

## ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA PARA DIAS DE CÉU CLARO EM ÁREA DE PASTAGEM PARA O SUDOESTE DA AMAZÔNIA

SANDRO DOS SANTOS PEREIRA<sup>1</sup>; LEONARDO JOSÉ GONÇALVES AGUIAR<sup>2</sup>;  
GRACIELA REDIES FISCHER<sup>3</sup>;

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [sandrosp2000@yahoo.com.br](mailto:sandrosp2000@yahoo.com.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [veraneiro@yahoo.com.br](mailto:veraneiro@yahoo.com.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [graciela\\_fischer@yahoo.com.br](mailto:graciela_fischer@yahoo.com.br)

### 1. INTRODUÇÃO

O balanço de radiação na superfície da terra ( $R_n$ ) representa a energia utilizada pelos processos físicos e biológicos que ocorrem na biosfera (MANZI; PLANTON, 1996). O  $R_n$  é determinado por suas componentes  $S_{in}$  (radiação solar global incidente),  $S_{out}$  (radiação solar global refletida pela superfície),  $L_{in}$  (radiação de onda longa atmosférica) e  $L_{out}$  (radiação de onda longa emitida pela terra) (FEITOSA et al., 1998; LIBERATO; CARDOSO, 2010).

A  $L_{in}$  é a componente do ( $R_n$ ) mais complicada de ser obtida, pois os instrumentos que a medem são caros, emitem radiação em comprimentos de onda e intensidade semelhantes aos da suposta medida, necessitando correções e complementarmente, na região Amazônica não há muitas medidas regulares de  $L_{in}$  (VON RANDOW; ALVALÁ, 2006).

Sendo a  $L_{in}$  utilizada como dado de entrada em modelos de previsão climática, os pesquisadores muitas vezes a estimam através de modelos empíricos (CORREIA, 2000; GALVÃO; FISCH, 2000; VON RANDOW; ALVALÁ, 2006; AGUIAR et al., 2011). Este estudo tem a finalidade de avaliar o desempenho de sete equações empíricas na estimativa de  $L_{in}$  para dias de céu claro em área de pastagem no sudoeste da Amazônia entre os anos de 2005 a 2010, abrangendo um período maior de tempo em relação às demais pesquisas citadas neste estudo.

### 2. METODOLOGIA

Este estudo utiliza dados de um sítio experimental pertencente à rede de Torres do Experimento de Grande Escala da Biosfera Atmosférica na Amazônia (LBA). O sítio experimental é composto por pastagem localizado na Fazenda Nossa Senhora (FNS) (10°45'S; 62°21'W) no Estado de Rondônia, próximo à Ouro Preto d'Oeste.

A FNS está situada no centro de uma área desmatada com aproximadamente 50 km de raio. Esse sítio tem como cobertura vegetal predominante a gramínea *Brachiaria brizantha*, e sua altitude é de aproximadamente 293 metros, com um "fetch" de aproximadamente 1-2 km em todas as direções (VON RANDOW et al., 2004).

Foram coletadas medições contínuas de  $S_{in}$  ( $W m^{-2}$ ),  $L_{in}$  ( $W m^{-2}$ ), temperatura ( $T$ ) ( $^{\circ}C$ ) e umidade relativa do ar ( $UR$ ) (%) no período de janeiro de 2005 a dezembro de 2010, coletados de uma torre micrometeorológica com 10 m de altura. O cálculo da  $L_{in}$  foi realizada através das equações desenvolvidas para condição de céu claro (Tabela 1).

Tabela 1. Equações utilizadas para estimar a radiação de onda longa atmosférica, em que T é a temperatura do ar (K) e e a pressão de vapor (hPa).

| Equações              | Parametrizações  |
|-----------------------|--|
| Brunt (1932)          | $L_{in} = [0,065(e^{0,5}) + 0,52]\sigma T^4$                               |
| Swinbank (1963)       | $L_{in} = [9 \times 10^{-6} \cdot T^2] \sigma T^4$                         |
| Idso e Jackson (1969) | $L_{in} = \{1 - 0,2 \exp[-7,77 \times 10^{-4} (273 - T)^2]\} \sigma T^4$   |
| Brutsaert (1975)      | $L_{in} = [1,24(\frac{e}{T^7})] \sigma T^4$                                |
| Satterlund (1979)     | $L_{in} = \{1,08[1 - \exp(-\frac{T}{e^{2016}})]\} \sigma T^4$              |
| Idso (1981)           | $L_{in} = [0,7 + 5,95 \times 10^{-5} (e \exp(\frac{1500}{T}))] \sigma T^4$ |
| Prata (1996)          | $L_{in} = \{1 - (1 + \xi) \exp[-(1,2 + 3\xi)^{0,5}]\} \sigma T^4$          |

A pressão do vapor (e) (hPa) foi calculada através da equação 1.

$$e = e_s \frac{UR}{100} \quad (1)$$

A pressão de saturação do vapor d'água ( $e_s$ ) é calculada a partir da equação de Tetens, em que t é a temperatura do ar, expresso em °C e es em hPa (Equação 2).

$$e_s = 6,1078 \times 10^{\left(\frac{7,5t}{237,8+t}\right)} \quad (2)$$

Como as equações utilizadas foram desenvolvidas para condições de céu claro foi necessário separar os dias que atendiam essa condição. Assim, foram selecionados dias de céu claro ou com poucas nuvens com base na razão entre a radiação solar global incidente e a radiação solar extraterrestre utilizando a mesma metodologia adotada por Aguiar et al. (2011). A radiação solar extraterrestre foi obtida através da relação geométrica Terra-Sol (Iqbal, 1983) e a constante solar de  $1367 \text{ W m}^{-2}$ .

O desempenho dos modelos foi avaliado estatisticamente através da utilização da raiz do Erro Médio Quadrático (RMSE, em inglês), do Erro Médio de Viés (EMV), do Erro Médio Absoluto (EMA), do Coeficiente de Determinação ( $R^2$ ) e do índice de concordância Willmott (d).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os anos de 2005 e 2010 na FNS foram selecionados 732 dias com a razão entre a radiação solar global incidente e a radiação solar extraterrestre igual ou superior 0,5 e classificados como dias de céu claro ou com poucas nuvens.

Depois de obtida as estimativas da  $L_{in}$  foram calculadas as estatísticas para realização das comparações entre os valores observados e estimados (Tabela 2). O RMSE variou de 27,81 a 45,07  $\text{W m}^{-2}$ , mostrando ser a equação de Idso (1981)

a mais adequada e a de Swinbank (1963), a menos adequada para estimar Lin. Enquanto que o EMV variou de -34,03 a -0,66  $\text{W m}^{-2}$ , ou seja, as equações subestimaram a Lin sendo que a de Idso (1981) a equação que menos subestimou e Brunt (1932) mais subestimou. O EMA variou de 21,94 a 36,94  $\text{W m}^{-2}$  mostrando que o afastamento médio entre as observações e estimativas foram menores para a equação de Idso (1981) e maiores para a de Swinbank (1963). O índice d apresentou valor mínimo de 0,58 e máximo de 0,70, indicando assim, menor precisão dos valores estimados por Swinbank (1963) e maior precisão dos valores preditos por Idso (1981), respectivamente. De maneira geral, todos os modelos apresentaram valores relativamente baixos de  $R^2$  (entre 0,44 e 0,49) indicando pouca precisão e relação entre os valores medidos e estimados.

Aguiar et al. (2011) aplicando a mesma metodologia adotada por este estudo realizou estimativas entre os anos de 2005 e 2006 na FNS, porém selecionando dias de céu claro ou com poucas nuvens por período seco, úmido e transição. Assim, obteve melhor desempenho das equações de estimativa da Lin para dias de céu claro no período seco em relação as estimativas deste estudo.

Tabela 2. Estatísticas entre valores de Lin observada e Lin estimada entre os anos de 2005 a 2010 na FNS.

| Equações              | RMSE<br>( $\text{W m}^{-2}$ ) | EMV<br>( $\text{W m}^{-2}$ ) | EMA<br>( $\text{W m}^{-2}$ ) | d    | $R^2$ |
|-----------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|------|-------|
| Brunt (1932)          | 43,77                         | -34,03                       | 36,05                        | 0,58 | 0,48  |
| Swinbank (1963)       | 45,07                         | -32,20                       | 36,94                        | 0,59 | 0,45  |
| Idso e Jackson (1969) | 39,13                         | -21,72                       | 31,19                        | 0,66 | 0,45  |
| Bruntsaert (1975)     | 33,96                         | -20,55                       | 26,64                        | 0,67 | 0,49  |
| Satterlund(1979)      | 31,91                         | -17,18                       | 25,24                        | 0,68 | 0,47  |
| Idso (1981)           | 27,81                         | -0,66                        | 21,94                        | 0,70 | 0,44  |
| Prata (1986)          | 34,49                         | -21,82                       | 27,30                        | 0,66 | 0,49  |

#### 4. CONCLUSÕES

As equações que consideraram apenas a temperatura do ar no cálculo da radiação de onda longa atmosférica obtiveram baixo desempenho em relação àqueles que consideraram temperatura do ar e pressão do vapor d'água, evidenciando a importância da pressão do vapor d'água na emissão da radiação de onda longa atmosférica.

As estimativas entre os anos de 2005 a 2010 até aqui realizadas selecionando dias de céu claro ou com poucas nuvens em todos as estações (seco, úmido, transição) não mostraram desempenho satisfatório para serem utilizadas em modelos de previsão climática. Deste modo será necessário para o próximo passo deste estudo, selecionar dias de céu claro no período seco, a fim de investigar a possibilidade de melhores resultados.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. J. G.; COSTA, J. M. N. D.; FISCHER, G. R.; AGUIAR, R. G.; COSTA, A. C. L. D.; FERREIRA, W. P. M. Estimate of the atmospheric long wave radiation in forest and pasture area in south west amazon. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n. 2, p. 215-224, 2011.

BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal Resource Meteorological Society**, v. 58, p. 389-418, 1932.

BRUTSAERT, W. On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies. **Water Resources Research**, v. 11, n. 5, p. 742-744, Oct. 1975.

CORREIA, F. W. S. **Estudo do Balanço de Radiação em Área de Policultivo na Amazônia**. 2000.137f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2000.

FEITOSA, J. R. P. **Balanço de energia e evapotranspiração em áreas de pastagem e de floresta densa na Amazônia central**. 1996. Campina Grande. 95p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Universidade Federal da Paraíba.

GALVÃO, J. A. C.; FISCH, G. Balanço de radiação em área de pastagem na Amazônia. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n. 1, p. 1-10, 2000.

IDSO, S. B. A set of equations for full spectrum and 8 to 14  $\mu\text{m}$  and 10.5 to 12.5  $\mu\text{m}$  thermal radiation from cloudless skies. **Water Resources Research**, v. 17, n. 2, p. 295-304, 1981.

IDSO, S. B.; JACKSON R. D. Thermal radiation from the atmosphere. **Journal Geophysics Research**, v. 74, n. 23, p. 5397-5403, 1969.

IQBAL, M. **An Introduction to Solar Radiation**. Toronto: Academic Press, 1983.

LIBERATO, A. M.; CARDOSO, F. L. Análises da radiação de onda curta e onda longa na Amazônia. **Revista de Geografia**, v. 28, p. 169-182, 2010.

MANZI, A. O. **Introduction d'un schéma des transferts sol-vegetation-atmosphère dans un modèle de circulation générale et application a la simulation de la deforestation Amazonienne**. 1993, 293 p. Tese (Doutorado) - Universidade Paul Sabatier, Toulouse, França.

PRATA, A .J. A new long-wave formula for estimating downward clear-sky radiation at the surface. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 122, p. 1127-1151, 1996.

SATTERLUND, D. R. An improved equation for estimating long-wave radiation from the atmosphere. **Water Resources Research**, v. 15, p. 1649-1650, 1979.

VON RANDOW, RC da S.; ALVALÁ, RC dos S. Estimativa da radiação de onda longa atmosférica no Pantanal Sul Mato-Grossense durante os períodos secos de 1999 e 2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 398-412, 2006.