da precipitação total acumulada em intervalos de um mês na Cidade de São Paulo de 2000 a 2002.



**Figura 10.5:** Evolução temporal da precipitação média na Cidade de São Paulo durante o período entre 1961 e 1990, observada no INMET-Santana, zona norte da cidade (fonte: INMET).



**Figura 10.6:** Evolução temporal da precipitação acumulada média no INMET-Santana (coluna verde:médias de 1961 a 1990), no IAG-PEFI (coluna azul: médias de 1933 a 2000) e (quadrado aberto: ano de 2000) e no IAG-CUASO (círculo aberto:ano de 2000; círculo fechado: ano de 2001).

## **11. Conclusão**

Este relatório tem como objetivo descrever as principais etapas do desenvolvimento do projeto: “Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo”, realizadas durante os anos 1999 a 2001.

Este projeto tem como objetivo descrever o comportamento da radiação solar na Cidade de São Paulo e está baseado nas observações contínuas dos seguintes parâmetros:

- (8) Radiação solar global no plano horizontal;
- (9) Radiação solar difusa no plano horizontal;
- (10) Radiação solar direta no plano de incidência;
- (11) Radiação atmosférica de onda longa;
- (12) Temperatura e umidade relativa do ar;
- (13) Pressão atmosférica;
- (14) Precipitação

A organização dos dados e o gerenciamento da plataforma tem sido realizadas pelo Especialista em Laboratório do Departamento de Ciências Atmosféricas do IAG-USP: Antonio Jaschke Machado, que desenvolveu as seguintes atividades:

- (a) Manutenção e ajuste dos sensores;
- (b) Coleta de dados;
- (c) Tratamento semanal dos dados coletados;
- (d) Organização do conjunto de dados;
- (e) Calibrações dos sensores de radiação;
- (f) Aferição do pluviômetro;
- (g) Manutenção do sítio [www.iag.usp.br/meteo/labmicro/labmicro.htm](http://www.iag.usp.br/meteo/labmicro/labmicro.htm).

Durante este período de 2 anos foram atingidos os seguintes objetivos:

- Todos os dados coletados durante o período 1999, 2000 e 2001 foram verificados e organizados em arquivos padrões semanais, mensais e anuais;
- Elaboração de gráficos semanais de todos os parâmetros observados na plataforma, incluindo-se precipitação acumulada a cada 5 minutos;
- Calibração dos sensores de radiação solar global e difusa;
- Cálculo dos totais horários, diários e mensais da radiação solar incidente no topo, global, difusa e direta, e das respectivas frações;
- Cálculo das médias mensais dos totais horários, diários e mensais da radiação solar incidente no topo, global, difusa e direta, e das respectivas frações;
- Elaboração de gráficos da evolução mensal dos totais diários da radiação solar incidente no topo, global, difusa e direta, incluindo-se a estimativa da radiação solar difusa feita a partir do modelo estatístico desenvolvido por Oliveira et al (2002b);
- A identificação dos dias de céu claro em São Paulo até dezembro de 2001;
- Realização de um estudo da radiação de onda longa atmosférica, comparando os valores teóricos obtidos através de modelos conhecidos na literatura com as observações na plataforma micrometeorológica.
- Desenvolvido de um programa computacional em Fortran, que realiza o cálculo dos valores médios mensais de radiação atmosférica, temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica;
- Realização de um estudo comparativo entre a estação do IAG-CUASO e as outras duas estações existentes na Cidade de São Paulo (IAG-PEFI e INMET-Santana).
- Atualização semanal da página do com os dados coletados na plataforma do IAG-CUASO.

Assim como pode ser visto neste relatório, o banco de dados de radiação solar global e difusa iniciado em abril de 1994, continua sendo atualizado, rotineiramente, a partir das medições realizadas na plataforma micrometeorológica do IAG-CUASO. As medidas de radiação solar global, difusa, direta e de onda longa emitida pela atmosfera estão sendo realizadas por um conjunto de 2 piranômetros, 1 pireliômetro e um pirgeômetro, todos fabricados pela Eppley Lab. Inc. As medidas de radiação solar difusa estão sendo realizadas com auxílio de um anel de sombreamento. As medidas de temperatura e umidade

relativa do ar, pressão atmosférica e precipitação estão sendo foram realizadas para complementar as observações de radiação. Os número sessões de calibração dos sensores PBW e PSP2 foram reduzidos, realizando-se agora uma campanha de calibração desses sensores, em relação à radiação global, a cada trimestre, o que totaliza portanto 4 novas campanhas de calibração para o período que esse relatório abrange. Estes sensores continuam apresentando um desempenho satisfatório.

Desde 1997 novos sensores foram sendo incorporados a plataforma micrometeorologica do IAG-CUASO. Neste relatório (Capítulos 8, 9 e 10), as observações de radiação de onda longa emitida pela atmosfera, temperatura e umidade relativa do ar, e precipitação foram analisadas de forma mais detalhada. As análises discutidas neste relatório indicam que estas medidas apresentam uma qualidade semelhante as das observações de radiação solar.

Os próximos passos deste projeto é dar continuidade a:

- Descrição das componentes de radiação solar global e difusa na Cidade de São Paulo
- Investigação do impacto dos poluentes atmosféricas na evolução das componentes da radiação solar global, difusa e direta na Cidade de São Paulo;
- Descrição da evolução sazonal da radiação atmosférica de onda longa;
- Comparações entre as medidas de radiação solar difusa observadas pelo anel sombreador com as estimativas feitas com pireliômetro;
- Descrição da evolução sazonal da precipitação;
- Iniciar tratamento dos dados de radiação fotossintética ativa coletados com sensor PAR, instalado na plataforma micrometeorológica neste ano de 2001.

Durante estes 7 anos de funcionamento da plataforma micrometeorológica do IAG os dados de radiação foram utilizados nos trabalhos relacionados abaixo:

1. Oliveira, A. P., Escobedo, J. F., Plana-Fattori, A., Soares, J. , e Santos, P. M., 1996: Medidas de Radiação Solar na Cidade de São Paulo: Calibração de Piranômetros e Aplicações Meteorológicas. Revista Brasileira de Geofísica, **14(2)**, 203-216.
2. Beni, P.E. , A P. Oliveira e J.F. Escobedo, 1997: Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo, V. Simpósio de Iniciação Científica da

Universidade de São Paulo, São Paulo, 3 a 5 de novembro de 1997, V.II (12.30): 409.

3. Beni, P.E. , A P. Oliveira e J.F. Escobedo, 1997: Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo, II Simpósio de Iniciação Científica do IAG-USP, São Paulo, maio de 1997, V.1, 16.
4. Oliveira, A. P., Machado, A. J., Escobedo, J. F., 2000: Seasonal Variation of Diurnal Evolution of Solar Radiation at the Surface in the City of São Paulo, Brazil, Proceedings of the International Radiation Symposium IRS 2000, 24-29 July, 2000, St Petesburg, Russia.
5. Oliveira, A. P., Machado, A. J. e Escobedo, J. F.. 2000: Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de Sco Paulo. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16-20 de outubro, Rio de Janeiro, 3758-3767.
6. Oliveira, A. P.; A. J. Machado; J. F. Escobedo e J. Soares; 2002: Diurnal Evolution of Solar Radiation at Surface in the City of São Paulo: Seasonal Variation and Modelling. Applied and Theoretical Climatology Journal. 71, 231-250.
7. Oliveira, A. P.; J. F. Escobedo; A. J. Machado e J. Soares; 2002: Correlation Models of Diffuse Solar Radiation Applied to the City of São Paulo, Brazil. Applied Energy, 71, 71(1), 59-73.
8. Oliveira, A. P.; J. F. Escobedo e A. J. Machado; 2002: A New Shadow-Ring Device for Measuring Diffuse Solar Radiation at the Surface. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology (in press).

Durante este periodo foram cedidos dados de radiação solar para execução de projetos em outras instituições governamentais como a CETESB, Instituto de Geociências da USP e Escola Politécnica da USP (Departamento de Engenharia Química).

## 12. Referências

- Brunt, M. A.; 1932: Notes on Radiation in the Atmosphere. *Quart. J. Royal Meteorol. Soc.*, 58, 389 – 420.
- CETESB, 1995: Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo - 1994, CETESB, São Paulo, 87 p.
- Escobedo, J.F., Frisina, V.A., Saglietti, J.R. e Oliveira, A.P., 1997: Radiômetros Solares Com Termopilhas de Filmes Finos I - Descrição e Custos. *Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo*, 16 (1),10-15.
- Escobedo, J.F., Frisina, V.A., Saglietti, J.R. e Oliveira, A.P., 1997: Radiômetros Solares Com Termopilhas de Filmes Finos: II - Performance. *Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo*. 16 (1),16-21.
- Idso, S. B. and R. D. Jackson (1969) Thermal Radiation from the Atmosphere, *J. Geophys. Res.*, 74, 5397 – 5403.
- INMET – site: <http://www.inmet.gov.br/climato/grafclim.htm>
- Oliveira, A. P., Escobedo, J. F., Plana-Fattori, A., Soares, J., e Santos, P. M., 1996: Medidas de Radiação Solar na Cidade de São Paulo: Calibração de Piranômetros e Aplicações Meteorológicas. *Revista Brasileira de Geofísica*, **14(2)**, 203-216.
- Oliveira, A. P. e Machado, A. J., 1999: Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo. Relatório interno. Dept°. de Ciências Atmosféricas do IAG / USP, 120pp.
- Oliveira, A. P., Machado, A. J. e Escobedo, J. F., 2000: Seasonal Variation of Diurnal Evolution of Solar Radiation at the Surface in the City of São Paulo, Brazil. Proceedings of the International Radiation Symposium IRS 2000, 24-29 July, 2000, St Petesburg, Russia.



Oliveira, A. P., Machado, A. J. e Escobedo, J. F.. 2000: Estudo Observacional da Radiação Solar na Cidade de São Paulo. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 16-20 de outubro, Rio de Janeiro, 3758-3767.

Oliveira, A. P.; A. J. Machado; J. F. Escobedo e J. Soares; 2002: Diurnal Evolution of Solar Radiation at Surface in the City of São Paulo: Seasonal Variation and Modelling. Applied and Theoretical Climatology Journal, 71, 231-250.

Oliveira, A. P.; J. F. Escobedo; A. J. Machado e J. Soares; 2002: Correlation Models of Diffuse Solar Radiation Applied to the City of São Paulo, Brazil. Applied Energy, 71(1), 59-73.

Oliveira, A. P.; J. F. Escobedo e A. J. Machado; 2002: A New Shadow-Ring Device for Measuring Diffuse Solar Radiation at the Surface. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 19(5), 698 - 708.

WMO, 1971, Guide to meteorological instrument and observing practices, Fifth edition, Geneva, Secretariat of World Meteorological Organization, publication WMO No. 8.

**Tabela 4.1:** Constantes de calibração dos piranômetros PSP2 e PBW.

<b>Período (local)</b>	<b>Informações de calibração</b>	<b>k<sub>PSP2</sub> (mV/W m<sup>-2</sup>)</b>	<b>K<sub>PBW</sub> (mV/W m<sup>-2</sup>)</b>
29 de outubro a 2 de novembro de 1999  (SP)	Método: Quociente	8,25 ± 0,05	8,90 ± 0,11
	Método: Regressão	8,26	8,87
		8,26	8,85
	Referência	PSP1	PSP1
	Nº de obs.	196	196
Radiação	Global	Global	
3 a 7 de fevereiro de 2000  (SP)	Método: Quociente	8,22 ± 0,26	9,05 ± 0,31
	Método: Regressão	8,26	8,97
		8,27	8,94
	Referência	PSP1	PSP1
	Nº de obs.	147	147
Radiação	Global	Global	
19 a 24 de abril de 2000  (SP)	Método: Quociente	8,20 ± 0,18	9,11 ± 0,21
	Método: Regressão	8,20	9,08
		8,19	9,05
	Referência	PSP1	PSP1
	Nº de obs.	196	196
Radiação	Global	Global	
3 a 7 de agosto de 2000  (SP)	Método: Quociente	8,16 ± 0,16	9,08 ± 0,18
	Método: Regressão	8,17	9,07
		8,18	9,07
	Referência	PSP1	PSP1
	Nº de obs.	245	245
Radiação	Global	Global	
16 a 23 de janeiro de 2001  (SP)	Método: Quociente	8,17 ± 0,15	8,82 ± 0,21
	Método: Regressão	8,20	8,75
		8,21	8,73
	Referência	PSP1	PSP1
	Nº de obs.	344	344
Radiação	Global	Global	
24 de abril a 22 de maio de 2001  (SP)	Método: Quociente	8,29 ± 0,04	8,94 ± 0,03
	Método: Regressão	8,22	8,88
		8,22	8,87
	Referência	PSP1	PSP1
	Nº de obs.	1419	1419
Radiação	Global	Global	

Tabela 6.2: Média mensal dos valores horários às 12:30 HL na Cidade de São Paulo. A coluna N corresponde ao número de valores usados na estatística. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_T^h \rangle \pm \epsilon_T^h$	$\langle E_G^h \rangle \pm \epsilon_G^h$	$\langle E_{DF}^h \rangle \pm \epsilon_{DF}^h$	$\langle E_{DR}^h \rangle \pm \epsilon_{DR}^h$	N
<b>Jan</b>	<b>5,018±0,001</b>	<b>2,469±0,068</b>	<b>1,340±0,047</b>	<b>1,129±0,083</b>	<b>181</b>
<b>Fev</b>	<b>4,898±0,005</b>	<b>2,452±0,072</b>	<b>1,353±0,060</b>	<b>1,099±0,090</b>	<b>149</b>
<b>Mar</b>	<b>4,559±0,009</b>	<b>2,326±0,058</b>	<b>1,080±0,033</b>	<b>1,246±0,070</b>	<b>205</b>
<b>Abr</b>	<b>4,024±0,012</b>	<b>2,258±0,053</b>	<b>0,914±0,045</b>	<b>1,344±0,074</b>	<b>189</b>
<b>Mai</b>	<b>3,473±0,009</b>	<b>1,901±0,050</b>	<b>0,788±0,038</b>	<b>1,113±0,065</b>	<b>191</b>
<b>Jun</b>	<b>3,222±0,002</b>	<b>1,795±0,049</b>	<b>0,563±0,027</b>	<b>1,232±0,060</b>	<b>173</b>
<b>Jul</b>	<b>3,327±0,006</b>	<b>1,821±0,054</b>	<b>0,634±0,034</b>	<b>1,188±0,067</b>	<b>186</b>
<b>Ago</b>	<b>3,747±0,012</b>	<b>2,173±0,066</b>	<b>0,737±0,050</b>	<b>1,436±0,080</b>	<b>150</b>
<b>Set</b>	<b>4,253±0,011</b>	<b>2,066±0,084</b>	<b>0,939±0,049</b>	<b>1,127±0,093</b>	<b>151</b>
<b>Out</b>	<b>4,675±0,007</b>	<b>2,351±0,079</b>	<b>1,233±0,058</b>	<b>1,117±0,091</b>	<b>166</b>
<b>Nov</b>	<b>4,898±0,003</b>	<b>2,461±0,076</b>	<b>1,370±0,066</b>	<b>1,092±0,093</b>	<b>175</b>
<b>Dez</b>	<b>5,000±0,001</b>	<b>2,443±0,067</b>	<b>1,271±0,039</b>	<b>1,173±0,077</b>	<b>209</b>

Tabela 6.3: Frações mensais médias baseadas nos valores horários das componentes da radiação solar às 12:30 HL na Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_G^h/E_T^h \rangle \pm \varepsilon_{G/T}^h$	$\langle E_{DF}^h/E_T^h \rangle \pm \varepsilon_{DF/T}^h$	$\langle E_{DR}^h/E_T^h \rangle \pm \varepsilon_{DR/T}^h$	$\langle E_{DF}^h/E_G^h \rangle \pm \varepsilon_{DF/G}^h$
<b>Jan</b>	<b>0,492±0,014</b>	<b>0,267±0,009</b>	<b>0,225±0,017</b>	<b>0,638±0,025</b>
<b>Fev</b>	<b>0,501±0,015</b>	<b>0,277±0,012</b>	<b>0,224±0,018</b>	<b>0,635±0,027</b>
<b>Mar</b>	<b>0,510±0,013</b>	<b>0,237±0,007</b>	<b>0,273±0,015</b>	<b>0,558±0,021</b>
<b>Abr</b>	<b>0,561±0,013</b>	<b>0,226±0,011</b>	<b>0,335±0,018</b>	<b>0,487±0,024</b>
<b>Mai</b>	<b>0,547±0,014</b>	<b>0,227±0,011</b>	<b>0,320±0,019</b>	<b>0,510±0,025</b>
<b>Jun</b>	<b>0,557±0,015</b>	<b>0,175±0,008</b>	<b>0,383±0,019</b>	<b>0,427±0,025</b>
<b>Jul</b>	<b>0,547±0,016</b>	<b>0,190±0,010</b>	<b>0,357±0,020</b>	<b>0,471±0,027</b>
<b>Ago</b>	<b>0,580±0,018</b>	<b>0,195±0,013</b>	<b>0,384±0,022</b>	<b>0,439±0,029</b>
<b>Set</b>	<b>0,485±0,020</b>	<b>0,220±0,011</b>	<b>0,265±0,022</b>	<b>0,610±0,030</b>
<b>Out</b>	<b>0,503±0,017</b>	<b>0,263±0,012</b>	<b>0,240±0,020</b>	<b>0,642±0,028</b>
<b>Nov</b>	<b>0,503±0,016</b>	<b>0,279±0,013</b>	<b>0,223±0,019</b>	<b>0,660±0,027</b>
<b>Dez</b>	<b>0,489±0,013</b>	<b>0,254±0,008</b>	<b>0,235±0,015</b>	<b>0,631±0,023</b>

Tabela 6.4: Frações das médias mensais baseadas nos valores horários das componentes da radiação solar às 12:30 HL na Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_G^h \rangle / \langle E_T^h \rangle \pm \varepsilon_{GT}^h$	$\langle E_{DF}^h \rangle / \langle E_T^h \rangle \pm \varepsilon_{DT}^h$	$\langle E_{DR}^h \rangle / \langle E_T^h \rangle \pm \varepsilon_{DRT}^h$	$\langle E_{DF}^h \rangle / \langle E_G^h \rangle \pm \varepsilon_{DFG}^h$
<b>Jan</b>	<b>0,492±0,016</b>	<b>0,267±0,009</b>	<b>0,225±0,017</b>	<b>0,543±0,024</b>
<b>Fev</b>	<b>0,501±0,017</b>	<b>0,276±0,012</b>	<b>0,224±0,018</b>	<b>0,552±0,029</b>
<b>Mar</b>	<b>0,510±0,015</b>	<b>0,237±0,007</b>	<b>0,273±0,015</b>	<b>0,464±0,018</b>
<b>Abr</b>	<b>0,561±0,017</b>	<b>0,227±0,011</b>	<b>0,334±0,018</b>	<b>0,405±0,022</b>
<b>Mai</b>	<b>0,547±0,018</b>	<b>0,227±0,011</b>	<b>0,321±0,019</b>	<b>0,414±0,023</b>
<b>Jun</b>	<b>0,557±0,019</b>	<b>0,175±0,008</b>	<b>0,383±0,019</b>	<b>0,314±0,017</b>
<b>Jul</b>	<b>0,547±0,019</b>	<b>0,190±0,011</b>	<b>0,357±0,020</b>	<b>0,348±0,022</b>
<b>Ago</b>	<b>0,580±0,022</b>	<b>0,197±0,013</b>	<b>0,383±0,022</b>	<b>0,339±0,025</b>
<b>Set</b>	<b>0,486±0,020</b>	<b>0,221±0,012</b>	<b>0,265±0,022</b>	<b>0,454±0,030</b>
<b>Out</b>	<b>0,503±0,018</b>	<b>0,264±0,013</b>	<b>0,239±0,020</b>	<b>0,525±0,030</b>
<b>Nov</b>	<b>0,503±0,017</b>	<b>0,280±0,014</b>	<b>0,223±0,019</b>	<b>0,556±0,032</b>
<b>Dez</b>	<b>0,489±0,015</b>	<b>0,254±0,008</b>	<b>0,235±0,015</b>	<b>0,520±0,021</b>
<b>Média</b>	<b>0,523±0,018</b>	<b>0,235±0,011</b>	<b>0,289±0,019</b>	<b>0,453±0,024</b>

Tabela 6.5: Médias mensais dos valores diários das componentes da radiação solar para a Cidade de São Paulo. A coluna N corresponde ao número de valores usados na estatística. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_T^d \rangle \pm \epsilon_T^d$	$\langle E_G^d \rangle \pm \epsilon_G^d$	$\langle E_{DF}^d \rangle \pm \epsilon_{DF}^d$	$\langle E_{DR}^d \rangle \pm \epsilon_{DR}^d$	N
<b>Jan</b>	<b>42,077±0,029</b>	<b>18,289±0,423</b>	<b>10,485±0,311</b>	<b>7,803±0,526</b>	<b>183</b>
<b>Fev</b>	<b>39,702±0,076</b>	<b>17,509±0,428</b>	<b>9,957±0,376</b>	<b>7,552±0,542</b>	<b>148</b>
<b>Mar</b>	<b>35,370±0,108</b>	<b>16,216±0,352</b>	<b>7,774±0,179</b>	<b>8,442±0,412</b>	<b>205</b>
<b>Abr</b>	<b>29,750±0,119</b>	<b>15,600±0,301</b>	<b>6,695±0,278</b>	<b>8,905±0,428</b>	<b>189</b>
<b>Mai</b>	<b>24,500±0,083</b>	<b>12,046±0,275</b>	<b>5,415±0,195</b>	<b>6,631±0,347</b>	<b>191</b>
<b>Jun</b>	<b>22,131±0,019</b>	<b>11,038±0,292</b>	<b>4,034±0,146</b>	<b>7,004±0,347</b>	<b>174</b>
<b>Jul</b>	<b>23,017±0,052</b>	<b>11,084±0,319</b>	<b>4,365±0,166</b>	<b>6,719±0,373</b>	<b>186</b>
<b>Ago</b>	<b>26,984±0,113</b>	<b>13,833±0,403</b>	<b>5,352±0,262</b>	<b>8,480±0,459</b>	<b>150</b>
<b>Set</b>	<b>32,360±0,124</b>	<b>13,358±0,534</b>	<b>6,628±0,228</b>	<b>6,729±0,541</b>	<b>155</b>
<b>Out</b>	<b>37,667±0,099</b>	<b>16,075±0,518</b>	<b>9,161±0,320</b>	<b>6,914±0,546</b>	<b>168</b>
<b>Nov</b>	<b>41,044±0,047</b>	<b>18,275±0,532</b>	<b>10,572±0,436</b>	<b>7,704±0,616</b>	<b>178</b>
<b>Dez</b>	<b>42,486±0,011</b>	<b>19,094±0,438</b>	<b>10,195±0,231</b>	<b>8,900±0,531</b>	<b>210</b>

Tabela 6.6: Médias mensais das frações baseadas nos valores diários das componentes da radiação solar na Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_G^d/E_T^d \rangle \pm \epsilon_{G/T}^d$	$\langle E_{DF}^d/E_T^d \rangle \pm \epsilon_{DF/T}^d$	$\langle E_{DR}^d/E_T^d \rangle \pm \epsilon_{DR/T}^d$	$\langle E_{DF}^d/E_G^d \rangle \pm \epsilon_{DF/G}^d$
<b>Jan</b>	<b>0,435±0,010</b>	<b>0,249±0,007</b>	<b>0,186±0,013</b>	<b>0,642±0,022</b>
<b>Fev</b>	<b>0,442±0,011</b>	<b>0,251±0,010</b>	<b>0,190±0,014</b>	<b>0,626±0,024</b>
<b>Mar</b>	<b>0,458±0,010</b>	<b>0,220±0,005</b>	<b>0,238±0,012</b>	<b>0,548±0,018</b>
<b>Abr</b>	<b>0,524±0,010</b>	<b>0,223±0,009</b>	<b>0,301±0,014</b>	<b>0,481±0,021</b>
<b>Mai</b>	<b>0,491±0,011</b>	<b>0,221±0,008</b>	<b>0,270±0,014</b>	<b>0,517±0,020</b>
<b>Jun</b>	<b>0,499±0,013</b>	<b>0,182±0,007</b>	<b>0,317±0,016</b>	<b>0,456±0,022</b>
<b>Jul</b>	<b>0,481±0,014</b>	<b>0,190±0,007</b>	<b>0,292±0,016</b>	<b>0,503±0,023</b>
<b>Ago</b>	<b>0,512±0,015</b>	<b>0,198±0,010</b>	<b>0,315±0,017</b>	<b>0,472±0,025</b>
<b>Set</b>	<b>0,412±0,017</b>	<b>0,204±0,007</b>	<b>0,207±0,017</b>	<b>0,637±0,026</b>
<b>Out</b>	<b>0,427±0,014</b>	<b>0,243±0,008</b>	<b>0,185±0,015</b>	<b>0,669±0,023</b>
<b>Nov</b>	<b>0,445±0,013</b>	<b>0,257±0,011</b>	<b>0,188±0,015</b>	<b>0,666±0,024</b>
<b>Dez</b>	<b>0,449±0,010</b>	<b>0,240±0,005</b>	<b>0,209±0,013</b>	<b>0,616±0,020</b>
<b>Céu Claro</b>	<b>0,652±0,003</b>	<b>0,131±0,002</b>	<b>0,521±0,004</b>	<b>0,203±0,004</b>

Tabela 6.7: Frações das médias mensais baseadas nos valores diários das componentes da radiação solar na Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_G^d \rangle / \langle E_T^d \rangle \pm \varepsilon_{GT}^d$	$\langle E_{DF}^d \rangle / \langle E_T^d \rangle \pm \varepsilon_{DT}^d$	$\langle E_{DR}^d \rangle / \langle E_T^d \rangle \pm \varepsilon_{DT}^d$	$\langle E_{DF}^d \rangle / \langle E_G^d \rangle \pm \varepsilon_{DG}^d$
<b>Jan</b>	<b>0,435±0,010</b>	<b>0,249±0,005</b>	<b>0,185±0,013</b>	<b>0,573±0,022</b>
<b>Fev</b>	<b>0,441±0,011</b>	<b>0,251±0,005</b>	<b>0,190±0,014</b>	<b>0,569±0,026</b>
<b>Mar</b>	<b>0,458±0,010</b>	<b>0,220±0,005</b>	<b>0,239±0,012</b>	<b>0,479±0,015</b>
<b>Abr</b>	<b>0,524±0,010</b>	<b>0,225±0,005</b>	<b>0,299±0,014</b>	<b>0,429±0,020</b>
<b>Mai</b>	<b>0,492±0,011</b>	<b>0,221±0,006</b>	<b>0,271±0,014</b>	<b>0,450±0,019</b>
<b>Jun</b>	<b>0,499±0,013</b>	<b>0,182±0,007</b>	<b>0,316±0,016</b>	<b>0,365±0,017</b>
<b>Jul</b>	<b>0,482±0,014</b>	<b>0,190±0,007</b>	<b>0,292±0,016</b>	<b>0,394±0,019</b>
<b>Ago</b>	<b>0,513±0,015</b>	<b>0,198±0,010</b>	<b>0,314±0,017</b>	<b>0,387±0,022</b>
<b>Set</b>	<b>0,413±0,017</b>	<b>0,205±0,007</b>	<b>0,208±0,017</b>	<b>0,496±0,026</b>
<b>Out</b>	<b>0,427±0,014</b>	<b>0,243±0,009</b>	<b>0,184±0,015</b>	<b>0,570±0,027</b>
<b>Nov</b>	<b>0,445±0,013</b>	<b>0,258±0,006</b>	<b>0,188±0,015</b>	<b>0,578±0,029</b>
<b>Dez</b>	<b>0,449±0,010</b>	<b>0,240±0,005</b>	<b>0,209±0,013</b>	<b>0,534±0,017</b>
<b>Céu Claro</b>	<b>0,653±0,016</b>	<b>0,137±0,012</b>	<b>0,517±0,015</b>	<b>0,210±0,009</b>
<b>Média</b>	<b>0,465±0,012</b>	<b>0,224±0,006</b>	<b>0,241±0,015</b>	<b>0,485±0,022</b>

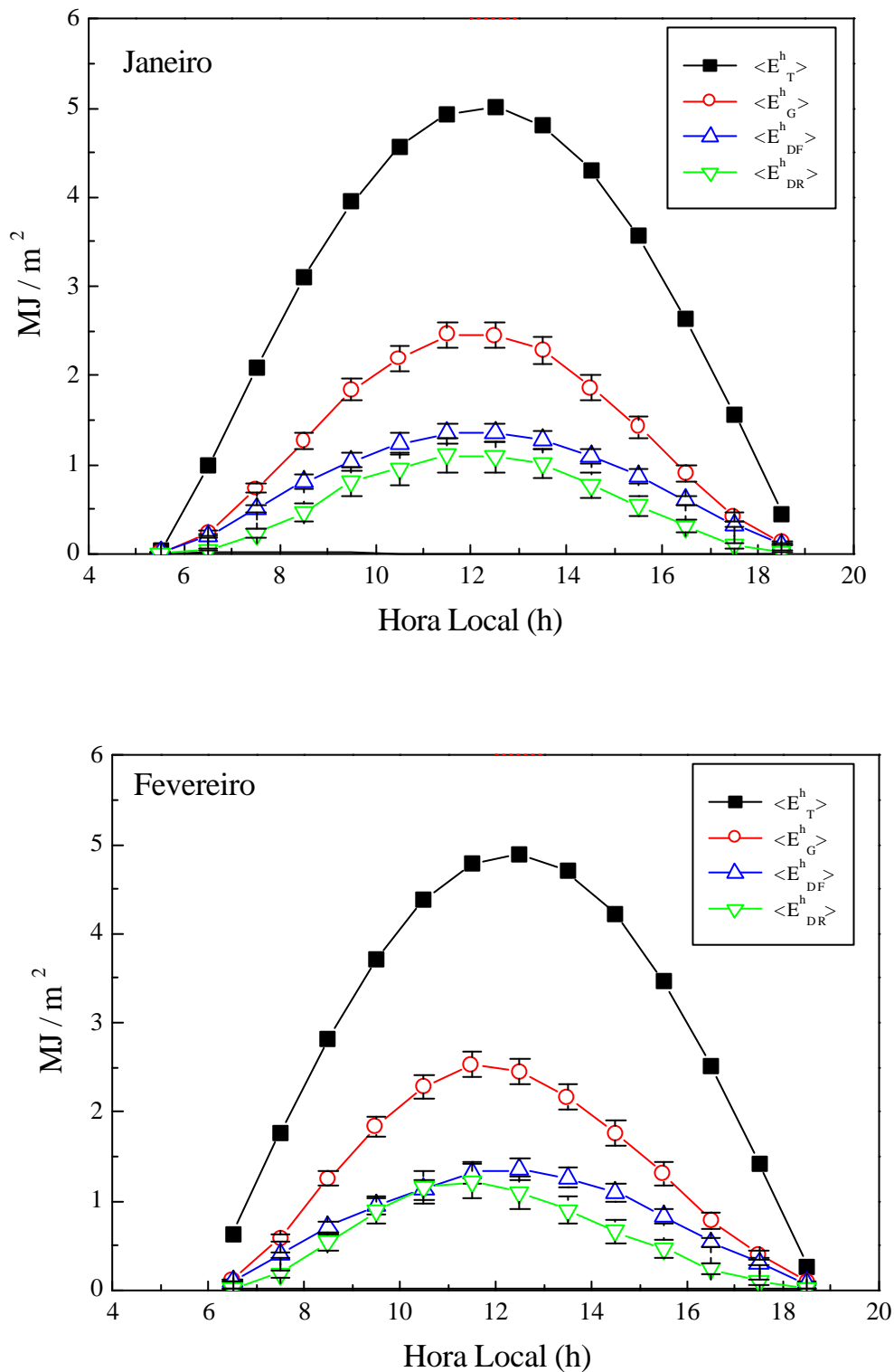


Tabela 6.8: Médias mensais dos valores mensais das componentes da radiação solar para a Cidade de São Paulo. A coluna N corresponde ao número de valores usados na estatística. Os valores de  $E_T^m$  correspondentes a 1996 e 2000 não foram considerados. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$E_T^m$	$\langle E_G^m \rangle \pm \epsilon_G^m$	$\langle E_{DF}^m \rangle \pm \epsilon_{DF}^m$	$\langle E_{DR}^m \rangle \pm \epsilon_{DR}^m$	N
Jan	1304,42	570 ± 26	323 ± 13	246 ± 33	7
Fev	1119,24	518 ± 26	267 ± 26	251 ± 44	7
Mar	1095,15	504 ± 14	240 ± 09	264 ± 20	7
Abr	884,33	468 ± 12	191 ± 13	277 ± 21	8
Mai	754,87	367 ± 11	164 ± 10	203 ± 15	8
Jun	663,25	328 ± 07	119 ± 06	209 ± 11	7
Jul	713,81	346 ± 09	135 ± 11	211 ± 18	7
Ago	839,26	428 ± 14	162 ± 17	266 ± 25	6
Set	972,28	405 ± 18	201 ± 10	203 ± 23	6
Out	1169,48	496 ± 22	287 ± 16	209 ± 30	6
Nov	1231,87	547 ± 09	310 ± 24	236 ± 29	7
Dez	1317,26	590 ± 19	315 ± 16	275 ± 29	7

Tabela 6.9: Razões mensais médias dos valores mensais da componente difusa pela componente global da radiação solar na superfície e as razões dos valores mensais da radiação solar difusa diária pela radiação solar global diária para a Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

	$\langle E_{DF}^m / E_G^m \rangle \pm \epsilon_{DF/G}^m$	$\langle E_{DF}^d \rangle / \langle E_G^d \rangle \pm \epsilon_{DF/G}^d$
<b>Jan</b>	<b>0,577 ± 0,039</b>	<b>0,573 ± 0,022</b>
<b>Fev</b>	<b>0,528 ± 0,062</b>	<b>0,569 ± 0,026</b>
<b>Mar</b>	<b>0,480 ± 0,026</b>	<b>0,479 ± 0,015</b>
<b>Abr</b>	<b>0,411 ± 0,033</b>	<b>0,429 ± 0,020</b>
<b>Mai</b>	<b>0,450 ± 0,031</b>	<b>0,450 ± 0,019</b>
<b>Jun</b>	<b>0,365 ± 0,024</b>	<b>0,365 ± 0,017</b>
<b>Jul</b>	<b>0,395 ± 0,039</b>	<b>0,394 ± 0,019</b>
<b>Ago</b>	<b>0,382 ± 0,044</b>	<b>0,387 ± 0,022</b>
<b>Set</b>	<b>0,503 ± 0,039</b>	<b>0,496 ± 0,026</b>
<b>Out</b>	<b>0,585 ± 0,043</b>	<b>0,570 ± 0,027</b>
<b>Nov</b>	<b>0,570 ± 0,049</b>	<b>0,578 ± 0,029</b>
<b>Dez</b>	<b>0,538 ± 0,037</b>	<b>0,534 ± 0,017</b>



**Figura 6.6:** Variação diurna dos valores horários médios mensais da radiação solar incidente no topo na superfície durante os meses de janeiro e fevereiro. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

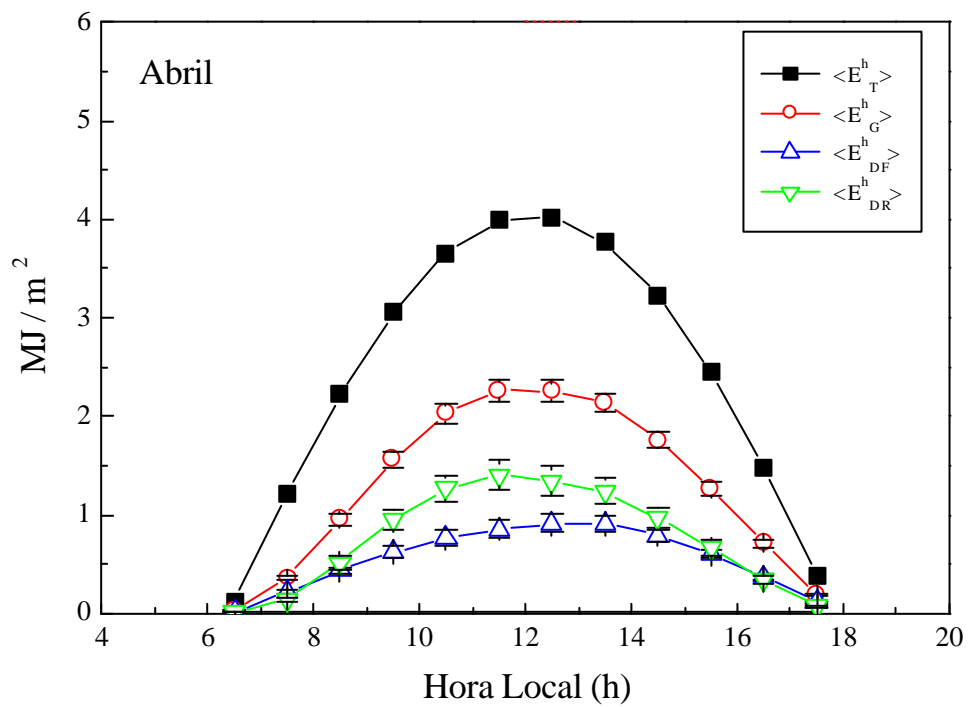
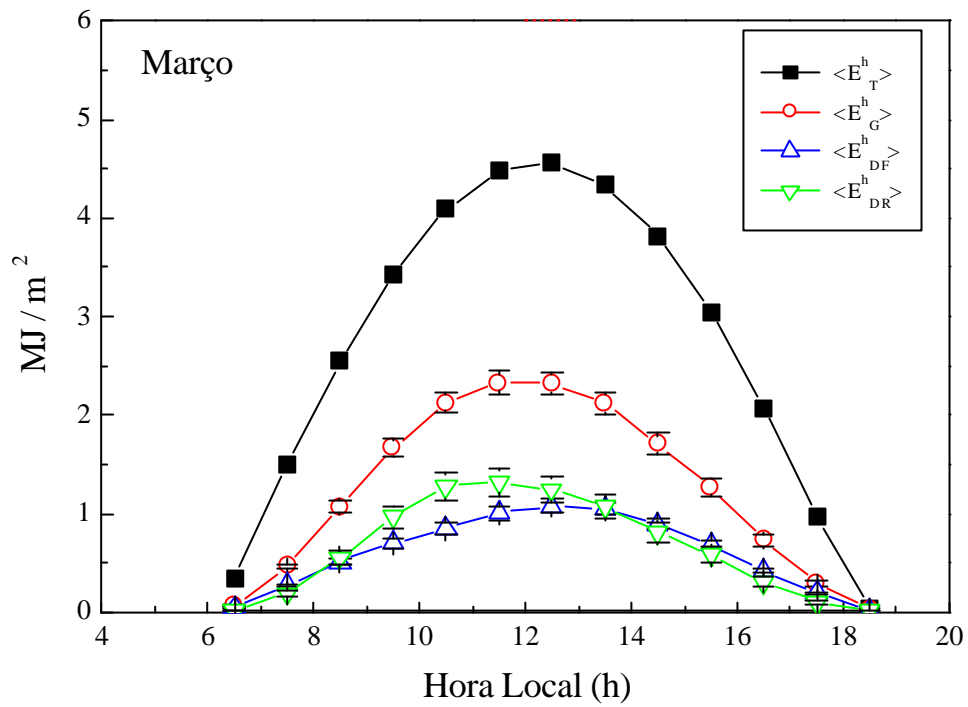


Figura 6.7: idem à Figura 6.6 para os meses de março e abril.

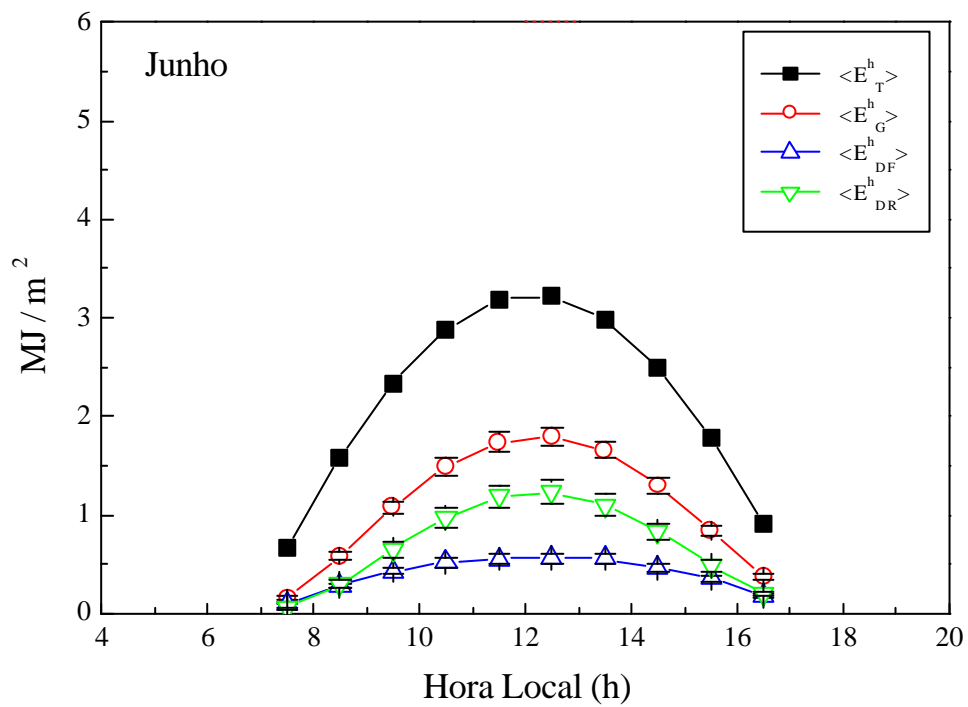
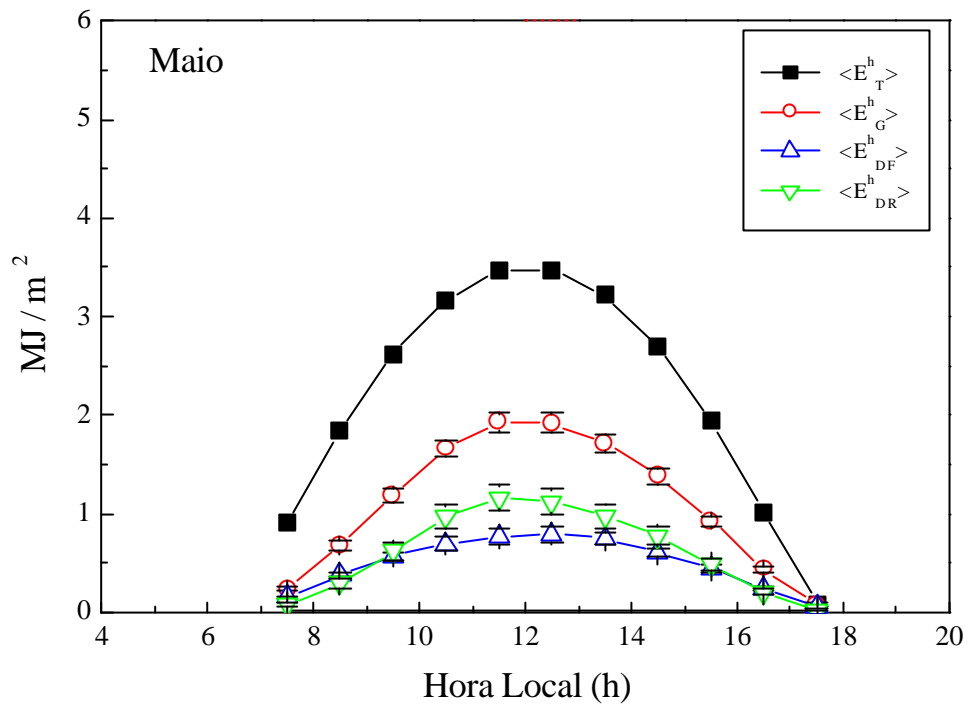


Figura 6.8: idem à Figura 6.6 para os meses de maio e junho.

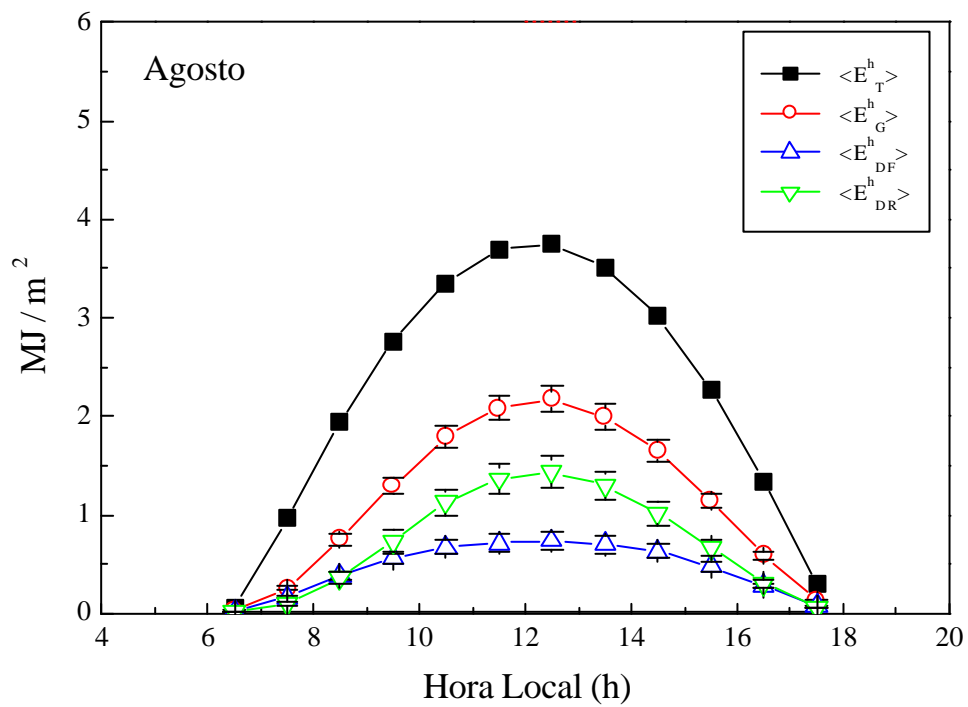
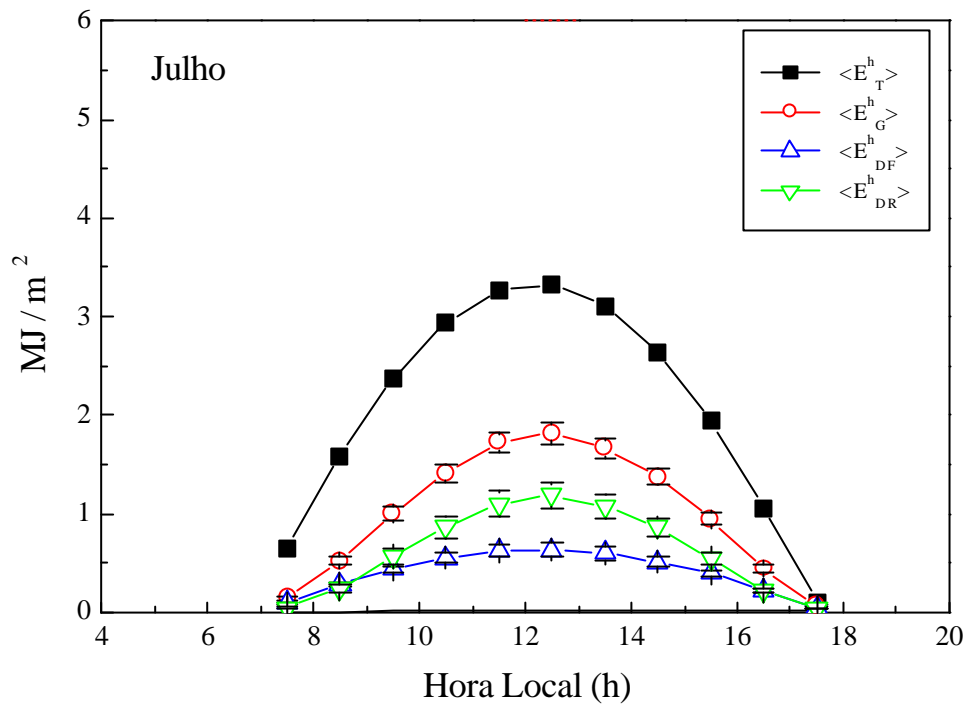


Figura 6.9: idem à Figura 6.6 para os meses de julho e agosto.

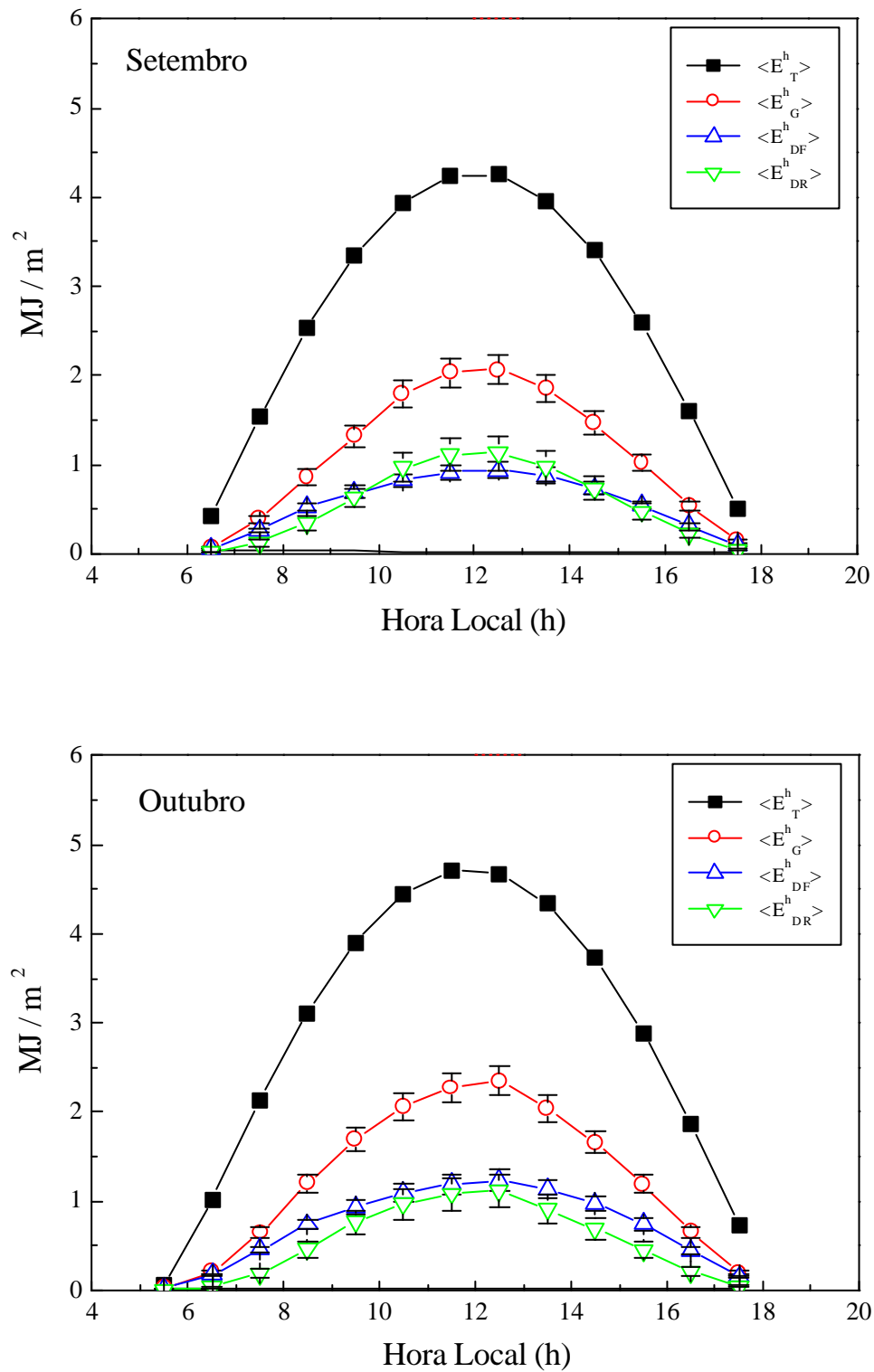


Figura 6.10: idem à Figura 6.6 para os meses de setembro e outubro.

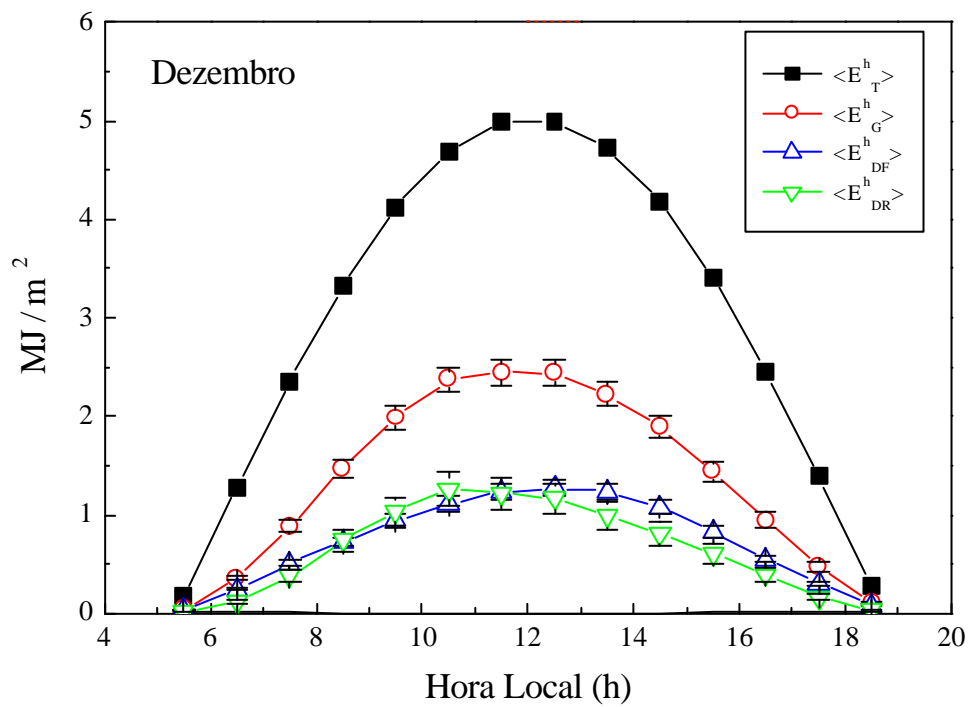
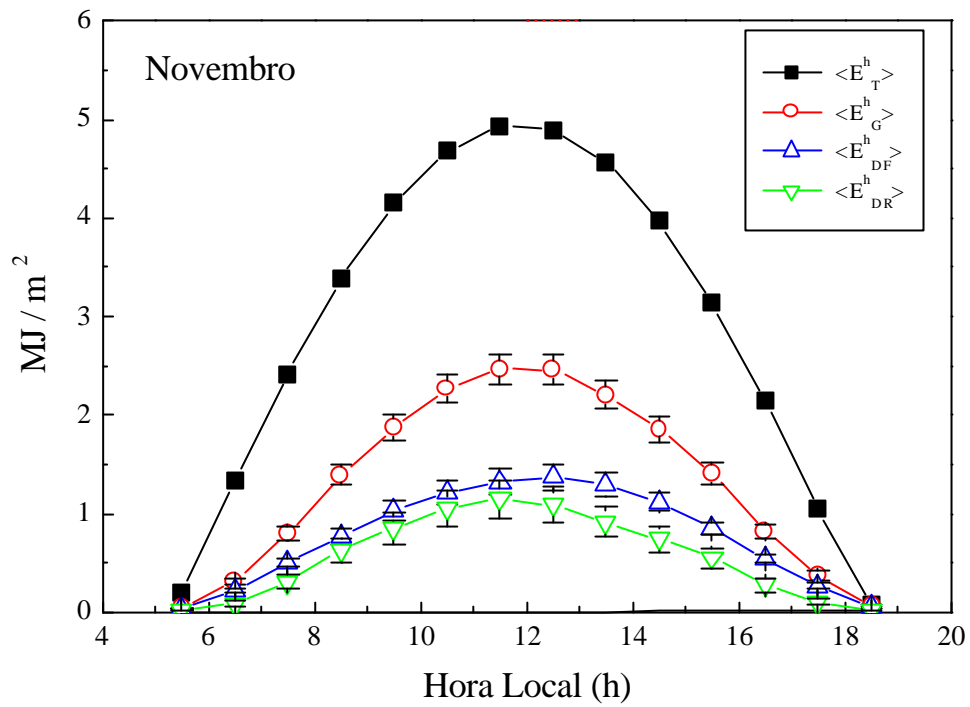
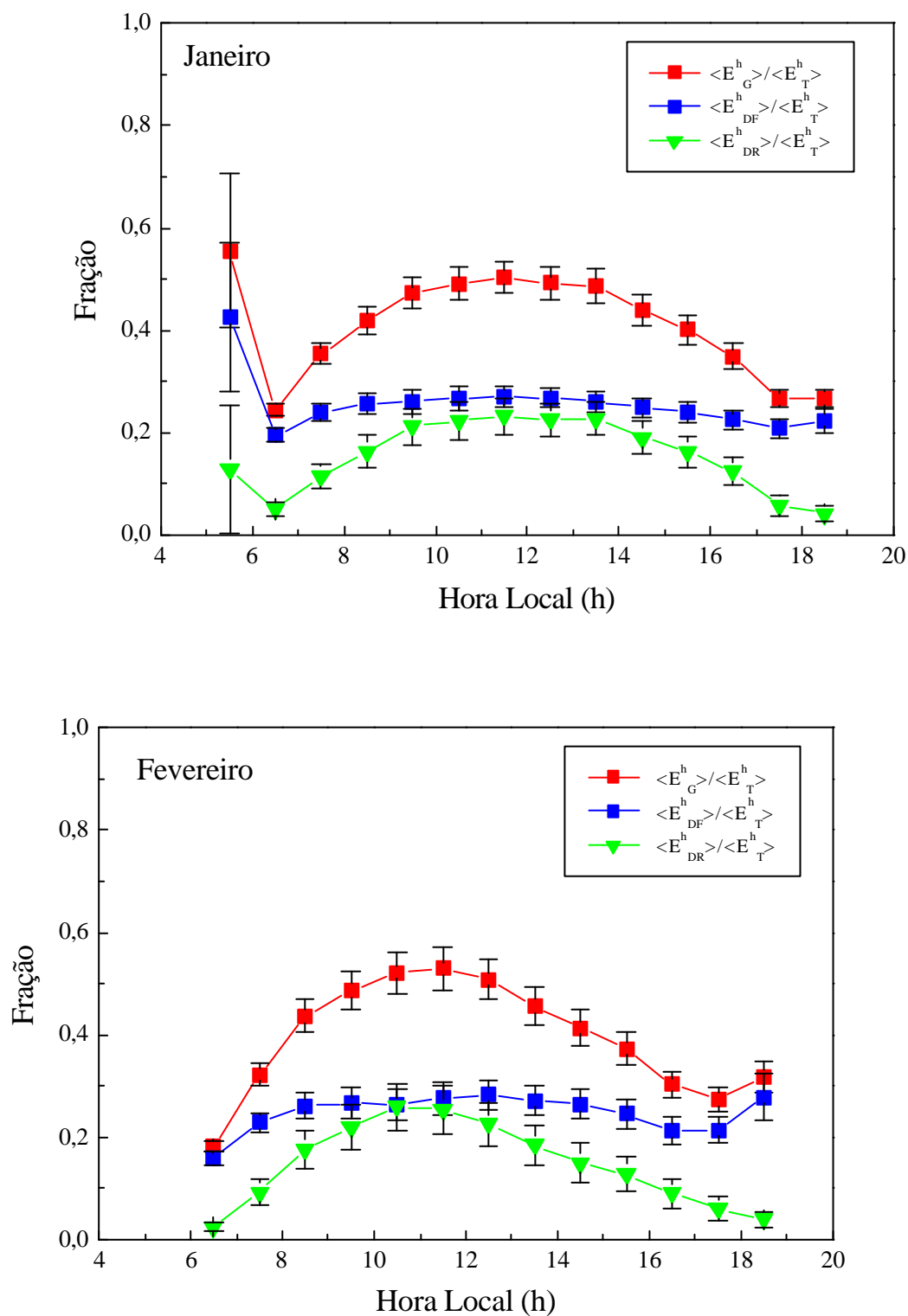


Figura 6.11: idem à Figura 6.6 para os meses de novembro e dezembro.





**Figura 6.12:** Variação diurna das frações dos valores horários médios mensais da radiação solar global, difusa e direta incidente na superfície em relação à radiação solar incidente no topo da atmosfera, durante os meses de janeiro e fevereiro. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

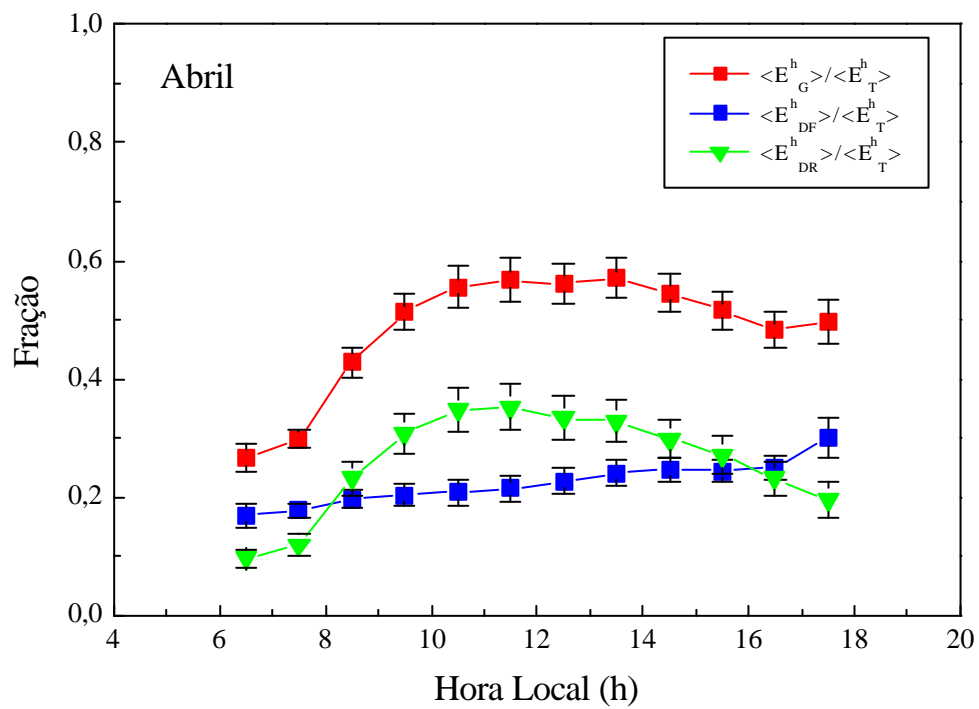
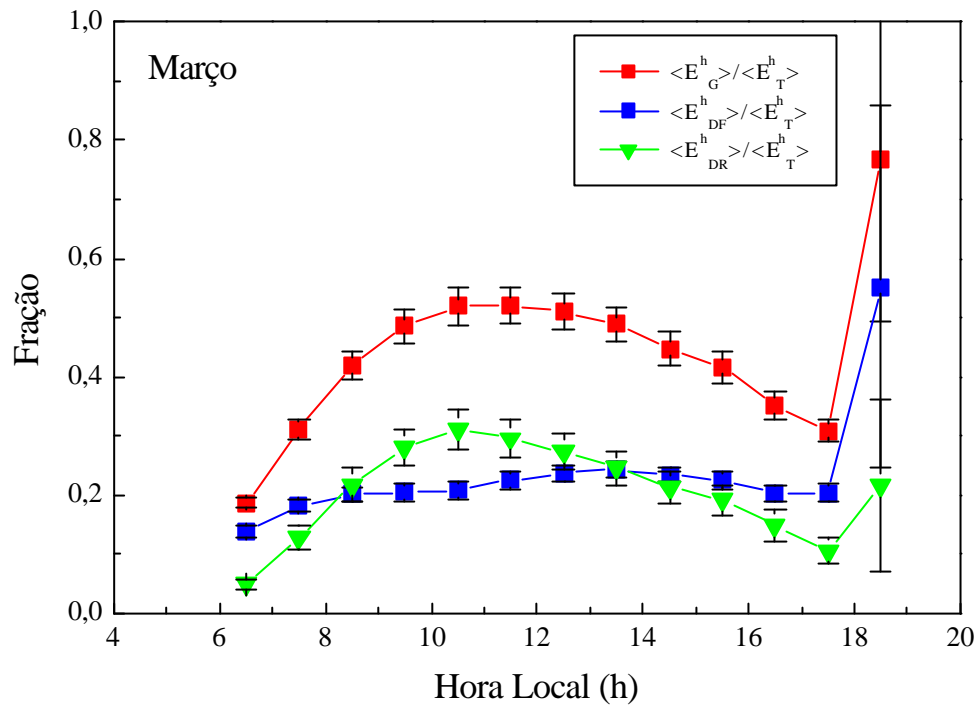


Figura 6.13: idem à Figura 6.12 para os meses de março e abril.

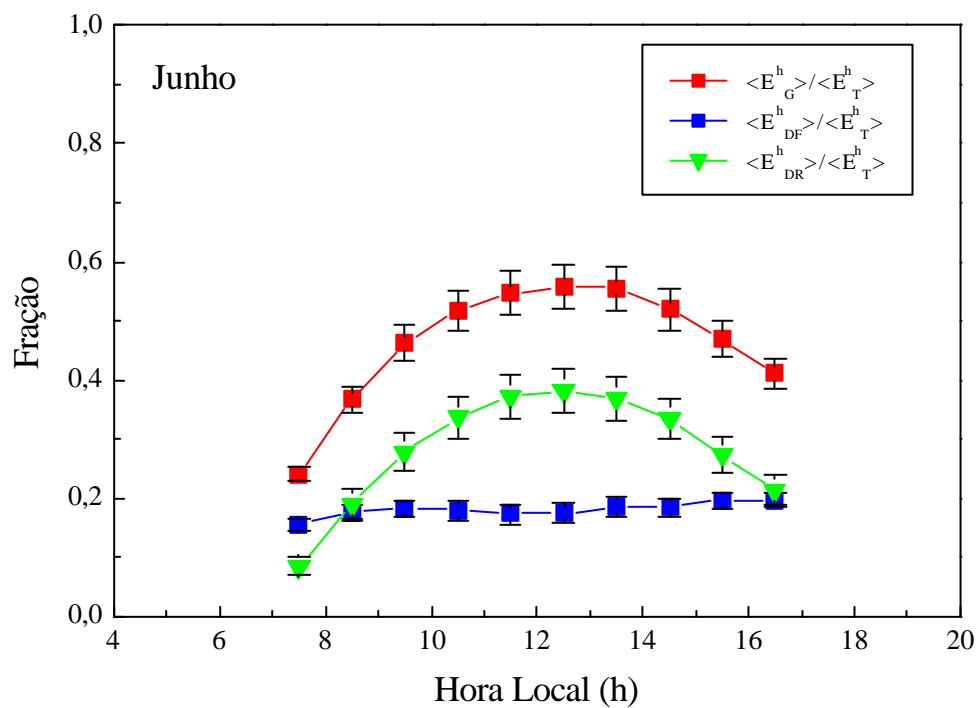
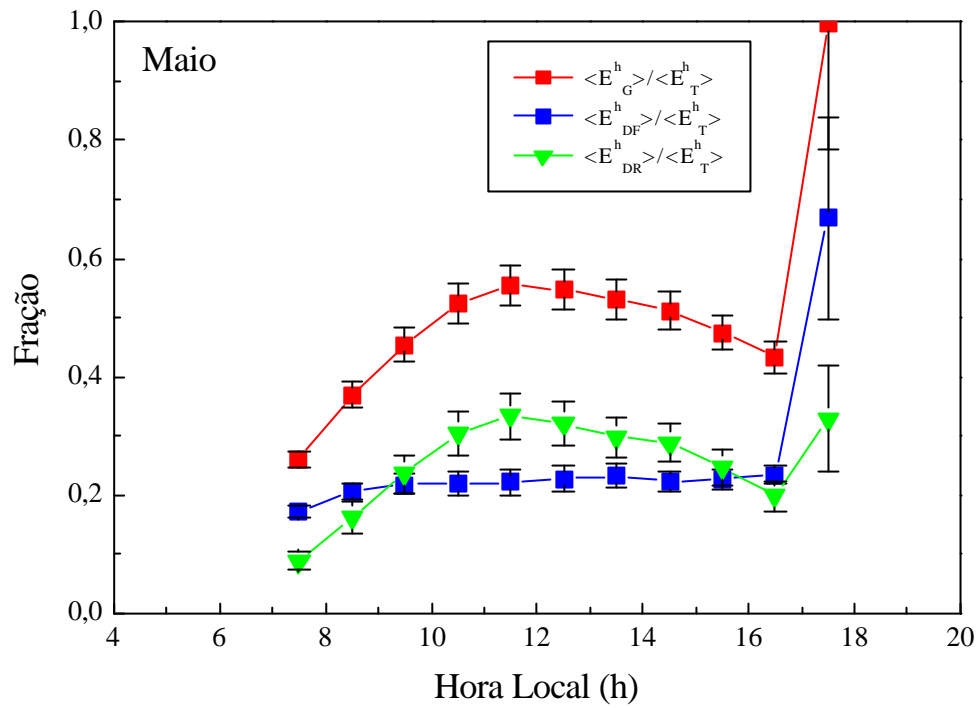


Figura 6.14: idem à Figura 6.12 para os meses de maio e junho.

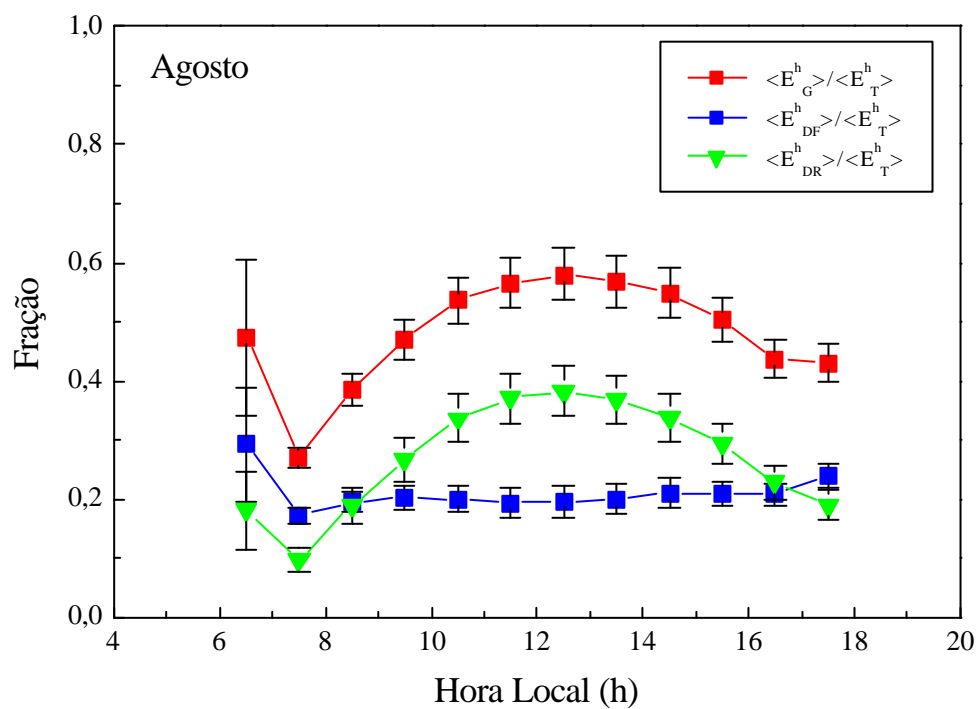
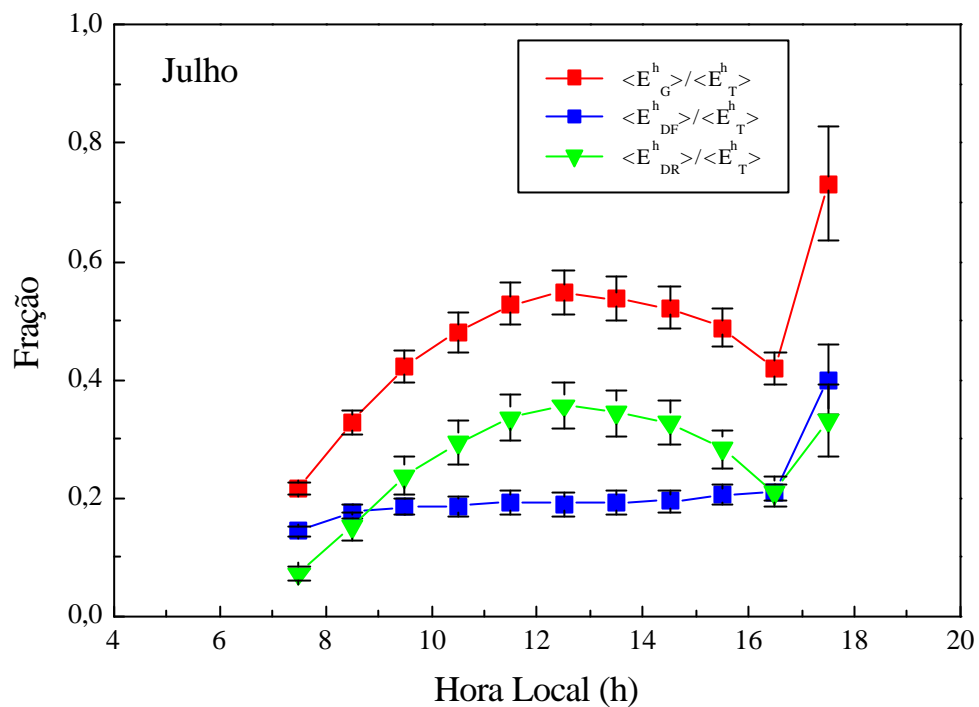


Figura 6.15: idem à Figura 6.12 para os meses de julho e agosto.

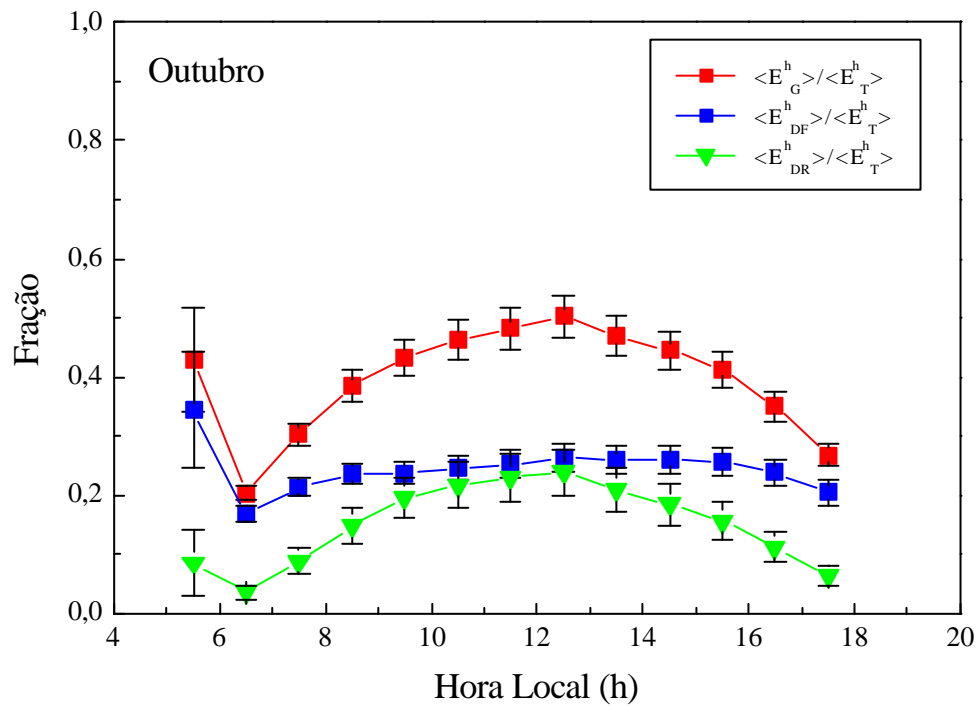
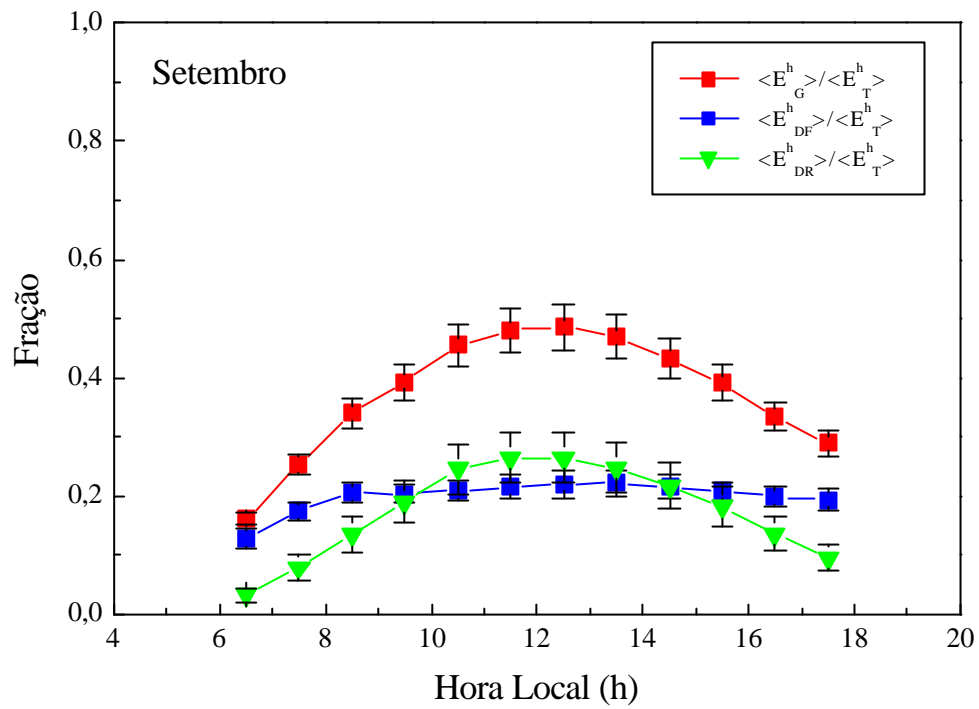


Figura 6.16: idem à Figura 6.12 para os meses de setembro e outubro.

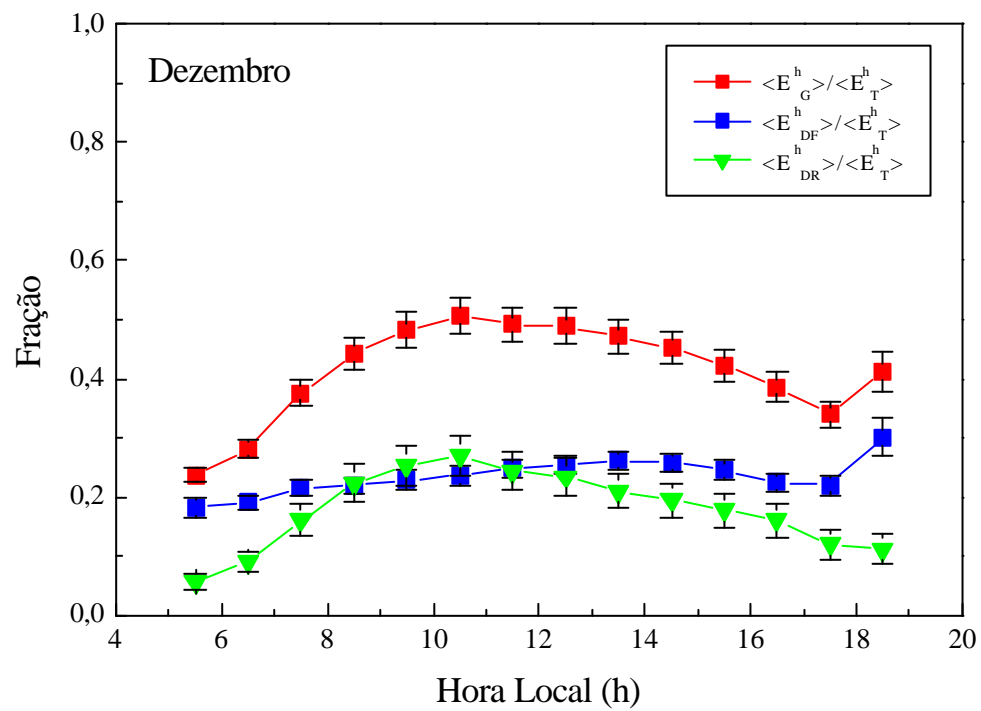
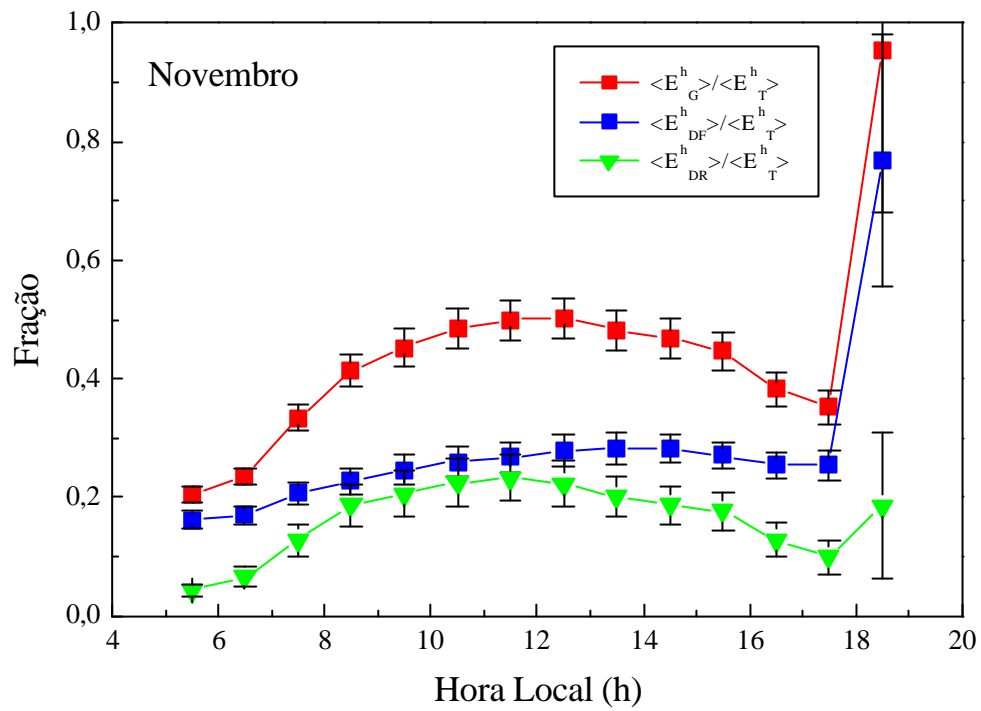
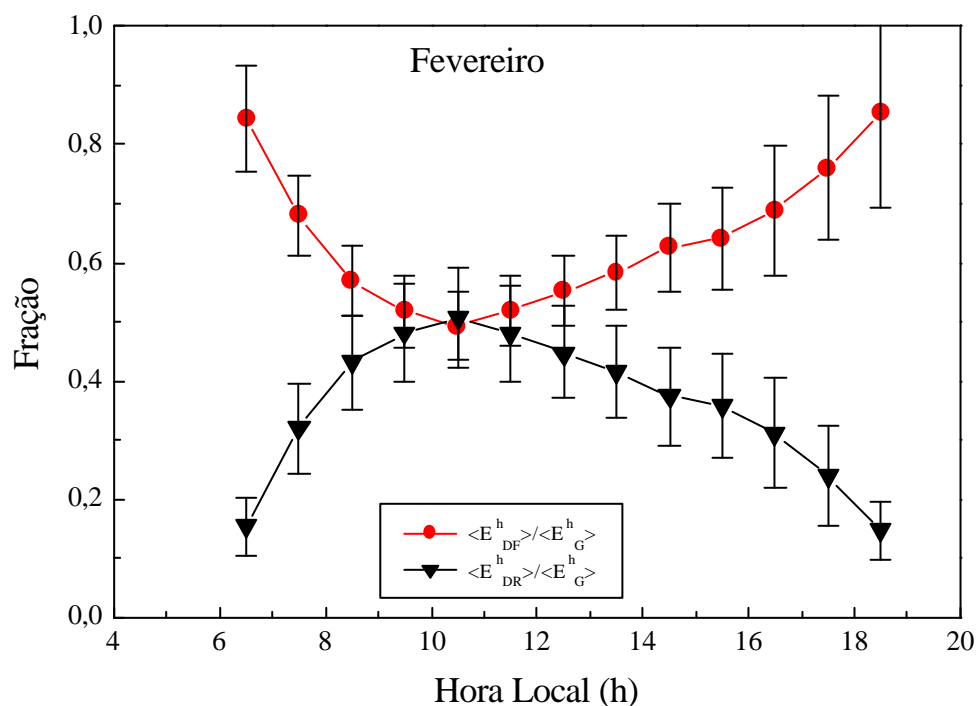
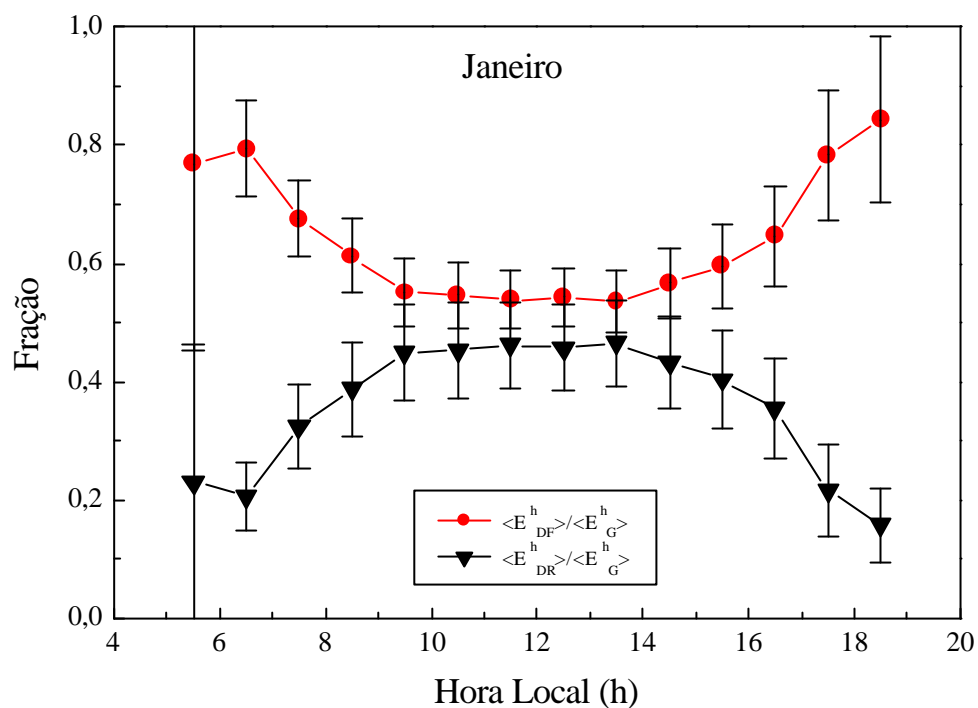


Figura 6.17: idem à Figura 6.12 para os meses de novembro e dezembro.



**Figura 6.18:** Variação diurna das frações dos valores horários médios mensais da radiação solar difusa e direta em relação à radiação solar global incidente na superfície durante os meses de janeiro e fevereiro. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

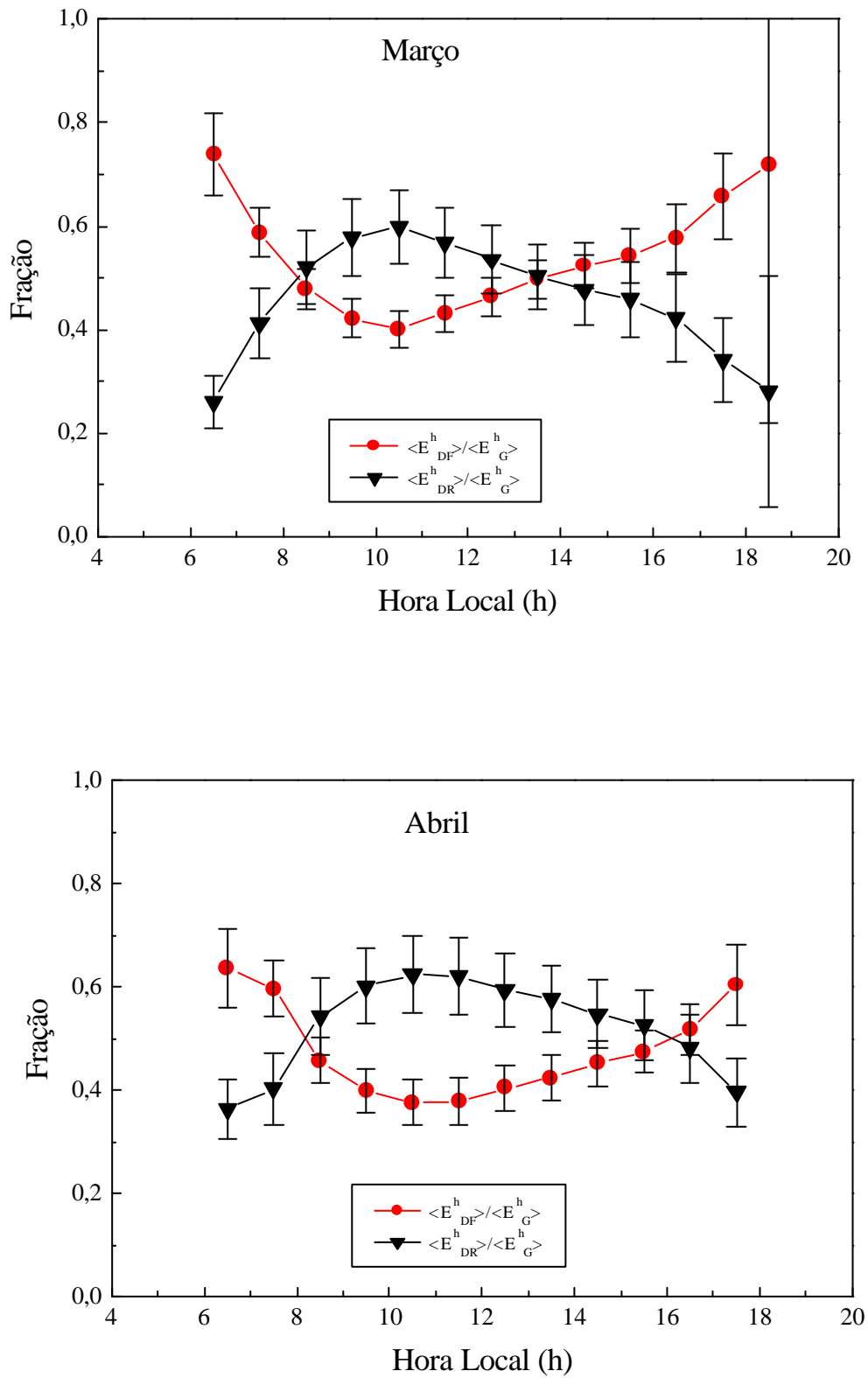


Figura 6.19: idem à Figura 6.18 para os meses de março e abril.



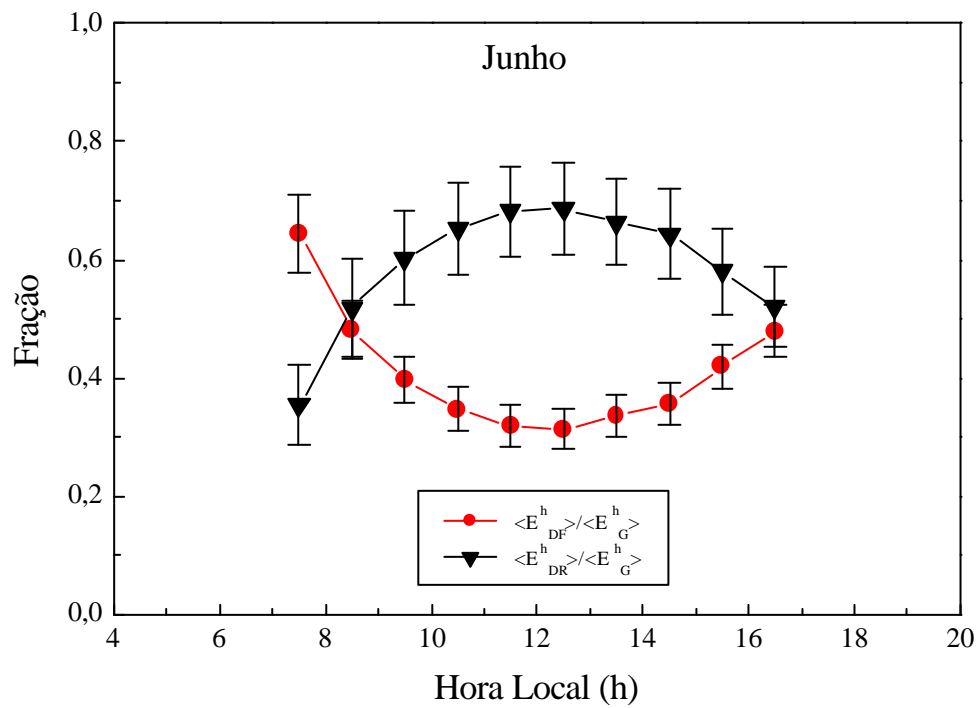
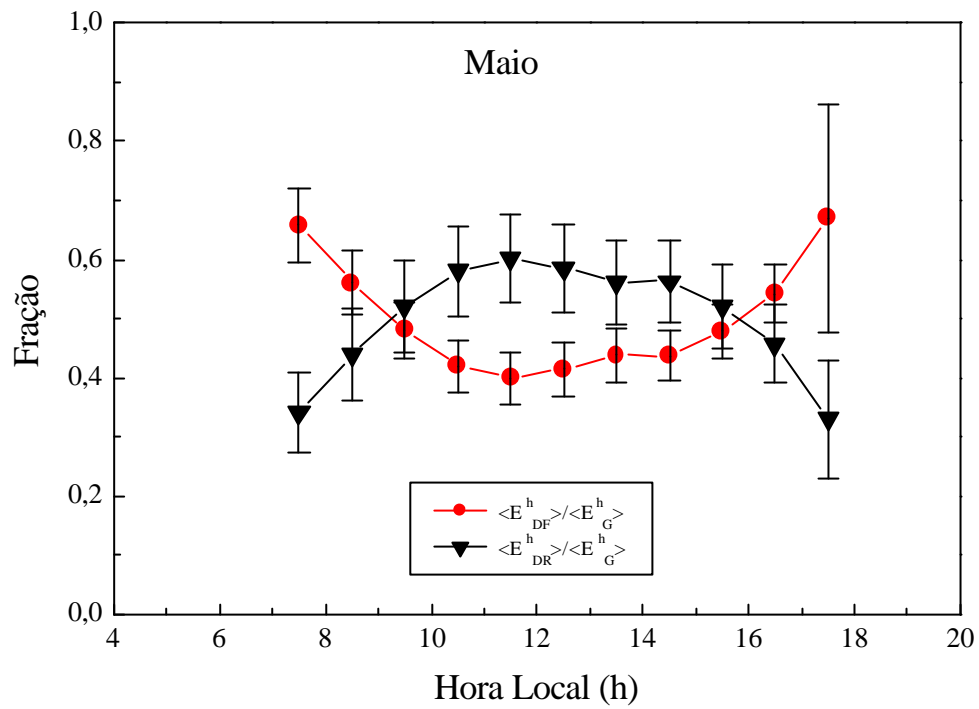


Figura 6.20: idem à Figura 6.18 para os meses de maio e junho.

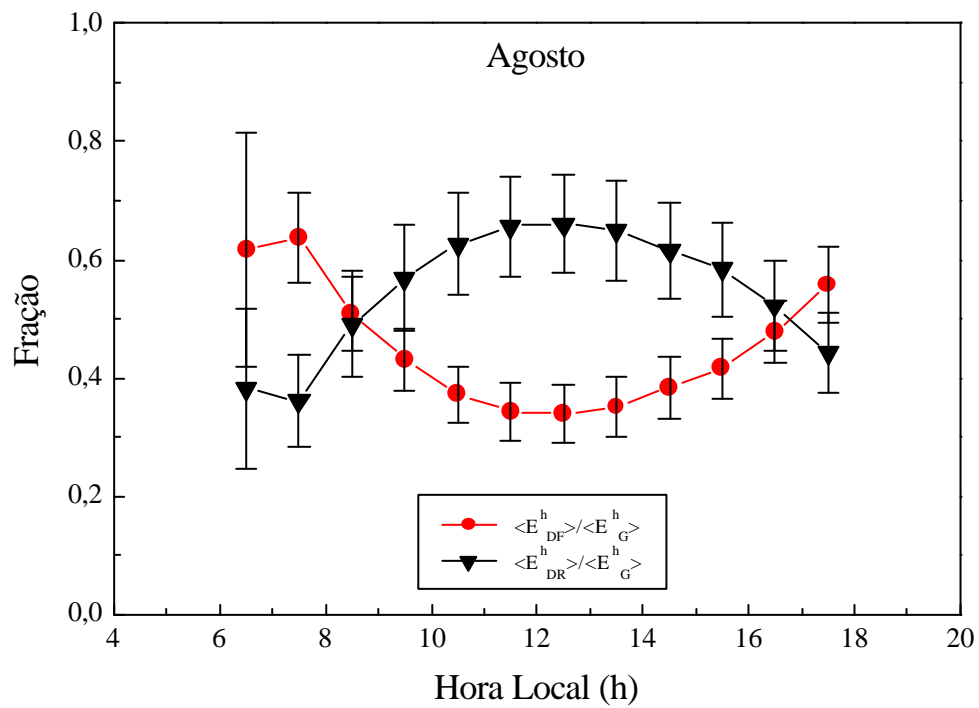
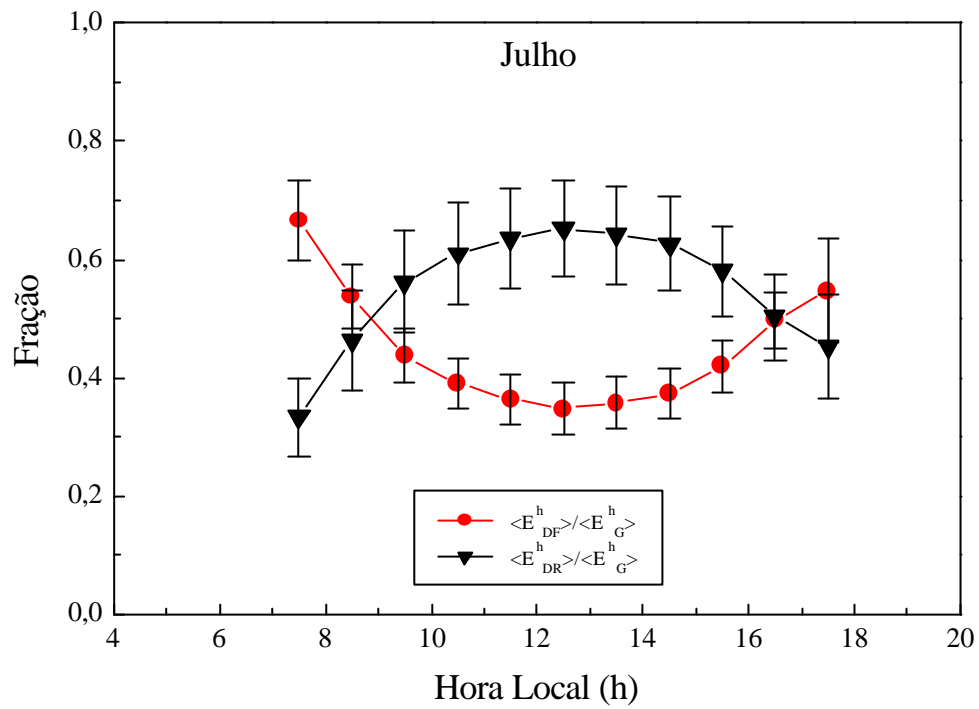


Figura 6.21: idem à Figura 6.18 para os meses de julho e agosto.

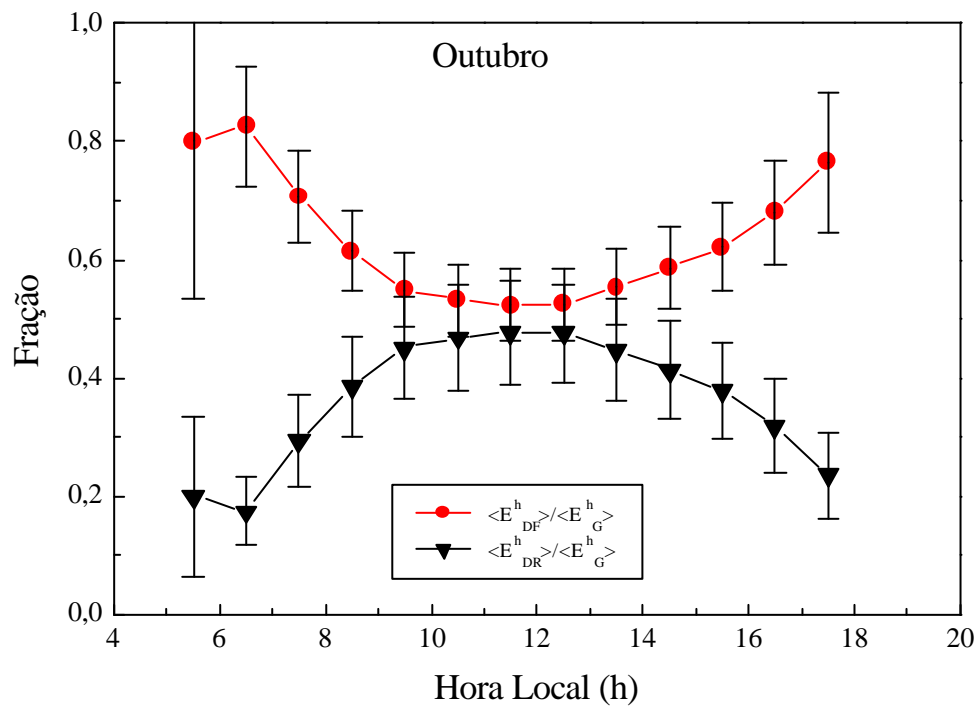
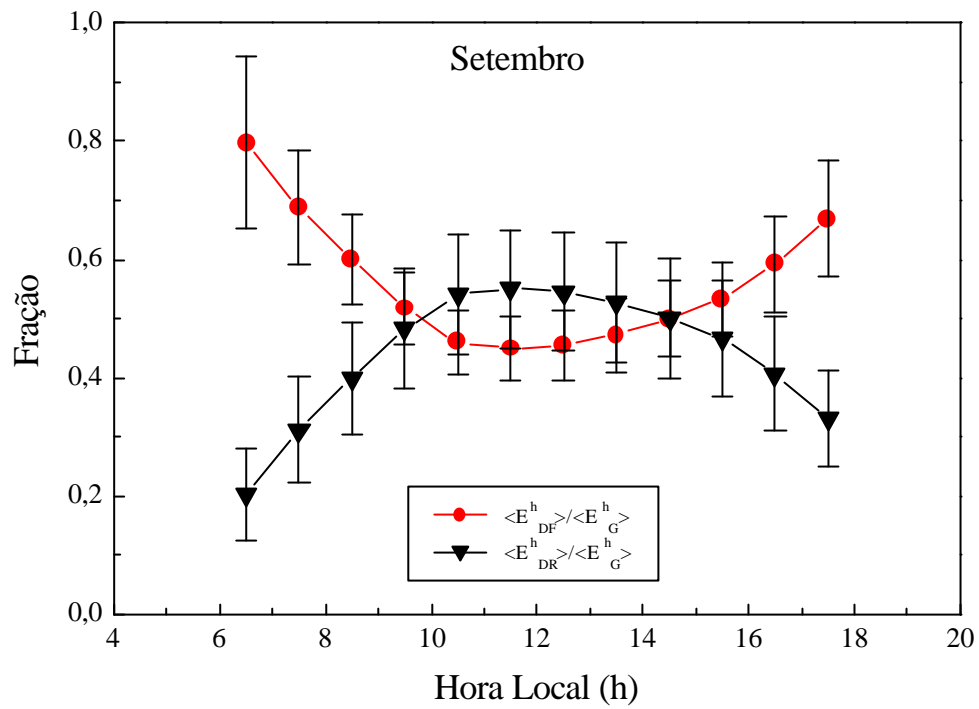


Figura 6.22: idem à Figura 6.18 para os meses de setembro e outubro.

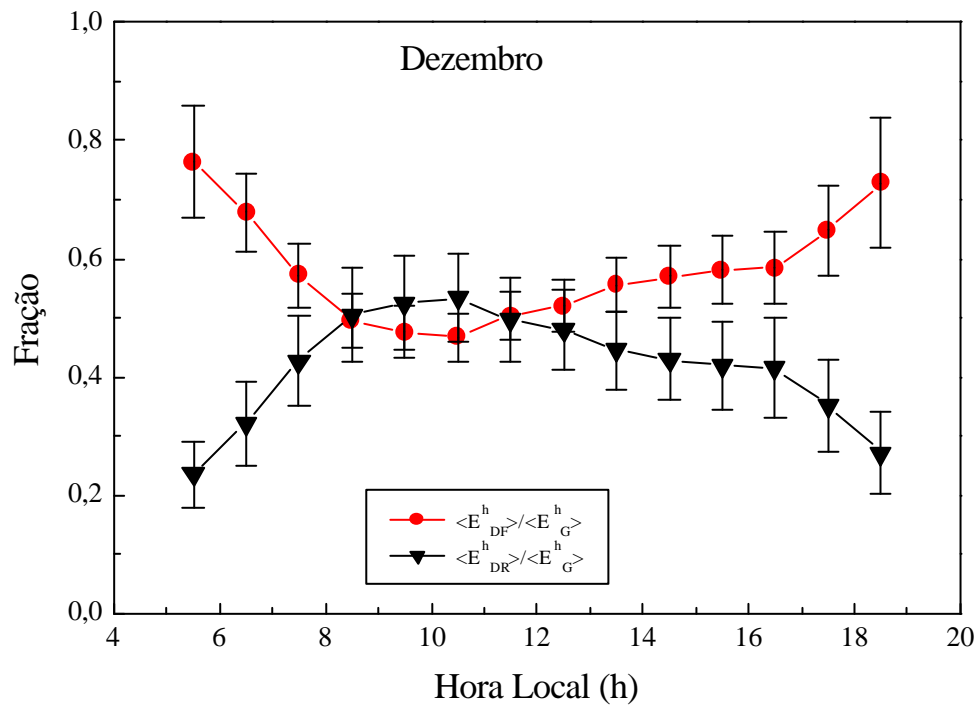
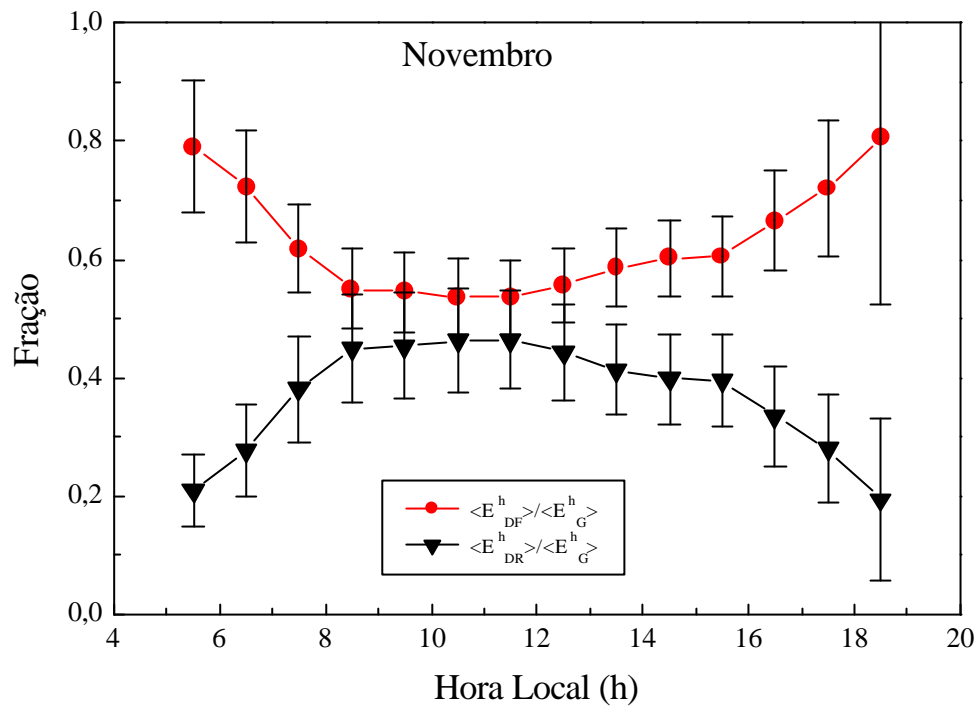
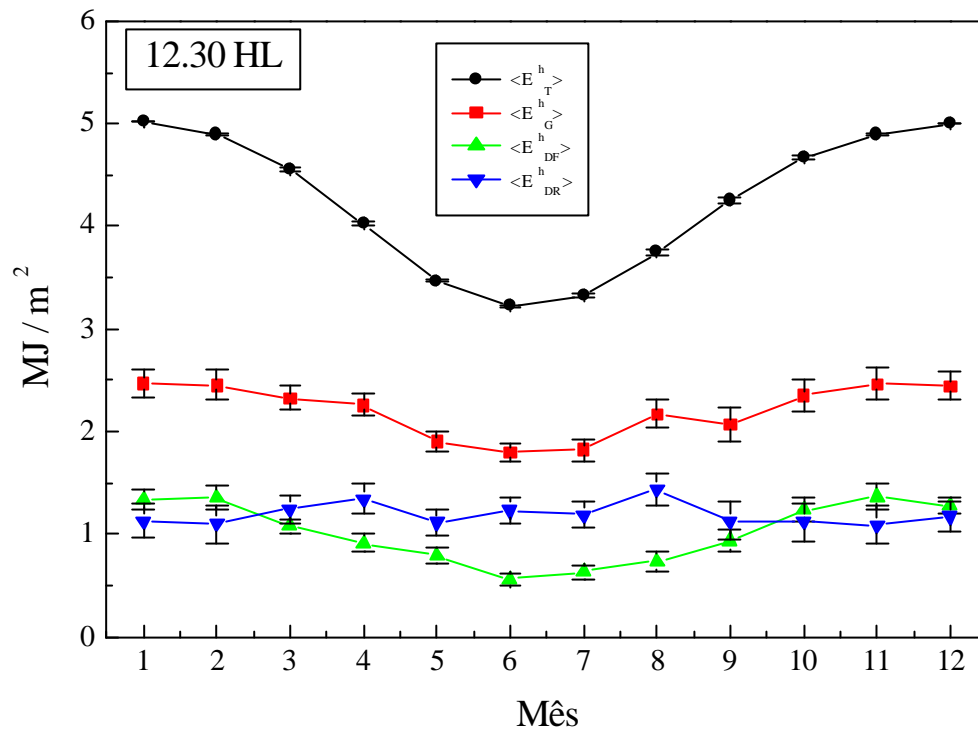
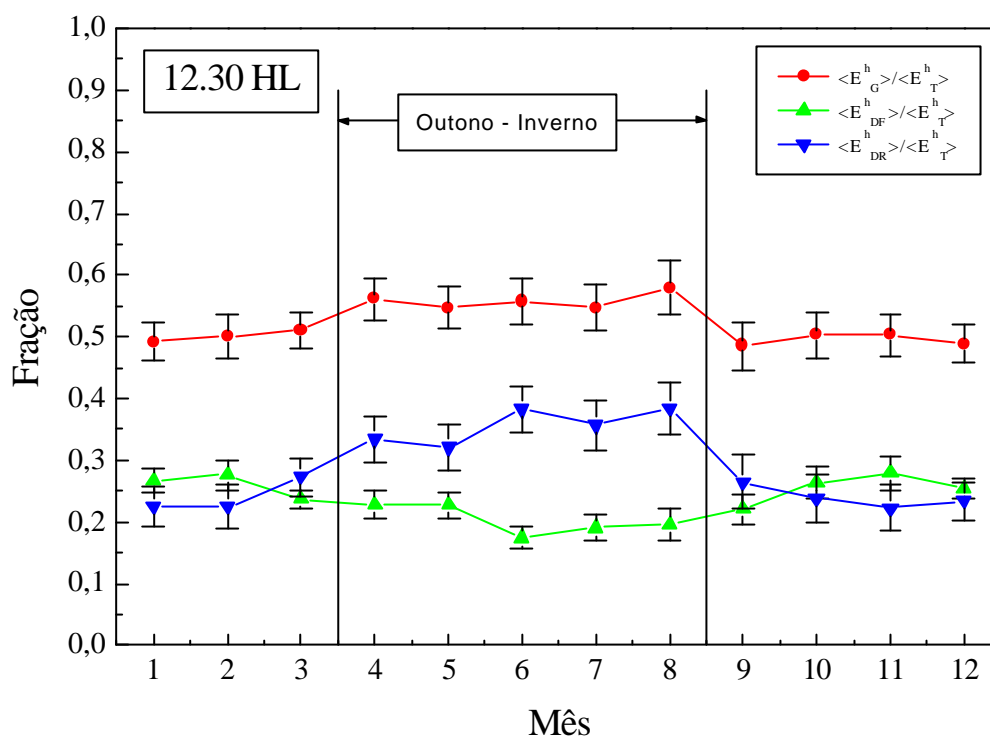


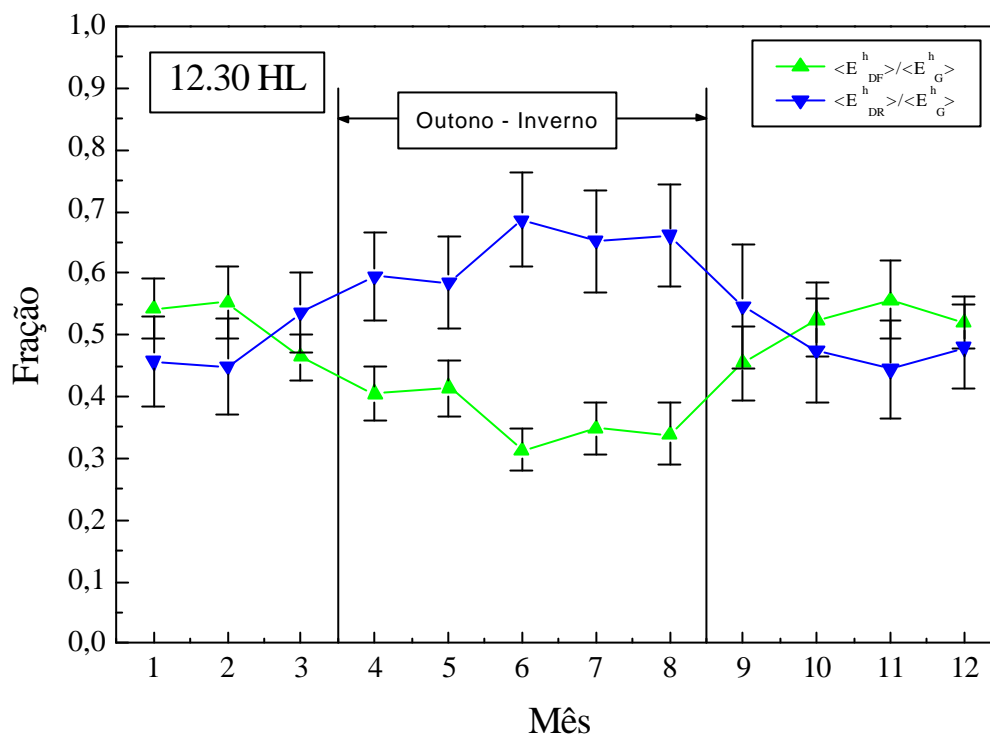
Figura 6.23: idem à Figura 6.16 para os meses de novembro e dezembro.



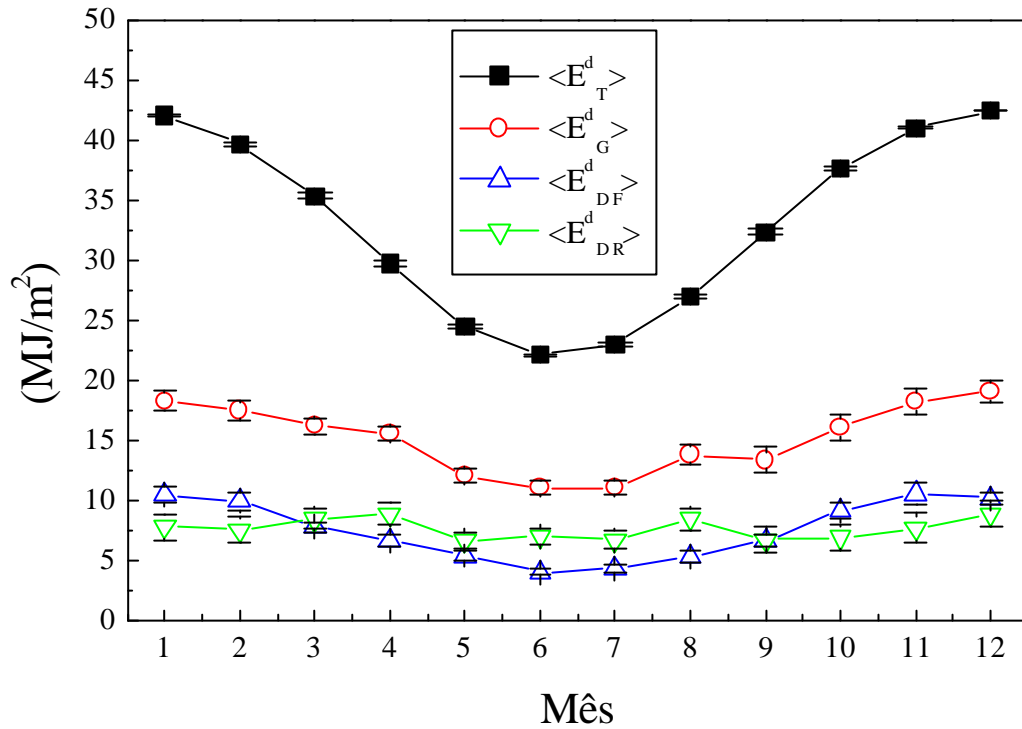
**Figura 6.24:** Variação anual dos valores horários médios mensais da radiação solar incidente no topo da atmosfera e na superfície, entre 12:00 e 13:00 horas local. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.



**Figura 6.25:** Variação das frações dos valores horários médios da radiação solar global, difusa e direta na superfície, em relação aos valores horários médios da radiação solar incidente no topo, entre 12:00 e 13:00 horas locais. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

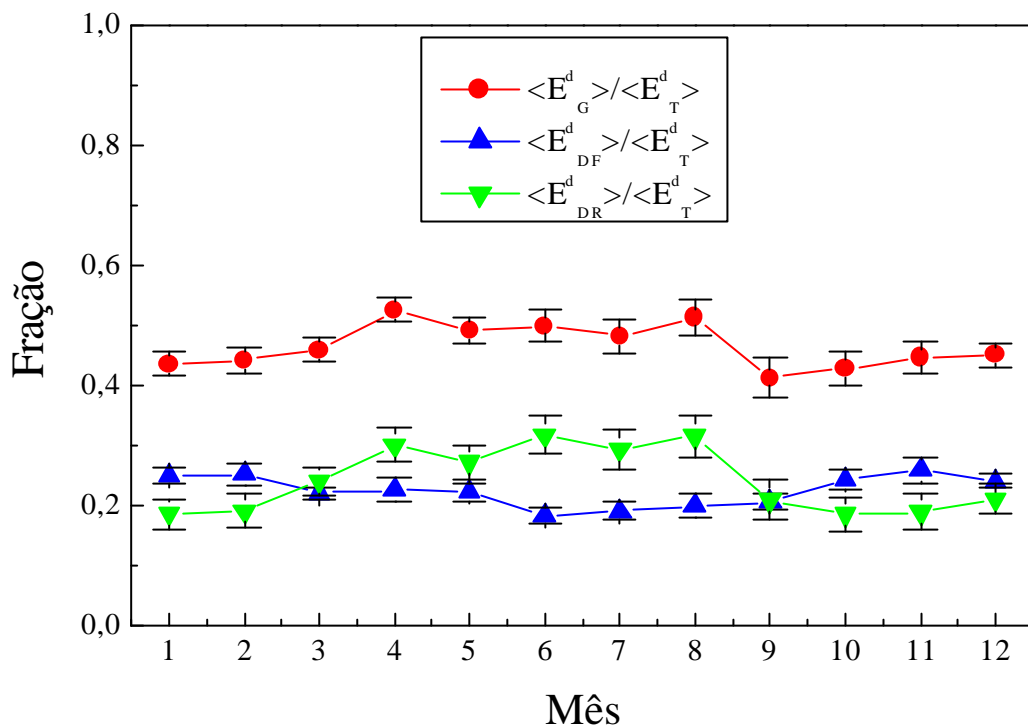


**Figura 6.26:** Variação anual das frações dos valores horários médios mensais da radiação solar difusa e direta em relação aos valores horários médios mensais da radiação solar global, incidentes na superfície, entre 12:00 e 13:00 horas local. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

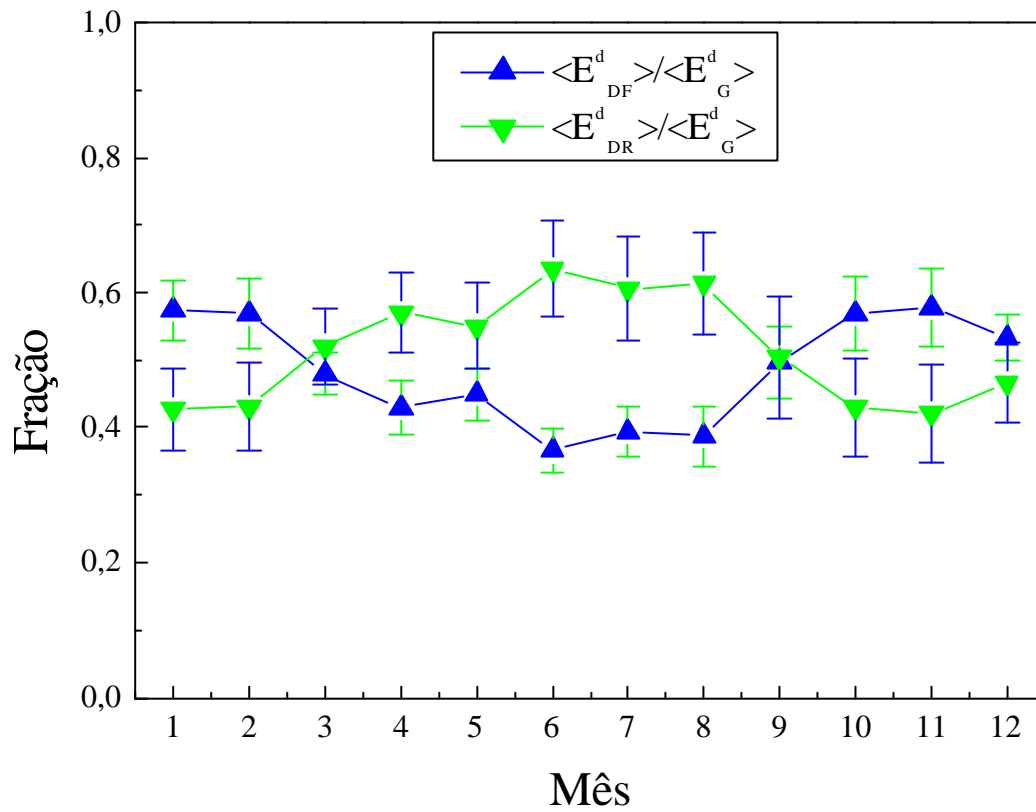


**Figura 6.27:** Variação anual dos valores diários médios mensais da radiação solar incidente no topo da atmosfera e da radiação solar global, difusa e direta incidentes na superfície. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.

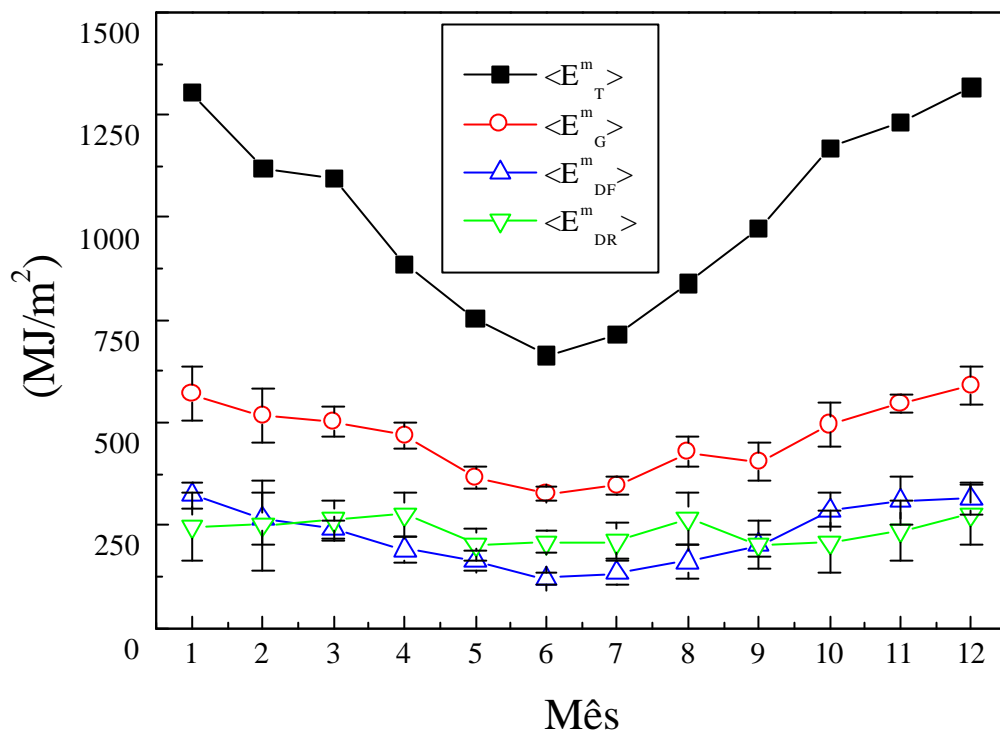




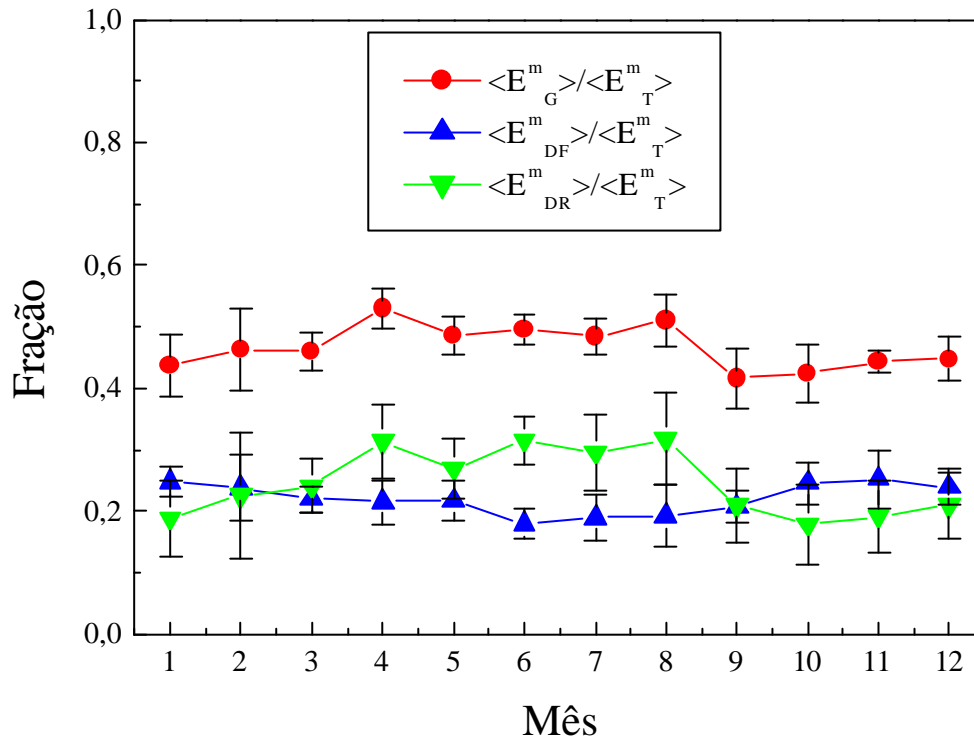
**Figura 6.28:** Variação anual das frações dos valores diários médios mensais da radiação solar global, difusa e direta incidentes na superfície, em relação aos valores médios mensais da radiação solar incidente no topo da atmosfera. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.



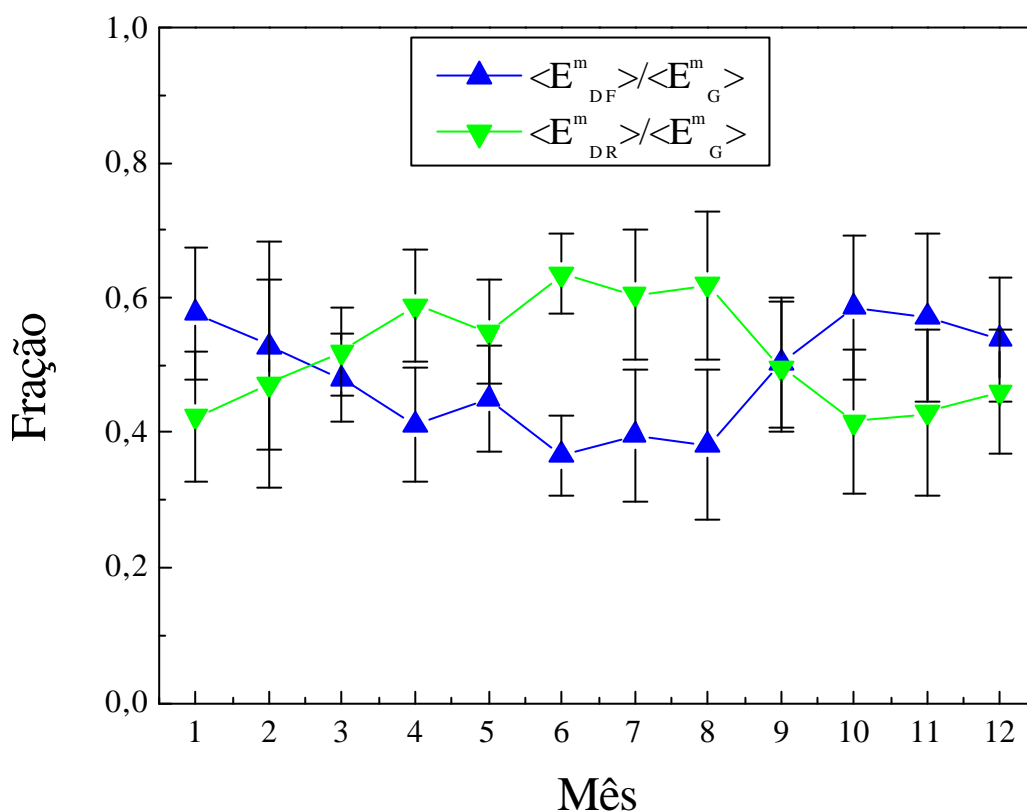
**Figura 6.29:** Variação anual das frações dos valores diários médios mensais da radiação solar difusa e direta em relação aos valores diários médios mensais da radiação solar global, incidentes na superfície. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.



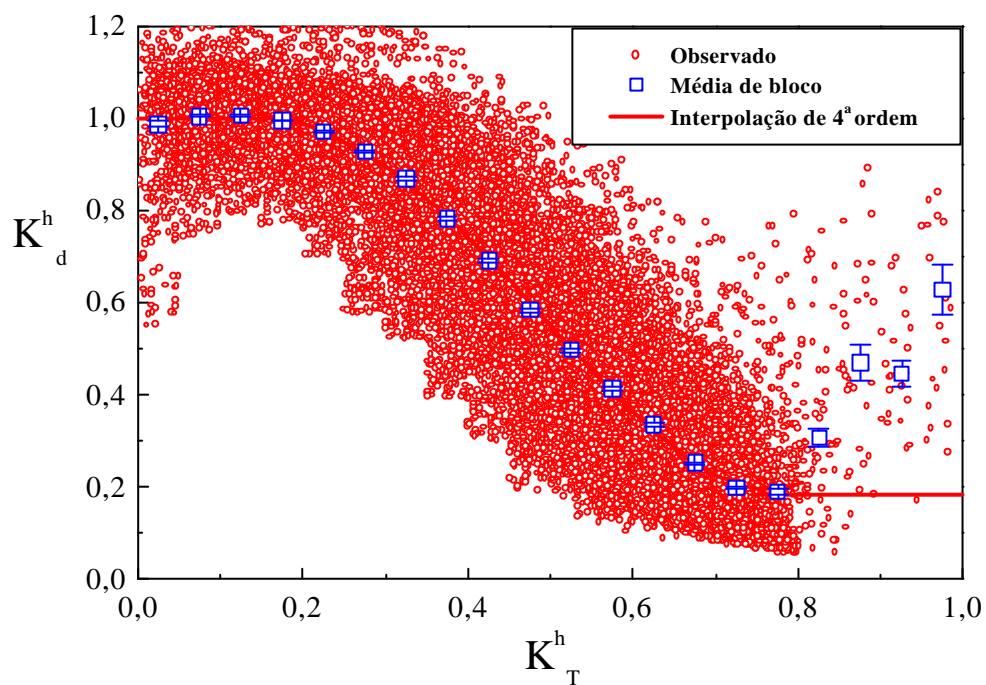
**Figura 6.30:** Variação anual dos valores mensais médios da radiação solar incidente no topo da atmosfera e da radiação solar global, difusa e direta incidentes na superfície. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.



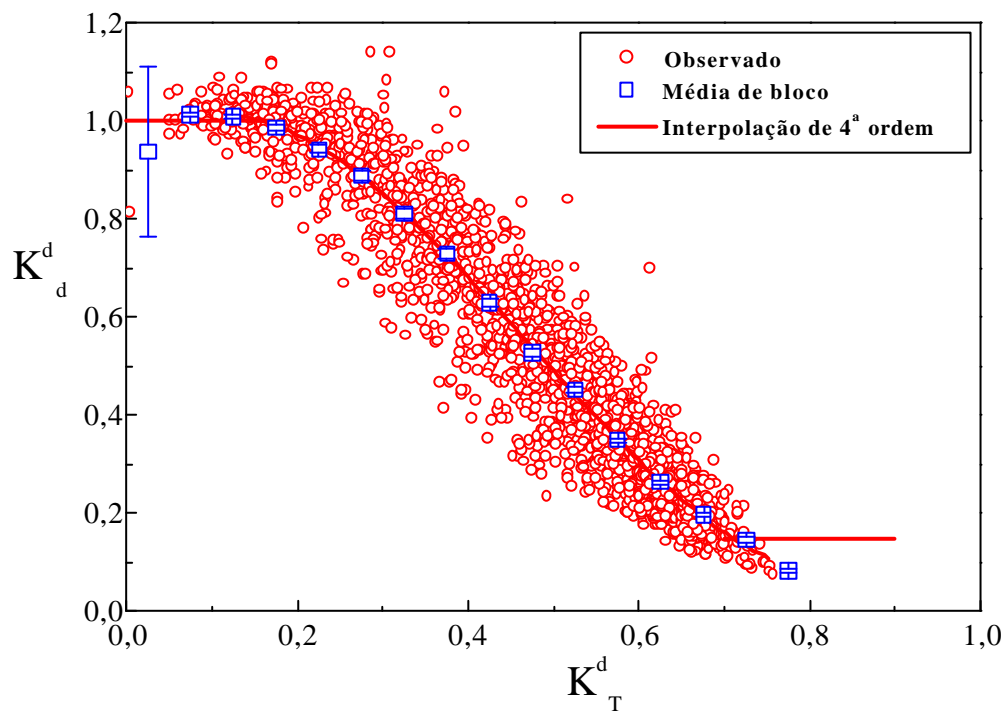
**Figura 6.31:** Variação anual das frações dos valores mensais médios da radiação solar global, difusa e direta incidentes na superfície, em relação aos valores mensais médios da radiação solar incidente no topo da atmosfera. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.



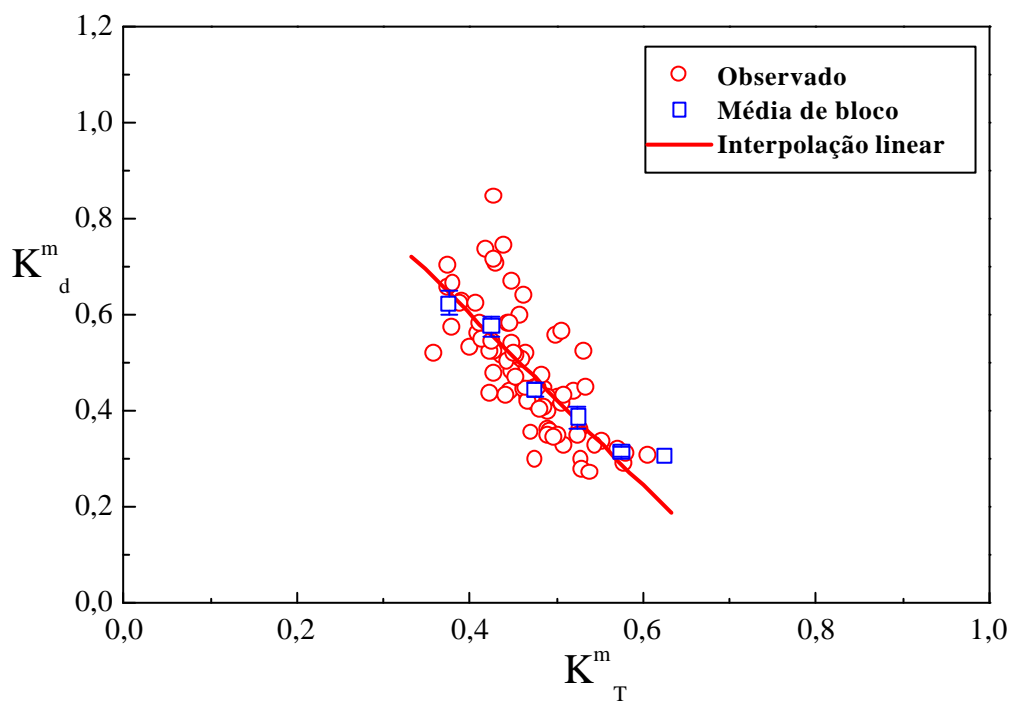
**Figura 6.32:** Variação anual das frações dos valores mensais médios da radiação solar difusa e direta em relação aos valores mensais médios da radiação solar global, incidentes na superfície. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001.



**Figura 6.33:** Diagrama de dispersão  $K_T^h - K_d^h$  para os totais horários de radiação solar na Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001. Polinômio interpolado:  $y = 0,96 + 0,76 x - 2,60 x^2 - 3,96 x^3 + 5,69 x^4$ .

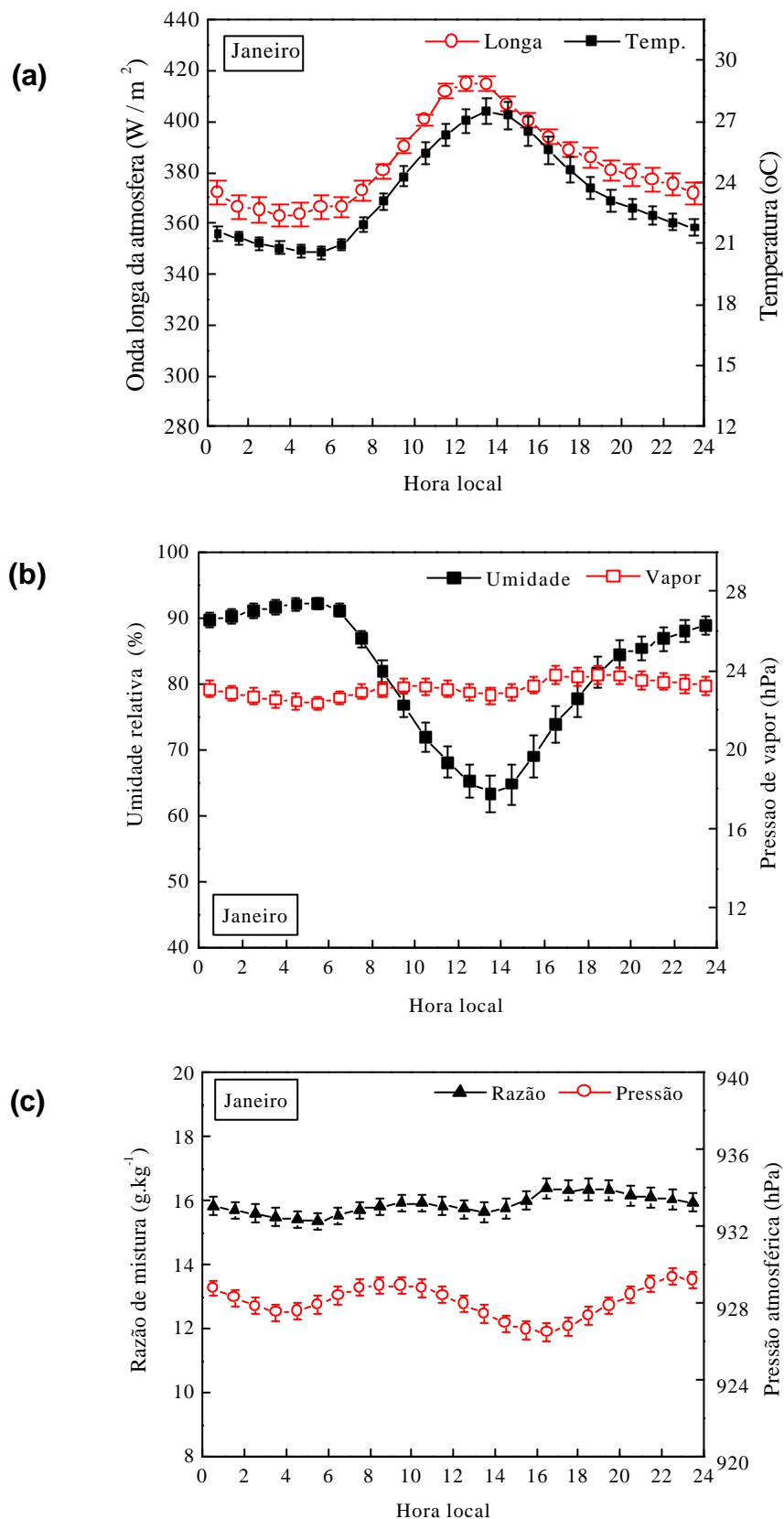


**Figura 6.34:** Diagrama de dispersão  $K_T^d - K_d^d$  para os totais diários de radiação solar na Cidade de São Paulo. O período de observação vai desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001. Polinômio interpolado:  $y = 0,94 + 1,32 x - 6,93 x^2 + 4,97 x^3 - 0,072 x^4$ .



**Figura 6.35:** Diagrama de dispersão  $K_T^m - K_d^m$  para os totais mensais de radiação solar na Cidade de São Paulo. O período de observação abrange desde 26 de abril de 1994 até 31 de maio de 2001. Polinômio interpolado:  $y = 1,31 - 1,78 x$ .





**Figura 8.11:** Evolução diurna média da (a) radiação atmosférica de onda longa e temperatura do ar; (b) umidade relativa e pressão de vapor e (c) razão de mistura e pressão atmosférica observadas em São Paulo no mês de janeiro. O período de observação vai desde 11 de setembro de 1997 até 31 de maio de 2001.

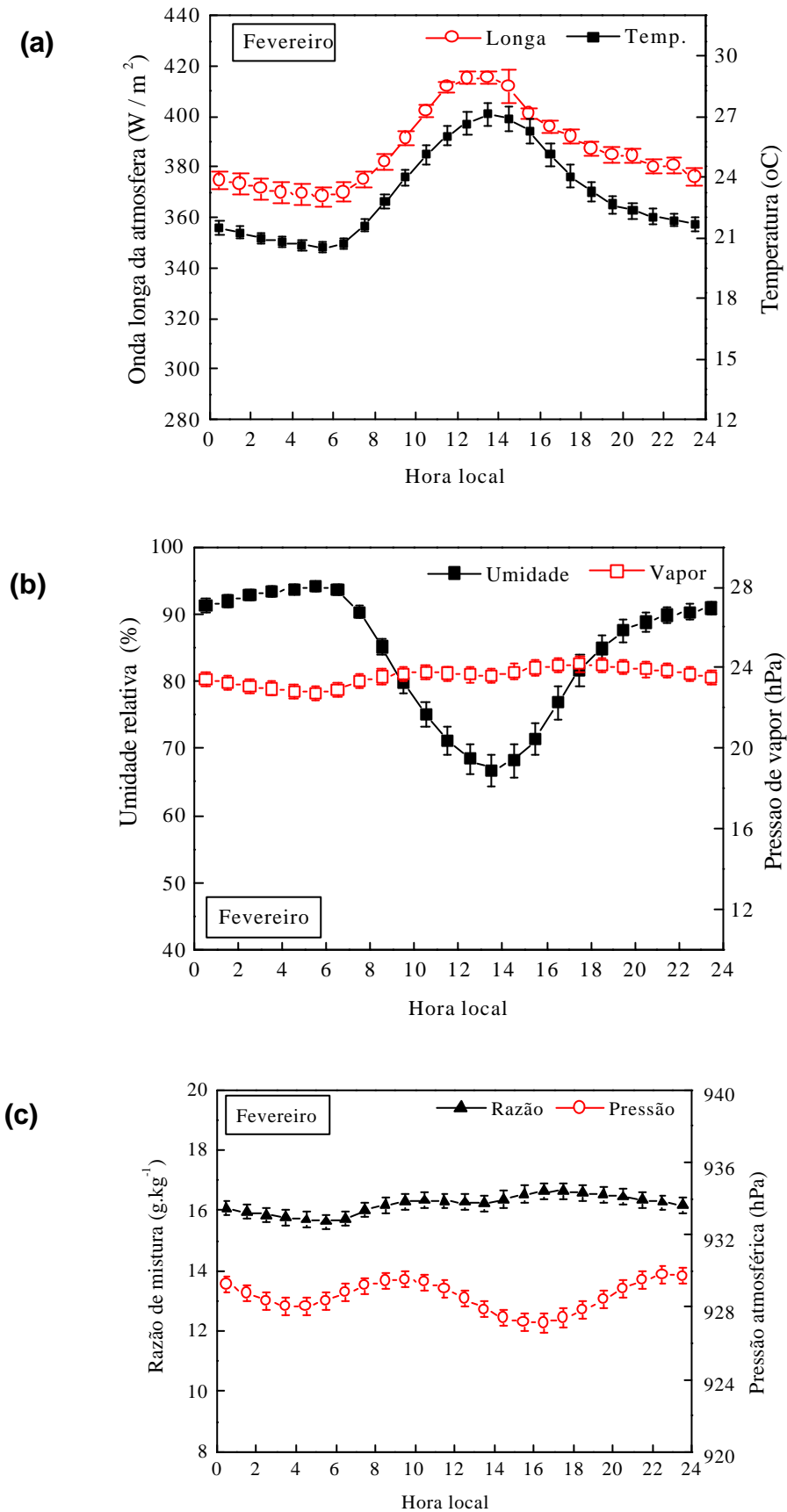


Figura 8.12: Idem à Figura 8.11, para o mês de fevereiro.

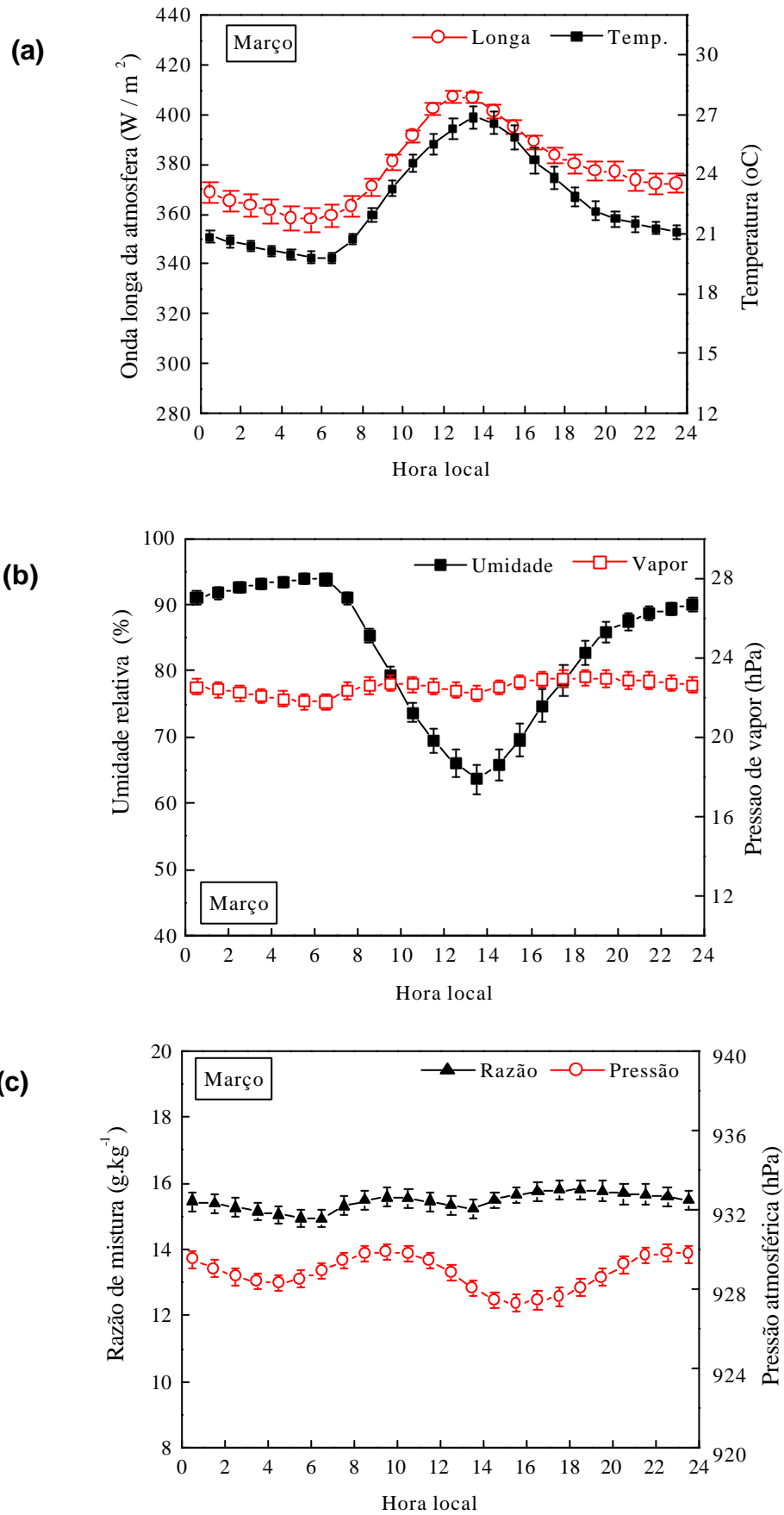


Figura 8.13: Idem à Figura 8.11, para o mês de março.

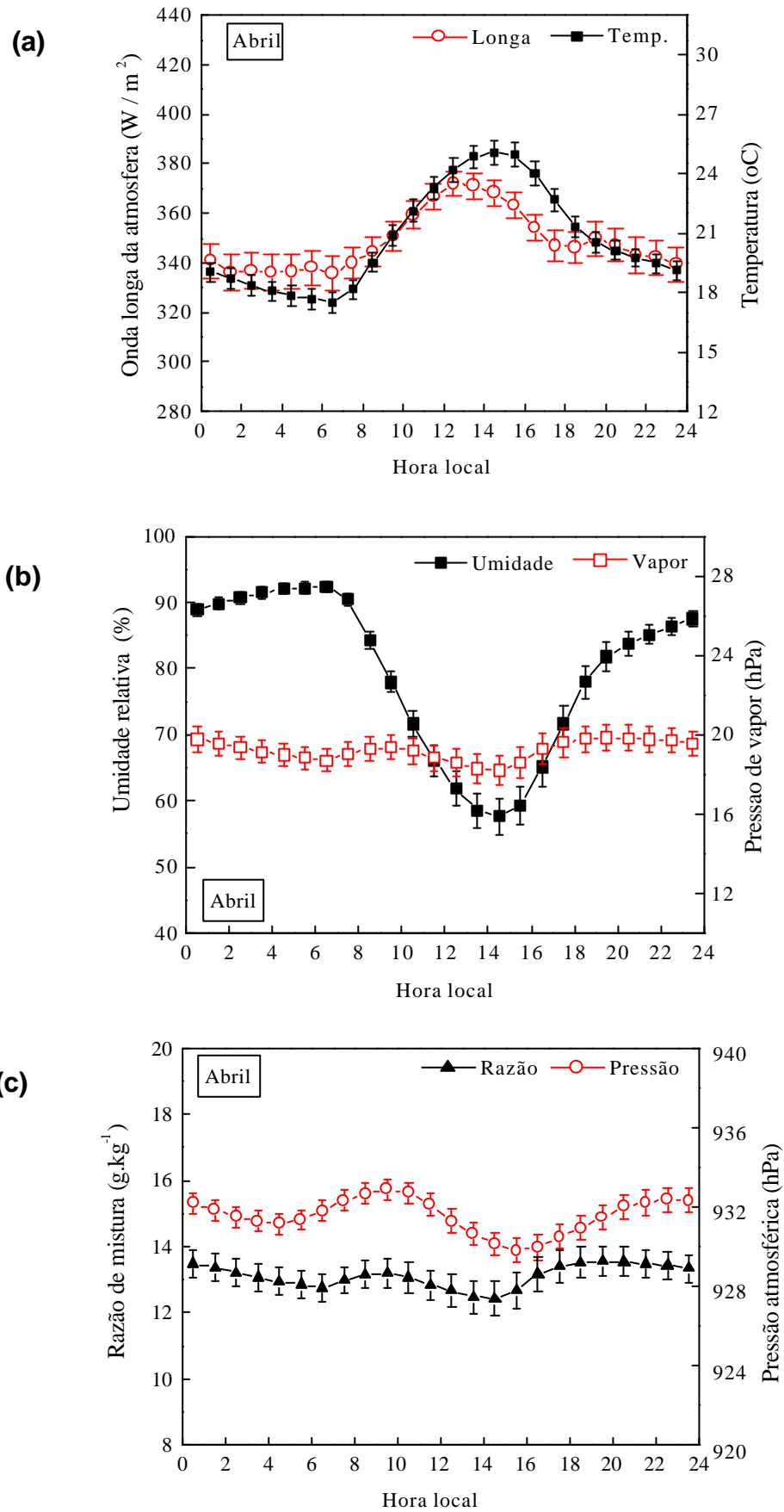


Figura 8.14: Idem à Figura 8.11, para o mês de abril.

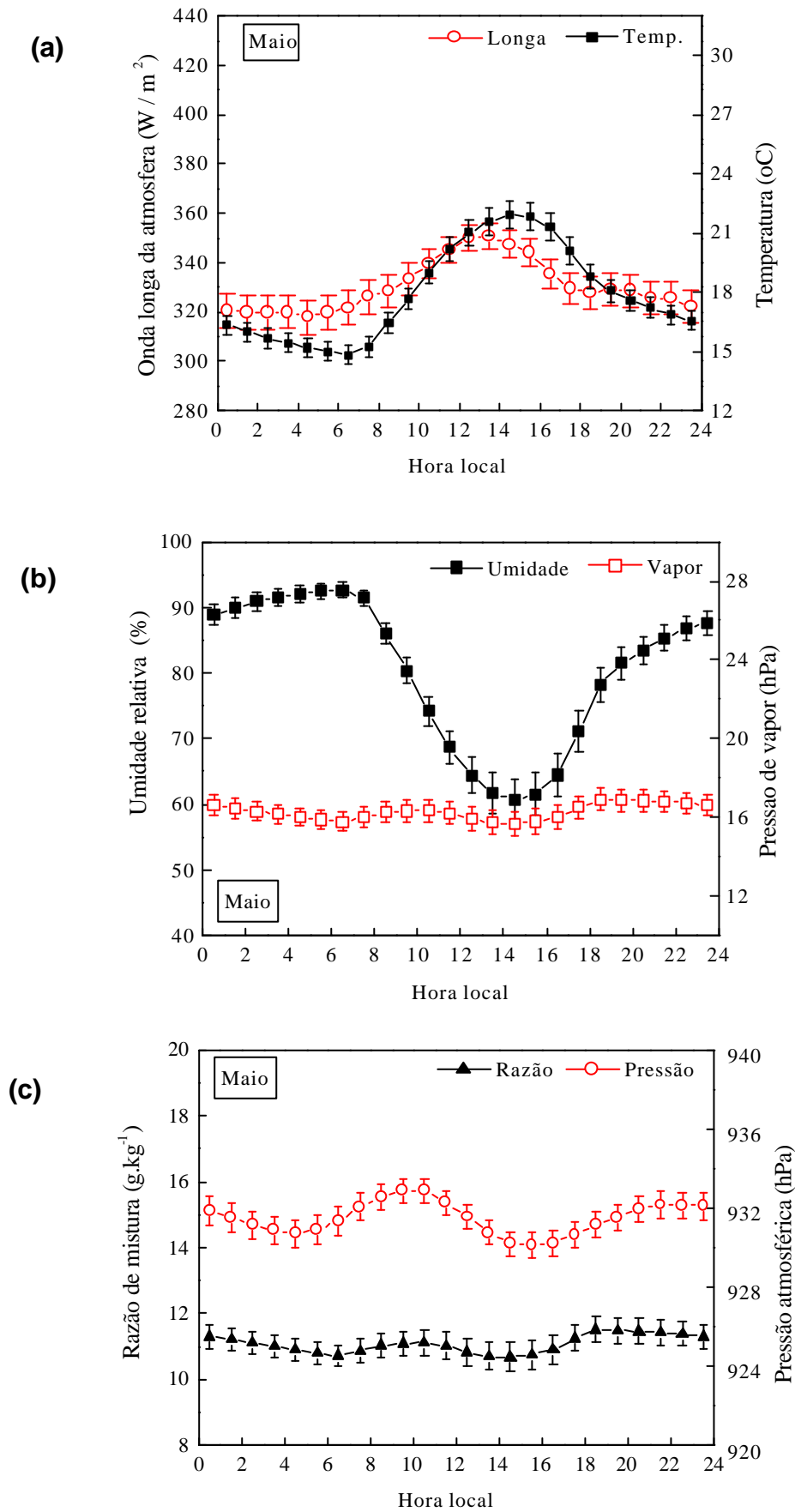


Figura 8.15: Idem à Figura 8.11, para o mês de maio.

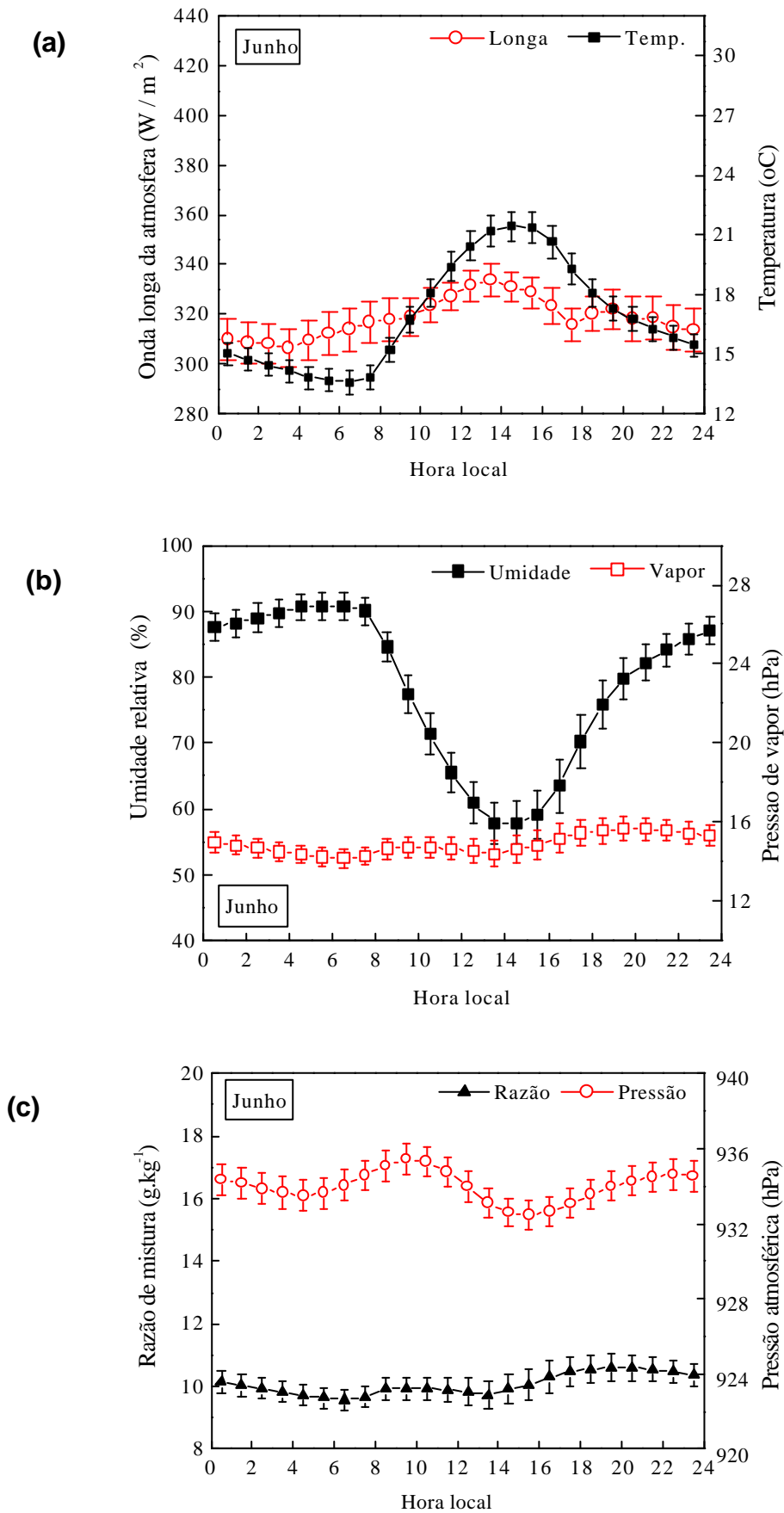


Figura 8.16: Idem à Figura 8.11, para o mês de junho.

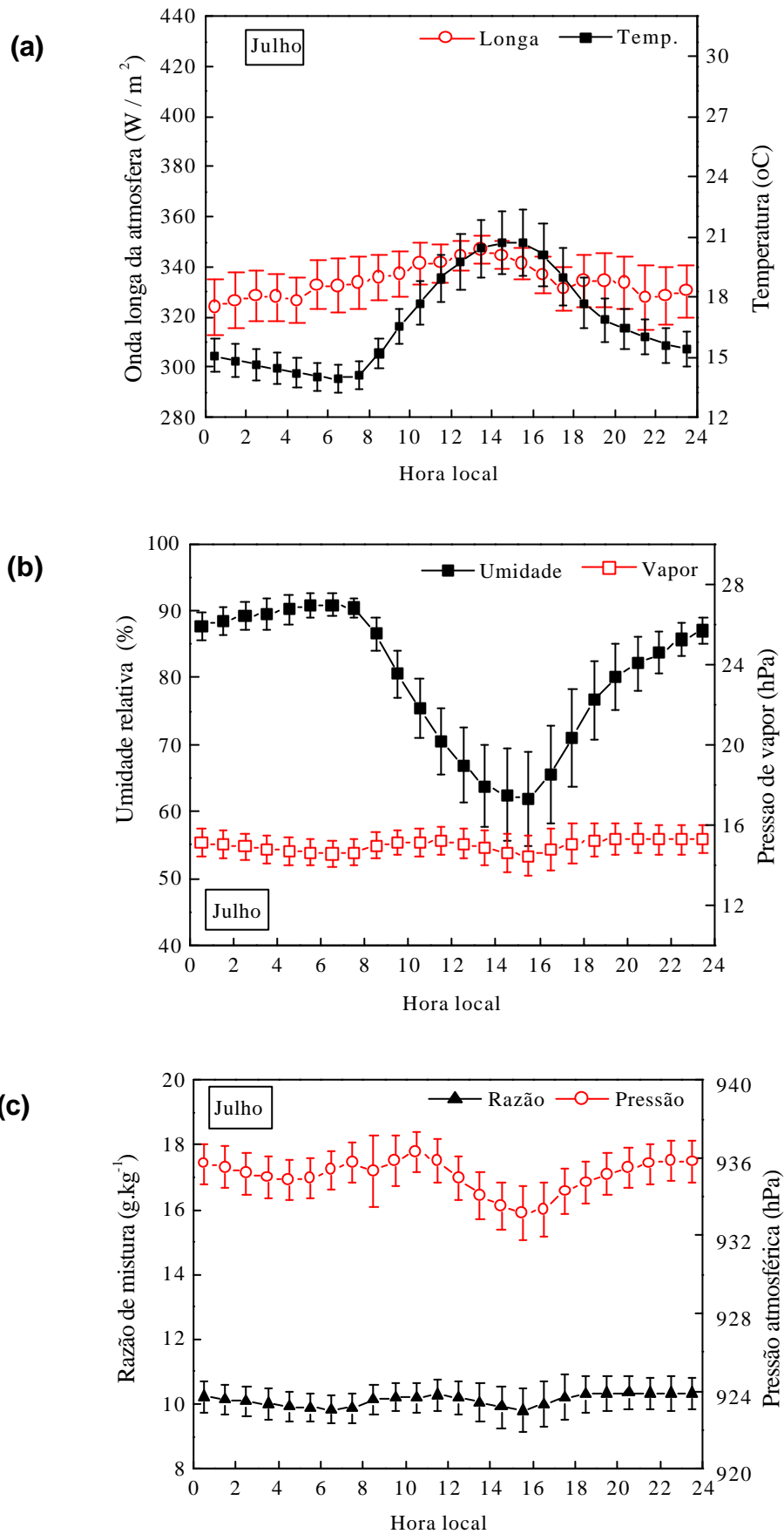


Figura 8.17: Idem à Figura 8.11, para o mês de julho.

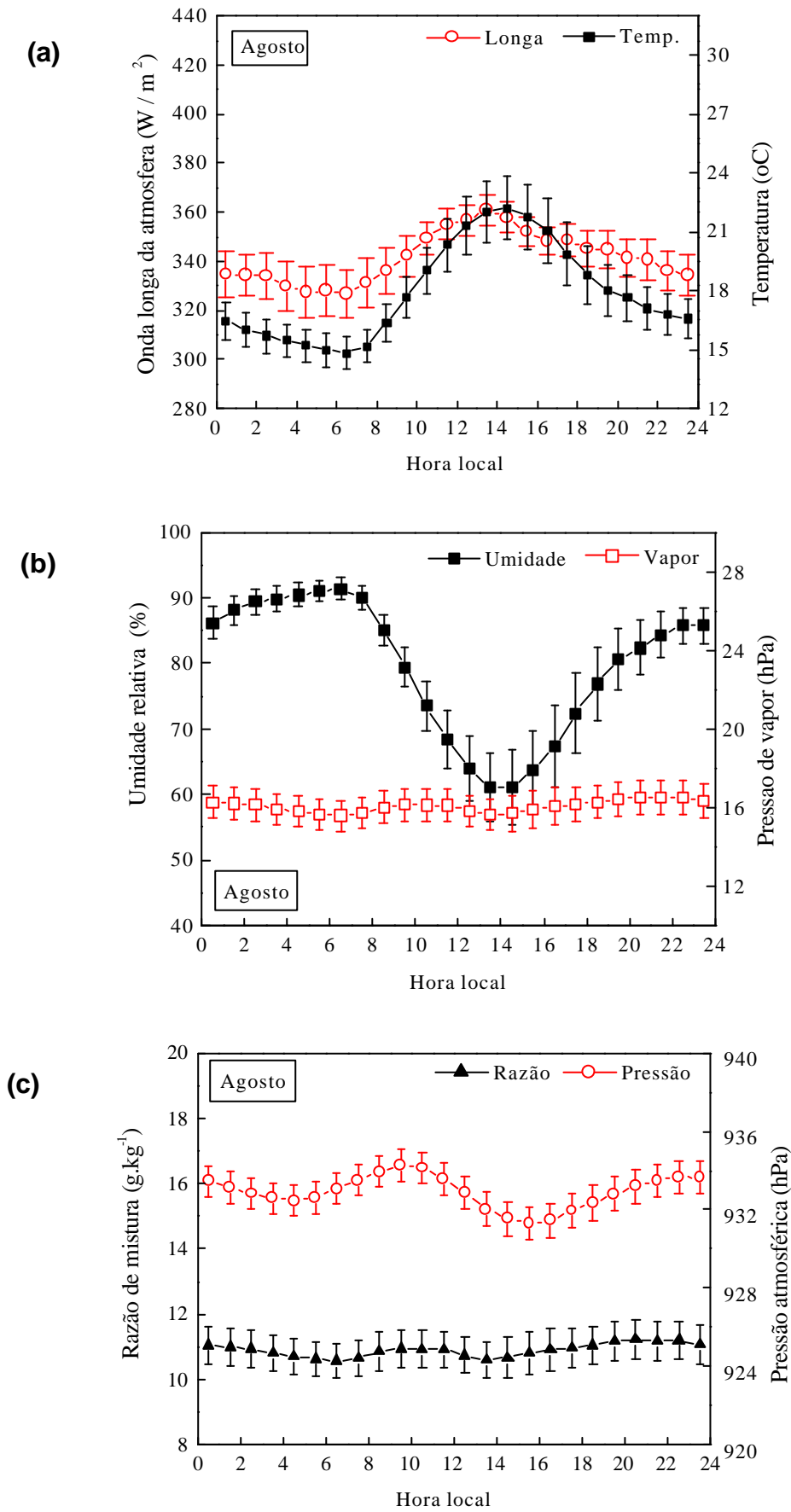


Figura 8.18: Idem à Figura 8.11, para o mês de agosto.



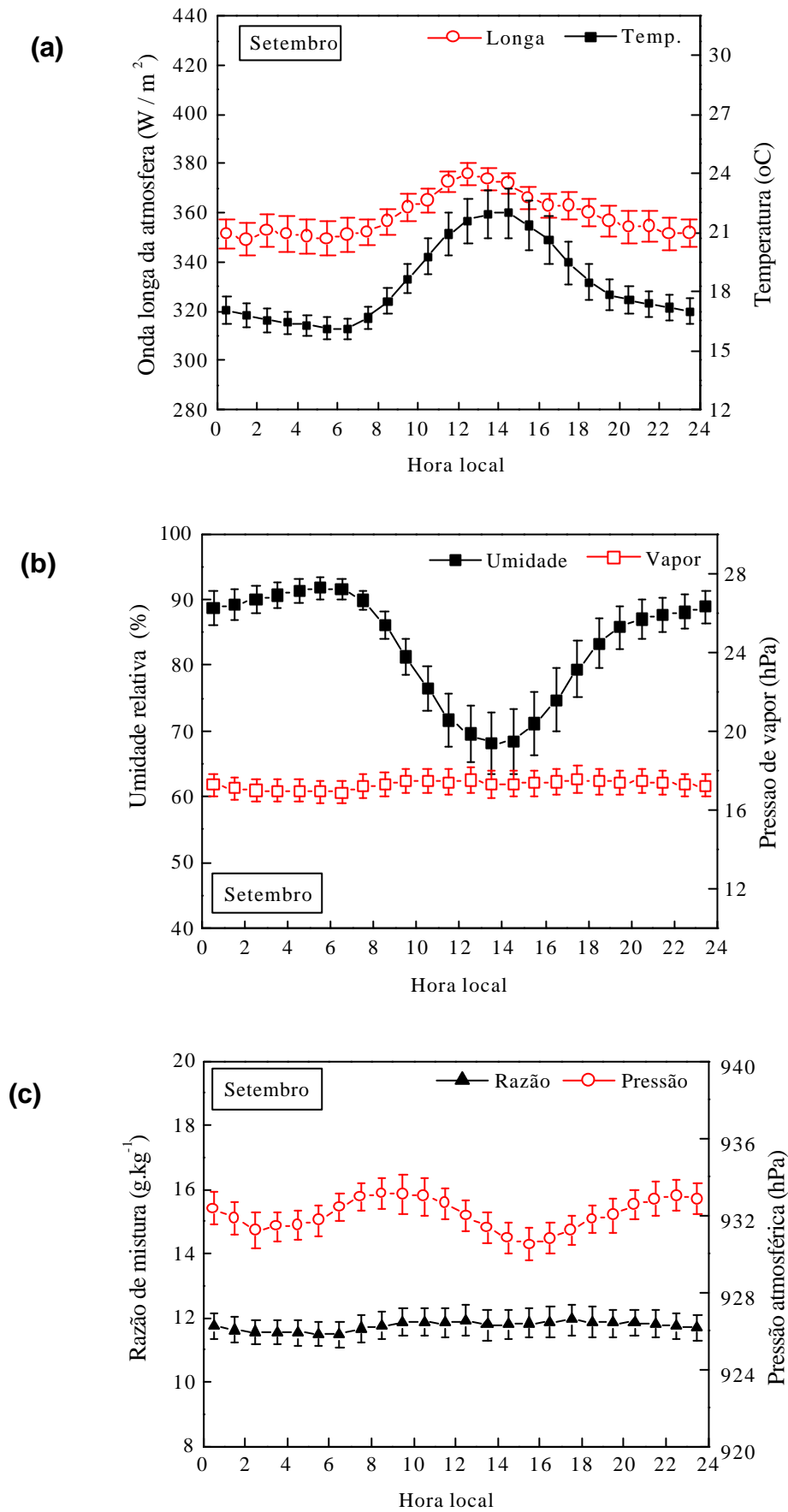


Figura 8.19: Idem à Figura 8.11, para o mês de setembro.

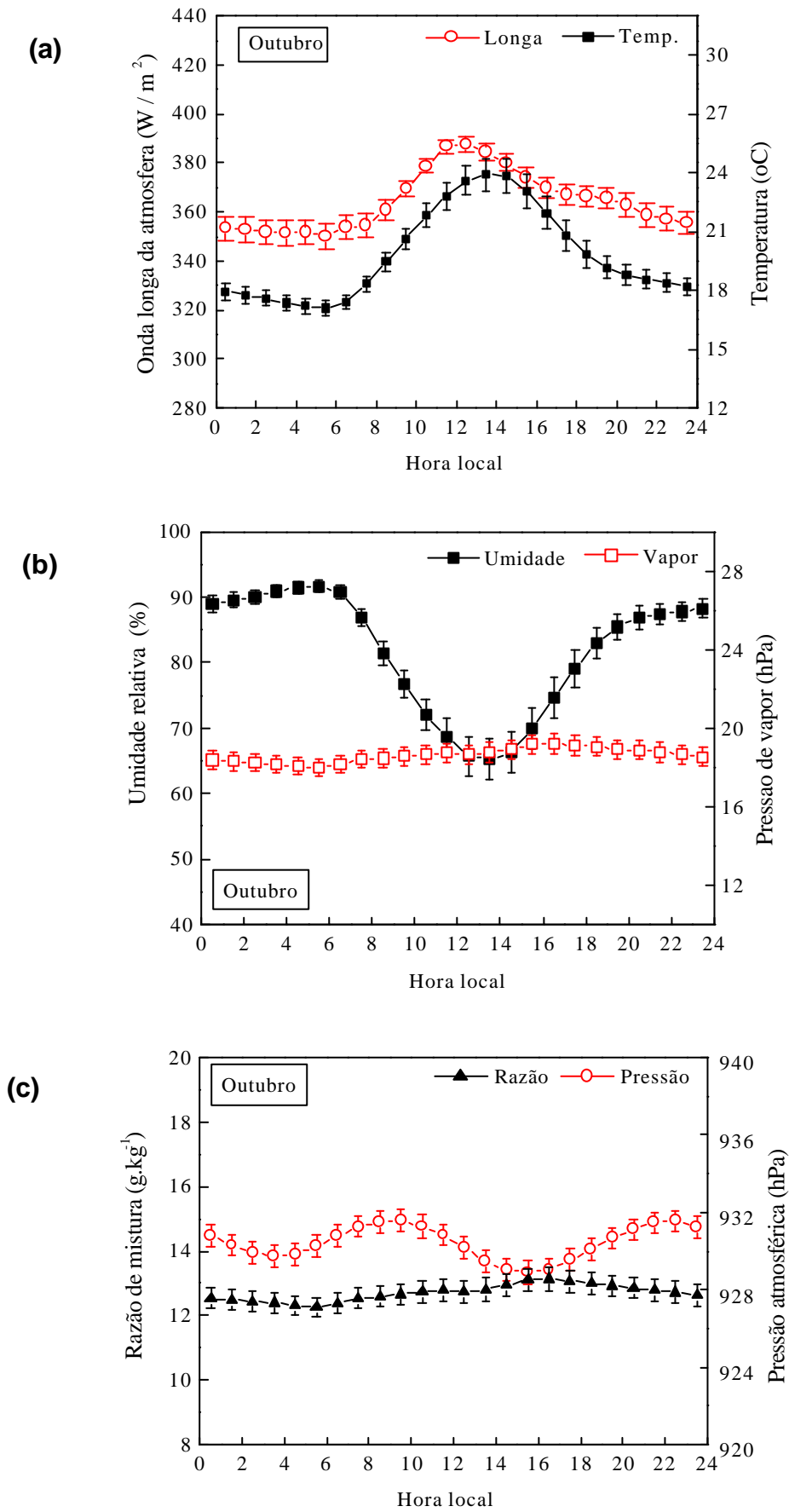


Figura 8.20: Idem à Figura 8.11, para o mês de outubro.

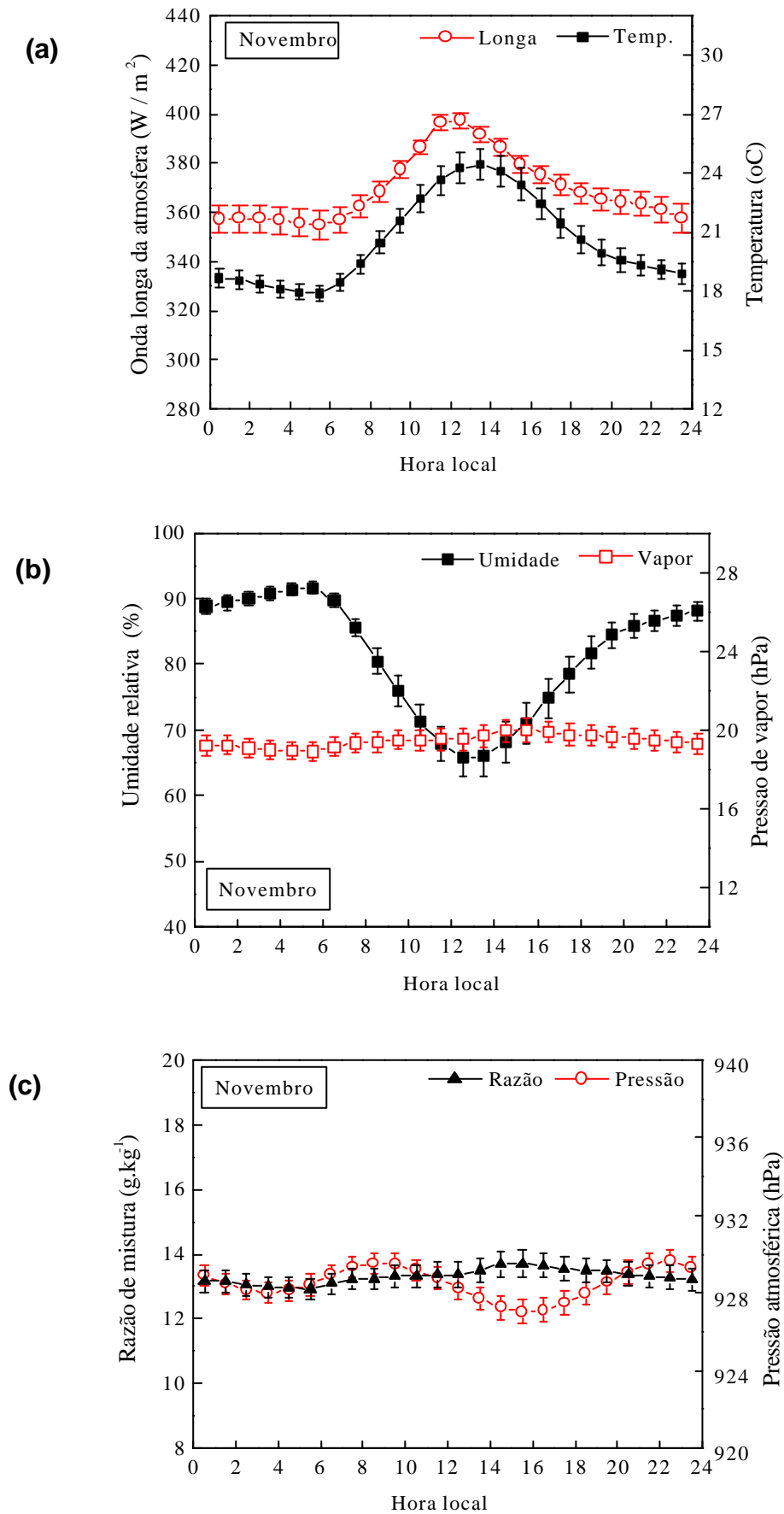


Figura 8.21: Idem à Figura 8.11, para o mês de novembro.

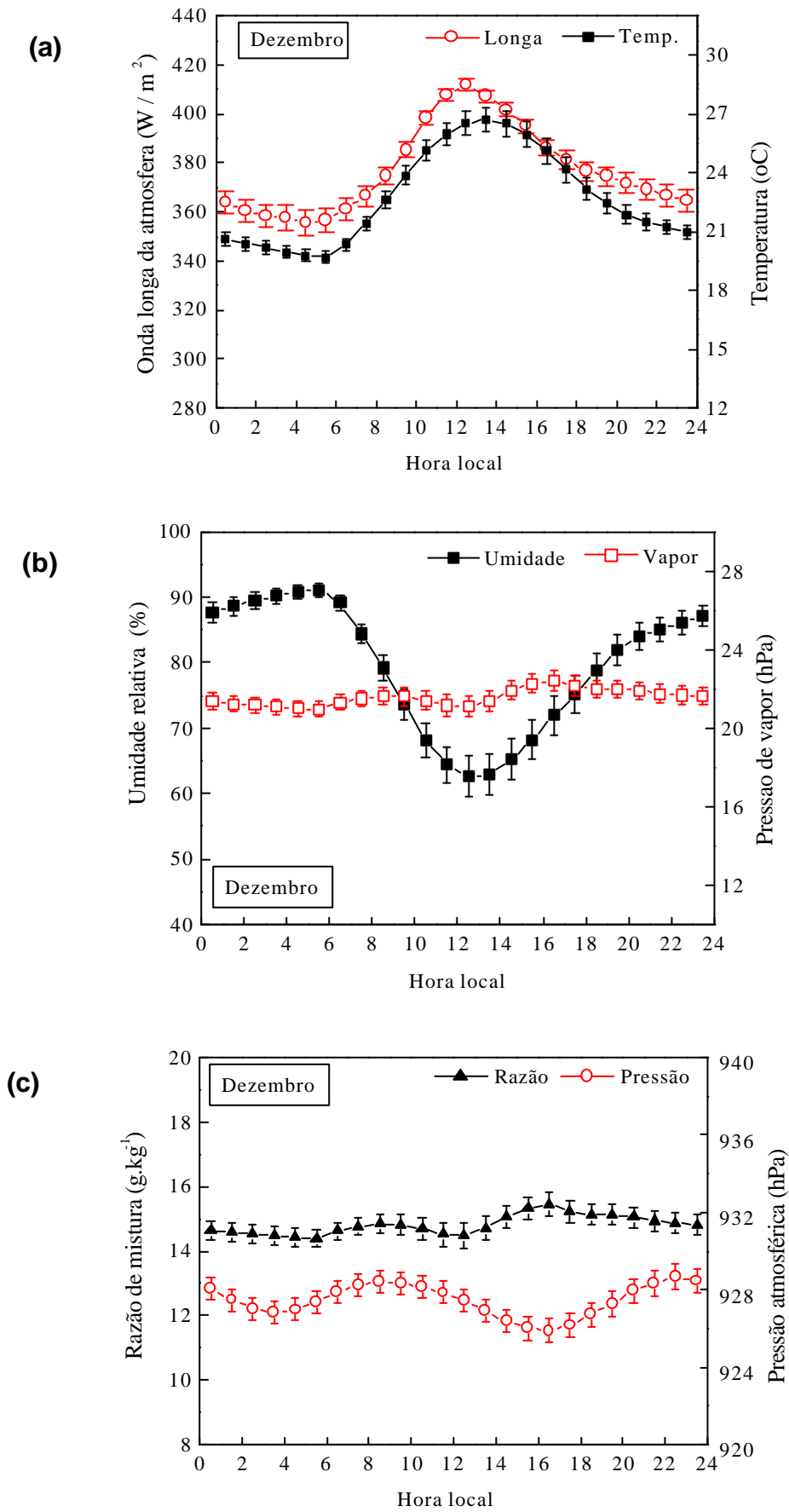


Figura 8.22: Idem à Figura 8.11, para o mês de dezembro.

**Tabela 3.7:** Descrição dos arquivos tratados OCSP\_aa\_100.dat a partir de 24 de abril de 1994. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **hora** a hora decimal; **Psp2** e **Pbw** representam as medidas de radiação em mV.

Período	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(1994)	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Hora	DJ	Ano
(2001)						

**Tabela 3.8:** Descrição dos arquivos tratados OCSP\_aa\_DIA100.dat a partir de 24 de abril de 1994. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **hora** a hora decimal; **Psp2** e **Pbw** representam as medidas de radiação em W / m<sup>2</sup>.

Período	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(1994)	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Hora	DJ	Ano
(2001)						

**Tabela 3.9:** Descrição dos arquivos tratados OCSP\_mmm\_100.dat a partir de 24 de abril de 1994. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **hora** a hora decimal; **Psp2** e **Pbw** representam as medidas de radiação em mV.

Período	C1	C2	C3	C4	C5	C6
(1994)	Dj.Dj	Psp2	Pbw	Hora	DJ	Ano
(2001)						

**Tabela 3.10:** Descrição dos arquivos tratados OLSP\_aa\_100.dat a partir de 11 de setembro de 1997. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **Hora** a hora decimal; **Pirg** representa as medidas de radiação atmosférica em W.m<sup>-2</sup>, **Temp** representa a temperatura (°C), **UR** a umidade relativa do ar (%) e **Press** a pressão atmosférica em hPa.

Período	C1	C2	C7	C8	C9	C10	C11	C12
(1997)	Dj.Dj	Pirg	Temp	UR	Press	Hora	Dj	Ano
(2001)								

**Tabela 3.11:** Descrição dos arquivos tratados OLSP\_aa\_DIA100.dat a partir de 11 de setembro de 1997. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **Hora** a hora decimal; **Pirg** representa as medidas de radiação atmosférica em  $W.m^{-2}$ , **Temp** representa a temperatura ( $^{\circ}C$ ), **UR** a umidade relativa do ar (%) e **Press** a pressão atmosférica em  $hPa$ .

Período	C1	C2	C7	C8	C9	C10	C11	C12
(1997)	Dj.Dj	Pirg	Temp	UR	Press	Hora	Dj	Ano
(2001)								

**Tabela 3.12:** Descrição dos arquivos tratados OLSP\_mmm\_100.dat a partir de 11 de setembro de 1997. Onde **Dj.Dj** representa a fração do dia; **DJ** o dia juliano; **Hora** a hora decimal; **Pirg** representa as medidas de radiação atmosférica em  $W.m^{-2}$ , **Temp** representa a temperatura ( $^{\circ}C$ ), **UR** a umidade relativa do ar (%) e **Press** a pressão atmosférica em  $hPa$ .

Período	C1	C2	C7	C8	C9	C10	C11	C12
(1997)	Dj.Dj	Pirg	Temp	UR	Press	Hora	Dj	Ano
(2001)								

**Tabela 3.13:** Calendário Juliano de **1999** com os dias de observação de radiação solar diusa e global (claro), dias de calibração (cinza) e dias sem dados (escuro).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
<b>Mar</b>	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
<b>Abr</b>	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
<b>Mai</b>	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
<b>Jun</b>	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
<b>Jul</b>	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
<b>Ago</b>	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
<b>Set</b>	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
<b>Out</b>	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
<b>Nov</b>	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
<b>Dez</b>	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Dia de Calibração

Dia sem dados

**Tabela 3.14:** Calendário Juliano de 2000 com os dias de observação de radiação solar diusa e global (claro), dias de calibração (cinza) e dias sem dados (escuro).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
<b>Mar</b>	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
<b>Abr</b>	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	
<b>Mai</b>	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
<b>Jun</b>	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	
<b>Jul</b>	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213
<b>Ago</b>	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244
<b>Set</b>	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	
<b>Out</b>	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305
<b>Nov</b>	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	
<b>Dez</b>	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366

Dia de Calibração

Dia sem dados



**Tabela 3.15:** Calendário Juliano de **2001** com os dias de observação de radiação solar diusa e global (claro), dias de calibração (cinza) e dias sem dados (escuro). Até o dia 30 de abril.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
<b>Mar</b>	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
<b>Abr</b>	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
<b>Mai</b>	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
<b>Jun</b>	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
<b>Jul</b>	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
<b>Ago</b>	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
<b>Set</b>	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
<b>Out</b>	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
<b>Nov</b>	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
<b>Dez</b>	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Dia de Calibração

Dia sem dados

**Tabela 3.16:** Calendário Juliano de **1997** com os dias de observação de radiação atmosférica, pressão atmosférica e temperatura e umidade relativa do ar (claro) e dias sem dados (escuro).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
<b>Mar</b>	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
<b>Abr</b>	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
<b>Mai</b>	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
<b>Jun</b>	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
<b>Jul</b>	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
<b>Ago</b>	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
<b>Set</b>	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
<b>Out</b>	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
<b>Nov</b>	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
<b>Dez</b>	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Dia sem dados

**Tabela 3.17:** Calendário Juliano de **1998** com os dias de observação de radiação atmosférica, pressão atmosférica e temperatura e umidade relativa do ar (claro) e dias sem dados (escuro).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
<b>Mar</b>	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
<b>Abr</b>	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
<b>Mai</b>	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
<b>Jun</b>	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
<b>Jul</b>	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
<b>Ago</b>	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
<b>Set</b>	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
<b>Out</b>	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
<b>Nov</b>	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
<b>Dez</b>	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Dia sem dados

**Tabela 3.18:** Calendário Juliano de **1999** com os dias de observação de radiação atmosférica, pressão atmosférica e temperatura e umidade relativa do ar (claro) e dias sem dados (escuro).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
<b>Mar</b>	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
<b>Abr</b>	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
<b>Mai</b>	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
<b>Jun</b>	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
<b>Jul</b>	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
<b>Ago</b>	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
<b>Set</b>	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
<b>Out</b>	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
<b>Nov</b>	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
<b>Dez</b>	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Dia sem dados

**Tabela 3.19:** Calendário Juliano de 2000 com os dias de observação de radiação atmosférica, pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar (claro), dias de calibração (cinza) e dias sem dados (escuro).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60		
<b>Mar</b>	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91
<b>Abr</b>	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	
<b>Mai</b>	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152
<b>Jun</b>	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	
<b>Jul</b>	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213
<b>Ago</b>	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244
<b>Set</b>	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	
<b>Out</b>	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305
<b>Nov</b>	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	
<b>Dez</b>	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366

Dia sem dados

**Tabela 3.20:** Calendário Juliano de **2001** com os dias de observação de radiação atmosférica, pressão atmosférica e temperatura e umidade relativa do ar (claro) e dias sem dados (escuro). Até 30 de abril.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Jan</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
<b>Fev</b>	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59			
<b>Mar</b>	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
<b>Abr</b>	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
<b>Mai</b>	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151
<b>Jun</b>	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	
<b>Jul</b>	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212
<b>Ago</b>	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243
<b>Set</b>	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	
<b>Out</b>	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304
<b>Nov</b>	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	
<b>Dez</b>	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365

Dia sem dados