



**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE ASTRONOMIA, GEOFÍSICA E CIÊNCIAS
ATMOSFÉRICAS.
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ATMOSFÉRICAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM METEOROLOGIA**

**RELATÓRIO DE ATIVIDADES
DO OITAVO PERÍODO DE VIGÊNCIA DO PROJETO
(ABRIL DE 2009 A AGOSTO DE 2009)**

**ESTUDO DO BALANÇO DE ENERGIA NA SUPERFÍCIE APLICADO A CIDADE
DE SÃO PAULO, BRASIL.**

Aluno: MAURÍCIO JONAS FERREIRA

Orientador: PROF. DR. AMAURI PEREIRA DE OLIVEIRA

São Paulo – SP, outubro de 2009

Índice

Item	Descrição	Pág.
1	Resumo do projeto de pesquisa	2
2	Atividades desenvolvidas entre agosto de 2005 e agosto de 2009	3
3	Próximas atividades entre agosto de 2009 e fevereiro de 2010	5
4	Resumo do cronograma	5
5	Considerações finais	6
6	Bibliografia	7
	Anexo 1	9
	Anexo 2	14
	Anexo 3	19

1. Resumo do projeto de pesquisa

O objetivo do projeto é investigar o balanço de energia na superfície urbana da cidade de São Paulo a partir evolução temporal e espacial dos termos da equação do balanço de energia na superfície a partir da plataforma micrometeorológica do IAG/USP e avaliar o impacto na evolução espacial e temporal da camada limite atmosférica urbana. As componentes radiativas do balanço de energia serão estimadas através dos dados de radiação solar incidente e refletidas e de radiação de onda longa emitida pela atmosfera e pela superfície, todas observadas na plataforma micrometeorológica e posteriormente comparadas com dados de satélites do projeto SRB para verificar a representatividade das medidas pontuais em relação a toda região urbana. O fluxo de energia antropogênico liberado pelas fontes estacionárias (indústrias e residências), móveis (veículos) e metabólicas (pessoas) será estimado a partir do método do inventário do consumo de energia primária na cidade de São Paulo. O fluxo de calor armazenado no dossel urbano será avaliado através do método do resíduo da equação do balanço de energia e por dois modelos (modelo linear e modelo objetivo de histerese) que utilizam parâmetros de superfície propostos em Oke et al. (1981), Oke and Cleugh (1987) e Grimmond et al. (1991), além de informações do uso e ocupação do solo disponíveis na prefeitura municipal da cidade de São Paulo a cerca do plano diretor. Os fluxos turbulentos de calor sensível e latente serão obtidos a partir de observações diretas usando o método aerodinâmico bulk e da covariância. A expansão do balanço de energia para toda a região urbana da cidade será realizada através do emprego um conjunto de dados do projeto SRB do ASDC-NASA (Atmospheric Science Data Center) derivados dos dados dos satélites NOAA, TIROS, NIMBUS e METEOR e de dados médios de temperatura, umidade e vento das estações automáticas da CETESB e ECOVIAS.

2. Atividades desenvolvidas entre agosto de 2005 e agosto de 2009.

- 2.1. Revisão do projeto de pesquisa, levantamento dos dados meteorológicos para a região urbana da cidade de São Paulo e pesquisa bibliográfica;
- 2.2. Manutenção dos equipamentos e familiarização com as rotinas de coleta e tratamento dos dados da plataforma micrometeorológica do IAG-USP;
- 2.3. Participação no Congresso Brasileiro de Meteorologia em novembro de 2006, apresentado o trabalho “Variação Sazonal do Ciclo Diurno e Mensal da Espessura Óptica na Cidade de São Paulo”;
- 2.4. Observando o programa de treinamento proposto no projeto de pesquisa, participei ativamente da reestruturação da plataforma micrometeorológica do IAG-USP no período de novembro de 2006 a fevereiro de 2007;
- 2.5. Apresentação do seminário “Balanço de Energia na Superfície Urbana - Métodos de Estimativa dos Fluxos Turbulentos” em 21 de março de 2007. Este seminário faz parte das reuniões periódicas do Grupo de Micrometeorologia para discutir e avaliar o andamento dos trabalhos desenvolvidos pelo grupo;
- 2.6. Manutenção semanal dos equipamentos na plataforma micrometeorológica do IAG-USP, bem como, a coleta e o tratamento dos dados para publicação na página do Grupo de Micrometeorologia na internet;
- 2.7. Apresentação em sessão oral dos resultados da pesquisa a cerca da “Evolução Diurna do Balanço de Radiação na Superfície da Cidade de São Paulo, Brasil”, além da elaboração de um artigo publicado nos anais do VIII Congresso Ibero-Americano de Engenharia Mecânica em Outubro de 2007, na cidade de Cusco, Peru;
- 2.8. Aprovação no exame de qualificação em outubro de 2007;
- 2.9. Apresentação em sessão oral sobre mudanças climáticas em março de 2008 na cidade de Lisboa, Portugal o seminário “Balanço de energia na superfície urbana da cidade de São Paulo, Brasil”;
- 2.10. Co-participação em três trabalhos de pesquisa do grupo de micrometeorologia apresentados no XV CBMET (agosto, 2008) com os títulos: a) “Estimativa do Balanço

de Radiação na Superfície do Oceano Atlântico à Comparação entre as Observações do Projeto Flutua e as Estimativas de Satélite”; b) “Patterns of Longwave Radiation at the Surface in the Megacity of São Paulo, Brazil a Part I: Data Validation and Modeling” e c) “Patterns of Longwave Radiation at the Surface in the Megacity of São Paulo, Brazil a Part II: Seasonal Evolution and Pollution Impact”. Os trabalhos acima foram desenvolvidos utilizando informações vinculadas ao projeto de pesquisa.

- 2.11. Participação no Congresso Brasileiro de Meteorologia (XV CBMET) em agosto de 2008, apresentando o trabalho “Variação Sazonal do Balanço de Energia na Superfície Urbana da Cidade de São Paulo, Brasil”.
- 2.12. Aprovação no exame de proficiência em língua inglesa.
- 2.13. Redação da tese
- 2.14. Redação de artigos relacionados ao projeto de pesquisa. Atualmente, os artigos estão passando por revisão final antes do envio para revistas especializadas e os resumos estão no anexo 1.
- 2.15. Co-autor do estudo observacional da radiação de onda longa atmosférica no RMSP do aluno de mestrado Eduardo Wilde Bárbaro submetido à revista “*Journal of Applied Meteorology and Climatology*” cujo resumo encontra-se no anexo 3.

As atividades foram direcionadas para descrever a partir da revisão bibliográfica os termos da equação do balanço de energia aplicados à superfície urbana da cidade de São Paulo. As componentes da equação do balanço de energia foram estimadas a partir dos termos fonte (radiação líquida e o fluxo de energia antropogênica) e posteriormente, o termo de armazenamento de energia, os fluxos turbulentos de calor sensível e latente e o termo de advecção de energia. A descrição completa de cada um dos termos da equação do balanço de energia é apresentada na tese que está em fase final de redação e revisão (Anexo 1).

É importante salientar que as investigações são referentes a todos os termos da equação do balanço de energia e fazem parte da proposta inicial do projeto de pesquisa. Até o momento uma série de resultados foi condensada sob forma de artigos que serão submetidos à revistas especializadas (anexos 2).

As informações apresentadas no relatório estão diretamente vinculadas aos trabalhos desenvolvidos dentro do grupo de micrometeorologia e fazem parte da tese.

3. Próximas atividades entre agosto de 2009 e abril de 2010.

3.1. Redação e revisão final dos artigos.

3.2. Redação final da tese.

4. Resumo do cronograma:

Atividade	Período
Cursos, pesquisa bibliográfica, estudos observacionais, familiarização com o código do modelo de interação solo-dossel urbano-atmosfera.	Agosto de 2005 a dezembro de 2006.
Exame de Qualificação.	Abril de 2007.
Realização das observações e análise dos resultados.	Julho de 2006 a janeiro de 2009.
Redação dos artigos e exame de proficiência.	Janeiro a agosto de 2009.
Revisão dos artigos e redação final da tese.	Agosto de 2009 e abril de 2010.

5. Considerações Finais

A proposta básica do projeto de doutorado foi mantida e as atividades acadêmicas e de pesquisa foram realizadas obedecendo ao cronograma proposto no projeto. As etapas do projeto estão sendo conduzidas de forma a priorizar a parte observacional, explorando a base de dados disponível para a região urbana da cidade de São Paulo e incorporando estimativas de satélites.

As observações in situ da evolução espacial e temporal dos termos da equação do balanço de energia para a superfície urbana da cidade de São Paulo é uma questão importante do ponto de vista científico porque serve de base observacional para validação dos modelos numéricos de mesoescala.

6. Bibliografia

Grimmond, C. S. B., Cleugh, H. A. and Oke, T. R., 1991: An objective heat storage model and its comparison with other schemes. *Atmos. Environ.*, **25B**, 311–326.

Hatfield, J. L., Perrier, A., and Jackson, R. D., 1983: Estimation of evapotranspiration at one-time-of-day using remotely sensed surface temperature, *Agric. Water Manage.*, **7**, 341–350.

Oke T. R., Kalanda B. D. and Steyn D. G., 1981: Parameterization of heat storage in urban areas. *Urban Ecology*, **5**, 45-54.

Oke T. R. and Cleugh H. A., 1987: Urban heat storage derived as energy budget residuals. *Boundary Layer Met.*, **39**, 233-245.

Oke, T. R., 1988: The urban energy balance, *Progress in Physical. Geography* **12**, pp 471-508.

Thom, A. S., 1975: Momentum, mass and heat exchange of plant communities, In: Monteith, J.L. *Vegetation and the Atmosphere*, Academic Press, London, 57–109.

Yang, K., Tamai, N., and Koike, T., 2001: Analytical solution of surface layer similarity equations, *J. Appl. Meteorol.*, **40**, 1647–1653.

São Paulo, 5 de outubro de 2009.

MAURÍCIO JONAS FERREIRA

(Aluno)

AMAURI PEREIRA DE OLIVEIRA

(Orientador)

ANEXO 1

Estrutura aproximada dos capítulos da tese.

Sumário

1. Introdução	1
1.1. A camada limite planetária sobre áreas urbanas.	2
1.2. Observação meteorológica na camada limite atmosférica urbana.	5
1.2.1. Escala Horizontal	6
1.2.2. Escala Vertical	8
1.3. Características do uso e ocupação da superfície urbana	15
1.3.1. Classificações do uso e ocupação do solo na RMSP	17
1.4. A rede de observações	18
1.5. Descrição da região metropolitana da cidade de São Paulo	20
1.6. Descrição do clima da RMSP	21
2. Objetivos	23
2.1. Objetivos específicos	23
3. Balanço de energia na superfície urbana e implicações na evolução da CLP	25
3.1. Balanço de radiação na superfície urbana.	27
3.1.1. Introdução	28
3.1.2. Radiação solar	30
3.1.3. Radiação solar direta e difusa	32

3.1.4. Radiação solar refletida e o albedo da superfície	33
3.1.5. Radiação de onda longa e a emissividade atmosférica	34
3.1.6. Radiação de onda longa emitida pela superfície	35
3.1.7. Instrumentação e o conjunto de dados	37
3.1.8. Estimativas com satélites	39
3.1.9. Resultados	41
3.1.10. Conclusão	50
3.2. Evolução sazonal do fluxo de energia antropogênica na cidade de São Paulo	53
3.2.1. Introdução	53
3.2.2. Importância da fonte antropogênica de calor	60
3.2.3. Método inventário de energia	63
3.2.3.1. Variação diurna na densidade da população urbana	63
3.2.3.2. Energia liberada pelas fontes veiculares	65
3.2.3.3. Energia Liberada por Fontes Estacionárias	66
3.2.3.4. Energia Liberada pelo Metabolismo	68
3.2.4. Resultados	68
3.2.5. Conclusões	70
3.3. Fluxo de calor armazenado na cidade de São Paulo	71
3.3.1. Introdução	71
3.3.2. Método residual do balanço de energia (RES)	72

3.3.3. Parametrização (OHM)	73
3.3.4. Modelagem numérica (TEB)	73
3.3.5. Esquema térmico de massa	74
3.3.6. Métodos utilizados para estimar o fluxo de calor armazenado	75
3.3.6.1. Método do resíduo da equação do balanço de energia	76
3.3.6.2. Modelo linear	77
3.3.6.3. Modelo Objetivo de Histerese	80
3.3.7. Resultados	83
3.3.8. Conclusão	87
3.4. Fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente na RMSP	89
3.4.1. Introdução	89
3.4.2. Métodos utilizados para estimar Q_H e Q_E	92
3.4.3 Resultados	98
3.4.4 Conclusão	110
3.5. Advecção causada pela circulação de brisa marítima e ilha de calor.	114
3.5.1. Introdução	114
3.5.2. Advecção horizontal de energia	119
3.5.3. Circulação de ilha de calor urbana	125
3.5.4. Ilha de calor urbana e a circulação de brisa marítima-terrestre.	130
3.5.4. Balanço de energia na superfície e a ilha de calor urbana	134

3.5.6. Resultados	137
3.5.6. Conclusão	145
4. Balanço de energia e a interação com a camada limite atmosférica urbana	148
4.1. Introdução	148
4.2. Balanço de radiação	157
4.3. Fluxo de energia antropogênica	164
4.4. Fluxos turbulentos de calor sensível e latente	173
4.5. Advecção horizontal de energia	184
4.6. Fechamento do balanço de energia	189
4.7. Conclusão	194
5. Conclusão e perspectivas	197
6. Bibliografia	205
Apêndice - Interaction Between the Urban Heat Island and Sea-Breeze Flow in São Paulo, Brazil	225

ANEXO 2

**SEASONAL VARIATION OF THE RADIATION BALANCE AT THE SURFACE FOR THE
METROPOLITAN REGION OF SÃO PAULO, BRAZIL**

**Mauricio Jonas Ferreira, Amauri Pereira de Oliveira¹ and Jacyra Soares, Georgia Codato, Eduardo
Wilde Bárbaro**

*Group of Micrometeorology, Department of Atmospheric Sciences, Institute of Astronomy, Geophysics and
Atmospheric Sciences, University of São Paulo, São Paulo, SP, Brazil.*

João Francisco Escobedo

*Department of Natural Resources, School of Agronomic Sciences, State University of São Paulo, Botucatu, SP,
Brazil.*

ABSTRACT

The main goal of this work is to describe the seasonal variation of the diurnal evolution of the radiation balance components at the surface over the metropolitan region of São Paulo (MRSP) and to assess the possibility to use satellite information to describe the spatial distribution of the radiation balance components at the surface in the MRSP. It is used observations of incoming and outgoing solar and longwave radiations at the surface carried out at the micrometeorological platform (IAG) and estimated from satellite information corresponding to an area of 1° of latitude by 1° of longitude of the Surface Radiation Balance Project. The comparison between observation and satellite estimates indicated a good match for monthly averaged values so that observations carried out at the IAG can be used as representative of the radiation balance equation components at the surface in the MRSP. Based on the diurnal evolution of the monthly averaged values of the radiation balance equation, observed at IAG, it was verified that the albedo in the MRSP varied from 0.08 (winter) to 0.10 (autumn and spring). The SRB estimates indicated that the albedo varied from 0.05 (winter) to 0.13 (summer). The observed at IAG and SRB estimates of incoming and outgoing longwave radiation at the surface indicated surface emissivity equal to 0.97 observed at the IAG and atmosphere emissivity equal to 0.86 and 0.88 observed at the IAG and from SRB project. The seasonal variation of the diurnal evolution of net radiation indicated that the cloud presence reduces the net radiation amplitude, mainly during nighttime period and summer in the MRSP.

Key words: Radiation balance, global solar radiation, albedo, atmospheric emissivity, surface emissivity, São Paulo.

¹ Corresponding author: Tel.: + 55-11-3091-4701; fax: + 55-11-3091-4714
e-mail address: apdolive@usp.br (Amauri P. Oliveira)

**DIURNAL AND SEASONAL VARIATION OF THE ANTHROPOGENIC ENERGY FLUX IN THE
CITY OF SÃO PAULO, BRAZIL**

Mauricio Jonas Ferreira, Amauri Pereira de Oliveira² and Jacyra Soares

Group of Micrometeorology, Department of Atmospheric Sciences

Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences

University of São Paulo, São Paulo, Brazil

ABSTRACT

The main goal of this work is to describe the seasonal variation of the diurnal evolution of the monthly averaged anthropogenic energy flux in the city of São Paulo. The anthropogenic energy flux is estimated using the inventory method considering the contributions of mobile, stationary and human metabolism sources. The mobile and stationary sources are estimated using the primary consumption of energy based on fossil fuel, bio fuel and electricity usage by the population of the city of São Paulo. The diurnal evolution of the monthly averaged anthropogenic energy flux is bimodal, with a relative maximum in the end of the afternoon greater than the maximum relative that occurs early in the morning in about 1%. In the city of São Paulo, the energy flux produced by mobile source contributes with about 69 % of the total anthropogenic energy flux. The stationary sources and human metabolism represent about 28 % and 3 % of the anthropogenic heat, respectively. It was also verified that the anthropogenic energy flux corresponds to about 14 % of the net radiation at the surface in the summer and 27 % in the winter. It was found the anthropogenic energy flux deviation (percentage of winter-summer variation) in urban areas increases exponentially with latitude.

Key words: Anthropogenic energy flux, energy balance, net radiation, São Paulo, urban climate.

² Corresponding author: Tel.: + 55-11-3091-4701; fax: + 55-11-3091-4714
e-mail address: apdolive@usp.br (Amauri P. Oliveira)

SEASONAL VARIATION OF THE FLUX OF ENERGY STORAGE IN THE URBAN CANOPY OF SÃO PAULO CITY, BRAZIL

Mauricio Jonas Ferreira, Amauri Pereira de Oliveira³ and Jacyra Soares
Group of Micrometeorology, Department of Atmospheric Sciences
Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences
University of São Paulo, São Paulo, Brazil

ABSTRACT

The main goal of this work is to describe the seasonal variation of the diurnal evolution of the monthly the energy flux storage in the urban canopy of São Paulo City. The energy flux storage (ΔQ_S) is estimated using residue method, linear model and objective hysteresis method. The diurnal evolution of the energy flux storage in the urban canopy during summer and winter indicate that ΔQ_S estimated by the method of residue and by OHM are delay about 1 hour with respect to the diurnal evolution of the net input of energy (net radiation and anthropogenic energy flux) during summer and winter. The energy flux storage in the canopy of the MRSP correspond to a significant fraction of the energy available at the surface, that correspond to a range of 45-75% of Q^+ during summer and 45-60 % Q^+ during the winter. The energy flux storage in the canopy of the MRSP showed a diurnal evolution similar to other urban areas. The diurnal evolution of the energy flux storage in the urban canopy in the MRSP is systematically larger in the morning hours and smaller in the afternoon in both summer and winter. This behavior is a direct consequence of the diurnal evolution of the PBL. The energy flux storage in the urban canopy in the MRSP estimated by residue method is systematically larger than the one obtained from empirical methods (linear model and OHM). In general the method of residue, linear model and OHM performed similarly for the RMSP. They agreed better during winter and cloudiness is smaller. All methods depend strongly on the errors in the measurements of net radiation.

Key words: Energy flux storage in urban canopy, energy budget, net radiation, São Paulo, urban climate.

³ Corresponding author: Tel.: + 55-11-3091-4701; fax: + 55-11-3091-4714
e-mail address: apdolive@usp.br (Amauri P.Oliveira)

INTERACTION BETWEEN THE URBAN HEAT ISLAND AND THE SEA-BREEZE FLOW IN SÃO PAULO, BRAZIL

Mauricio Jonas Ferreira, Amauri Pereira de Oliveira⁴ and Jacyra Soares

Group of Micrometeorology, Department of Atmospheric Sciences

Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences

University of São Paulo, São Paulo, Brazil

Abstract

The objective this work is presents the evolution average hourly mensal end annual of urban heat island in the city of Sao Paulo, Brazil, located in the region of climate subtropical. The results indicate that the maximum amplitude of the urban heat island it occur in the period of the afternoon at any time of the year. In period dray (winter) the maximum amplitude occur near of 5°C end period wet (summer) the maximum amplitude occur near of 3°C. The ingress of the breeze maritime with humidity of Ocean not favorable that the urban island urban it presents great amplitude how the observed in countries of mid end high latitudes. The urban area presents an average response slower to faster heating and cooling in relation to the rural region, namely, the heating rate is lower and the cooling is greater in urban areas on the adjacent countryside. Entry systematically by the city's sea breeze bringing moisture from the Atlantic Ocean during the year that the island does not produce heat as the large amplitudes observed in countries of middle and high latitudes. The interaction between the urban island heat and humidity from the ocean, associated with synoptic conditions can cause severe storms in urban areas of the city.

Key words: Anthropogenic energy flux, energy balance, net radiation, São Paulo, urban climate.

⁴ Corresponding author: Tel.: + 55-11-3091-4701; fax: + 55-11-3091-4714
e-mail address: apdolive@usp.br (Amauri P.Oliveira)

ANEXO 3



TRANSFER OF COPYRIGHT For Non-U.S. Government Works

JOURNAL NAME: JAMC

Notice to Authors: A Transfer of Copyright or Certification of Government Work must be signed by all authors of a work. Multiple forms may be used. Fill in all fields, including the Journal Name, and fax this form to 617-973-0468. More information is available in the AMS Authors' Guide in the [Authors' Resource Center \(ARC\)](#) of the AMS Web site. Requests for further information may be sent via e-mail to amspubs@ametsoc.org.

Except as otherwise provided herein, all rights, title, and interest including copyright to the work entitled DOWNWARD ATMOSPHERIC LONGWAVE RADIATION AT THE SURFACE IN THE CITY OF SÃO PAULO: OBSERVATIONAL CHARACTERIZATION AND EMPIRICAL EXPRESSION,

By (list all authors) Eduardo W Barbaro, Amauri P. Oliveira, Jacyra Soares, Georgia Codato, Mauricio J Ferreira, Primoz Mlakar, Marija Z. Boznar, João F. Escobedo,

and any prior versions thereof, is hereby irrevocably assigned and transferred without reservation and in its entirety to the American Meteorological Society (AMS), its successors and assigns. This transfer is effective on the date the work is accepted for publication by the AMS. The author(s) reserves: (1) all propriety rights other than copyright, such as patent rights; and (2) the right to use all or part of the work in future lectures, press releases and reviews of their own. Certain additional reproduction rights are granted by Sections 107 and 108 of the U.S. Copyright Law. All other uses will be subject to the limitations given in the copyright statement of the AMS journal in which the work is published. The author(s) of this work agree to promptly notify the chief editor if this work is submitted for publication, in any medium, elsewhere before its disposition by the American Meteorological Society.

To be signed by all authors, or if the work is a work made for hire, by the employer, who is the legal author under the U.S. Copyright Laws.

Signatures must be hand-written. Fill in other fields, print form, and sign.

Signature

Print Name

Title if signed by employer

Date

Signature

Print Name

Title if signed by employer

Date

Signature

Print Name

Title if signed by employer

Date

Signature

Print Name

Title if signed by employer

Date

[February 2009]

**DOWNWARD ATMOSPHERIC LONGWAVE RADIATION AT THE SURFACE IN
THE CITY OF SÃO PAULO: OBSERVATIONAL CHARACTERIZATION AND
EMPIRICAL EXPRESSION**

Eduardo W. Barbaro, Amauri P. Oliveira, Jacyra Soares, Georgia Codato, Mauricio J. Ferreira

Group of Micrometeorology, Department of Atmospheric Sciences,

Institute of Astronomy, Geophysics and Atmospheric Sciences,

University of Sao Paulo, Sao Paulo, SP, Brazil,

Primož Mlakar, Marija Z. Božnar,

MEIS d.o.o., Mali Vrh pri Šmarju, Slovenia

and

Joao F. Escobedo

Department of Natural Resources, School of Agronomic Sciences,

State University of Sao Paulo, Botucatu, SP, Brazil

ABSTRACT

This work describes the annual, seasonal and diurnal evolution of downward longwave atmospheric emission (LW) at the surface in the city of Sao Paulo (Brazil), considering the effects associated to the presence of clouds and particulate matter (PM_{10}). It proposes also a new empirical expression to estimate the LW emission at the surface for clear sky conditions that depends only on screen air temperature and water vapor pressure. To accomplish all this consistency and quality of a 9 year dataset based on 5 minute average values of LW at the surface are evaluated objectively using 5 minute average values of air temperature, relative humidity and solar radiation. These parameters were observed continuous and simultaneously from 1997 to 2006 on a micrometeorological platform, located at the top of four-store building in the city of Sao Paulo. The maximum monthly averaged values of LW are observed during summer (398 W m^{-2} ; January) and the minimum during winter (323 W m^{-2} ; June). In average, the presence of cloud intensifies the LW in about $32.0 \pm 3.5 \text{ W m}^{-2}$ and atmospheric emissivity in about 0.088 ± 0.024 . No statistically significant correlation was found between particulate matter concentration and atmospheric emissivity. An alternative analyses the PM_{10} impact in the LW emission using the Aerosol Index (AI), indicates that the lack of correlation between LW and PM_{10} may be associated to the fact that the aerosol in the Metropolitan Region of Sao Paulo (MRSP) does not have a clear pattern as far as absorption of solar radiation is concerned. The comparison among the new expression and other 10 expressions indicates that the new one presents better results, with the smallest mean bias error and root mean square error and the biggest index of agreement. Therefore the new expression is the most indicated to estimate LW emission under clear sky conditions in the MRSP. The method based on principal components analysis in association to non-linear regression fitting using as predictors the principal component analysis results, can be easily applied to generate expressions for LW in terms of any given set of relevant parameters validated to other places and conditions.

Key Words: Longwave radiation, Sao Paulo city, Metropolitan Region of Sao Paulo, Particulate matter, Empirical expressions.