

COMPARAÇÃO DA MEDIÇÃO DE RADIAÇÃO DE ONDA LONGA ATMOSFÉRICA COM MÉTODOS DE ESTIMATIVAS EM ÁREA DE PASTAGEM NO ESTADO DE RONDÔNIA.

HENRIQUE F. B. REPINALDO¹, DARLAN M. SCHMIDT², CINTIA R. DA ROCHA²

¹Meteorologista, Pós-graduando do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), UFAL, Maceió – AL, henrique_repinaldo@hotmail.com.

²Meteorologista, Pós-graduando do Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), UFAL, Maceió – AL.

Apresentado no XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 22 a 25 de Setembro de 2009 - GranDarrell Minas Hotel, Eventos e Convenções - Belo Horizonte, MG

RESUMO: Os desempenhos de 5 métodos de estimativas de fluxo de radiação de onda longa atmosférica ($L\downarrow$) são analisados de acordo com os dados obtidos na Fazenda Nossa Senhora Aparecida (FNS) ($10^{\circ} 45'S$, $62^{\circ} 22'W$), localizada na região de Ji-Paraná em Rondônia, para área de pastagem, em dias de céu claro, durante o final da estação seca no ano de 2002. As estimativas, usando as formulações originais encontradas na literatura, de uma forma geral subestimaram os dados de $L\downarrow$ durante todo o período. O ajuste das formulações de $L\downarrow$ às condições locais em 2002 apontou através de dados estatísticos e gráficos, que o método proposto por Swinbank é o mais adequado para ser usado na região.

PALAVRAS-CHAVE: onda longa atmosférica, parametrizações, emissividade.

ABSTRACT: COMPARISON OF ATMOSPHERIC LONG WAVE RADIATION MEASUREMENTS WITH ESTIMATES METHODS IN PASTURE AREA IN RONDONIA. The performances of 5 methods to estimate atmospheric long wave radiation fluxes are analyzed in accordance with data obtained in Fazenda Nossa Senhora (FNS) ($10^{\circ} 45'S$, $62^{\circ} 22'W$), that belongs to Ji-Parana region, in Rondonia, for pasture area in clear sky days, during the end of dry season in 2002. The estimates, using original formulation that is available in the literature, in general underestimates the $L\downarrow$ data during all the period. The $L\downarrow$ formulation adjustments to local conditions in 2002 showed through graphics and statistic data that Swinbank method is the most appropriate to be used in this region.

KEYWORDS: atmospheric long wave, parameterizations, emissivity.

INTRODUÇÃO: O fluxo de radiação de onda longa proveniente da atmosfera ($L\downarrow$) é uma importante componente da troca radiativa no nível da superfície, e esta, por sua vez, é uma importante componente do balanço de energia. O saldo de radiação de ondas longas, também, é importante na determinação da troca de energia no período noturno, quando há ocorrência de orvalho e geadas. Já o saldo de radiação total é importante na determinação da troca de energia durante o dia, que é quando ocorre a maior parte da evapotranspiração. Estes fluxos de radiação são de grande importância em estudos meteorológicos e climatológicos, bem como em projetos de estufas e outras construções, tendo como finalidade prever seus balanços térmicos e conseqüente clima interno (HEITOR et al., 1991). A radiação de onda longa proveniente da atmosfera é seguramente a componente do balanço de radiação mais difícil de ser medida, pois embora haja instrumentos, esses emitem radiação em comprimentos de onda e intensidade comparáveis àquelas da suposta medida. A maioria das equações que estimam a radiação de onda longa da atmosfera (BRUNT, 1932; SWINBANK, 1963; BRUTSAERT, 1975; SATTERLUND, 1979 e IDSO, 1991) só têm validade para dias de céu claro, e apresentam melhor desempenho quando se considera base diária ou média de longo prazo. Na Amazônia praticamente não existem medidas regulares de radiação de ($L\downarrow$), mesmo sendo

esta uma variável importante no cálculo do balanço de radiação à superfície. Assim, este trabalho tem como objetivo estimar ($L\downarrow$), para área de pastagem na região de Ji-Paraná-RO, a partir de cinco modelos propostos pela literatura, comparar as estimativas resultantes com valores medidos e ajustar os modelos às condições locais da região.

MATERIAIS E MÉTODOS: A climatologia da região de Ji-Paraná-RO é caracterizada por uma forte sazonalidade na distribuição da precipitação que é verificada no período chuvoso (novembro-abril), apresentando totais mensais acima de 200 mm mês⁻¹. A estação seca estende-se de maio a outubro com um período intenso de seca entre junho e agosto, com total mensal de precipitação inferior a 20 mm mês⁻¹. A temperatura do ar, mostra também uma forte sazonalidade, sendo outubro o mês mais quente, com temperatura média de 25,6°C. O mês mais frio é julho, com temperatura média de 22,7°C (GALVÃO, 1999). O período de dados selecionado para este estudo foi o de 12 de setembro a 16 de outubro de 2002, período que está compreendido no final da estação seca da região sudoeste da Amazônia. As medidas foram obtidas para a área de pastagem (Fazenda Nossa Senhora Aparecida), localizada em 10° 45'S, 62° 22'W, à 220 m acima do nível médio do mar e cerca de 15 km da cidade de Ouro Preto D'Oeste, próximo à cidade de Ji-Paraná em Rondônia. Os dados utilizados foram médias horárias de Temperatura do ar, Umidade Relativa, dados de radiação de onda curta (para determinação da nebulosidade) e dados de radiação de onda longa para comparação, medidos por uma estação meteorológica automática montada no topo de uma torre de alumínio com 6 m de altura. Finalmente, comparou-se o desempenho de cinco modelos encontrados na literatura, para estimar a radiação de onda longa atmosférica ($L\downarrow$), frente aos dados observados, em seguida ajustando-se linearmente seus parâmetros às medidas, levando em conta a dependência entre as variáveis e a emissividade.

RESULTADOS E DISCUSSÕES: Com a intenção de avaliar o desempenho de diferentes equações propostas na literatura para a estimativa da radiação de onda longa da atmosfera ($L\downarrow$) para áreas de pastagem em Rondônia, foram considerados apenas os dias de céu claro. Os valores de $L\downarrow$ estimados, tanto com as equações propostas na literatura quanto com as ajustadas às condições locais da região estudada, foram comparados com valores de $L\downarrow$. Para o cálculo de $L\downarrow$ utilizaram-se as parametrizações com os coeficientes originais propostos na literatura (Tabela 1).

Tabela 1 – Equações propostas na literatura para parametrização da radiação de onda longa proveniente da atmosfera, em que $\xi = 46,5 (e_e/T_o)$, onde e , e_o e T são a pressão de vapor d'água do ar (mb), pressão de vapor d'água (mb) e a temperatura do ar (K) próximo à superfície; σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$).

Modelo	Parametrização
Brunt (1932)	$L\downarrow = [0,065 (\sqrt{e}) + 0,52] \sigma T^4$
Swinbank (1963)	$L\downarrow = 9,2 \times 10^{-6} \sigma T^6$
Brutsaert (1975)	$L\downarrow = [1,24 (e/T)^{1/7}] \sigma T^4$
Satterlund (1979)	$L\downarrow = 1,08 [1 - \exp(-e_o^{T/2016})] \sigma T^4$
Idso (1981)	$L\downarrow = \{0,7 + 5,95 \times 10^{-5} [e \exp(1500/T)]\} \sigma T^4$

A Tabela 2 apresenta as estatísticas correspondentes à comparação das estimativas pelas parametrizações originais e $L\downarrow$ medido, mostrando que os valores (negativos) do erro médio absoluto (EMA) variaram de $-49,46 \text{ W.m}^{-2}$ a $-1,55 \text{ W.m}^{-2}$, o que indica que em todas as

equações propostas na literatura, os resultados estimados foram inferiores aos medidos, independentemente de cada equação levar em consideração a pressão de vapor e a temperatura do abrigo, ou somente a temperatura do abrigo. Isto pode estar relacionado com os coeficientes utilizados nas equações, os quais foram ajustados para outras regiões, diferentes daquela aqui estudada. Os valores do desvio médio quadrático (DMQ) obtidos com as parametrizações foram razoavelmente elevados, variando de 14,36 W.m⁻² a 50,78 W.m⁻², destacando principalmente o modelo proposto por Brunt que apresentou o maior desvio. Estes valores de EMA e de DMQ encontrados foram menores que aqueles encontrados por GALVÃO (1999), para uma região de pastagem na Amazônia.

Tabela 2 – Estatísticas relacionando os valores de L_↓ estimados e medidos, em que EMA = Erro Médio Absoluto e DMQ = Desvio Médio Quadrático.

Parametrização	EMA (W.m ⁻²)	DMQ (W.m ⁻²)	R	R ²
Brunt (1932)	-49,46	50,78	0,94	0,88
Swinbank (1963)	-32,66	35,37	0,97	0,93
Brutsaert (1975)	-21,02	23,71	0,95	0,89
Satterlund (1979)	-19,04	21,61	0,96	0,92
Idso (1981)	-1,55	14,36	0,90	0,81

Para determinar o ajuste dos parâmetros das equações empíricas às condições locais do Pantanal, analisou-se a correlação entre a emissividade atmosférica, estimada a partir da relação $L_{\downarrow} = \epsilon \sigma T_a^4$, e as variáveis utilizadas em cada equação empírica. A Tabela 3 apresenta as equações ajustadas.

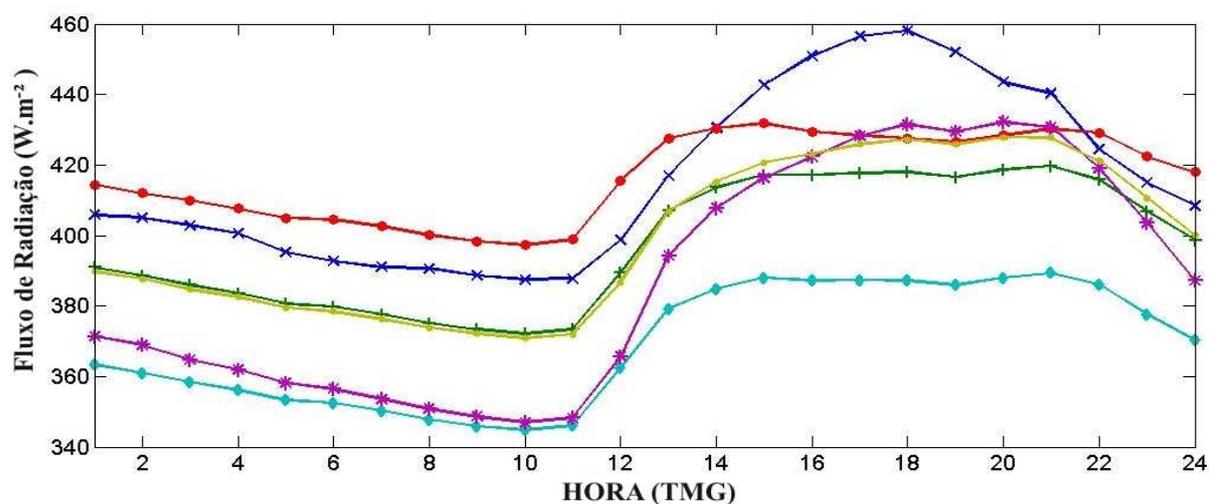
Tabela 3 – Equações com os coeficientes ajustados às condições de Rondônia em 2002.

Modelo	Parametrização
Brunt (1932)	$L_{\downarrow} = [0,748 (\sqrt{e}) + 0,384] \sigma T^4$
Swinbank (1963)	$L_{\downarrow} = 10^{(0,052 \log T - 0,174)} \sigma T^4$
Brutsaert (1975)	$L_{\downarrow} = [0,384 + 0,748 (e/T)^{1/7}] \sigma T^4$
Satterlund (1979)	$L_{\downarrow} = \{1 - \exp[4,899 (-e_o^{T/2016}) + 5,429]\} \sigma T^4$
Idso (1981)	$L_{\downarrow} = \{0,856 + 1,4 \times 10^{-5} [e \exp(1500/T)]\} \sigma T^4$

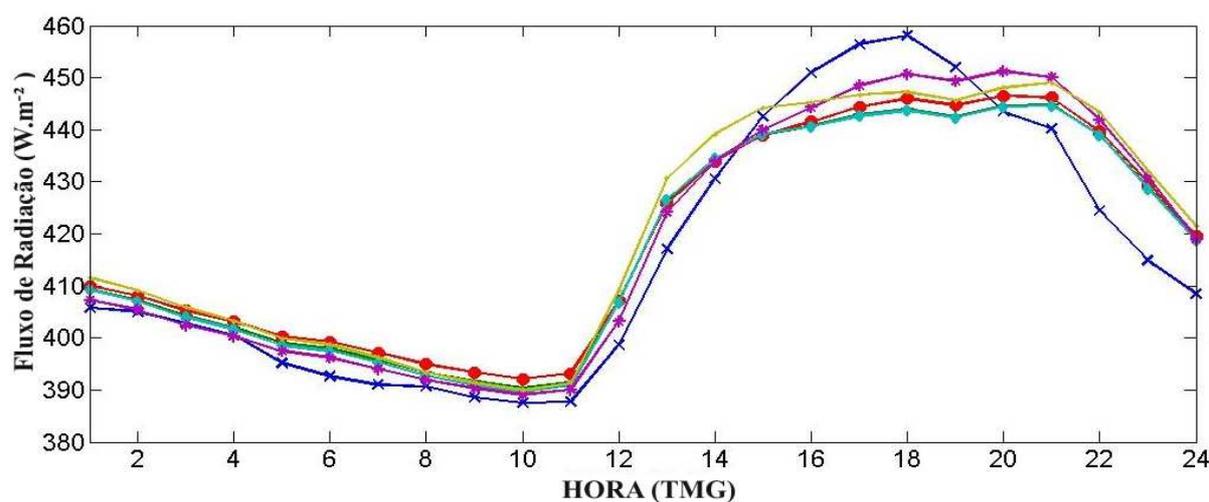
Nota-se que, após os ajustes, os valores de EMA diminuíram significativamente, o que também foi observado no DMQ. As equações ajustadas de Swinbank e de Idso, cujas emissividades são dependentes da temperatura em todas elas e da pressão de vapor na última, geraram os mesmos coeficientes de determinação ou explicação (0,93), sendo estas as parametrizações que melhor se ajustam aos dados de Rondônia. A Tabela 4 apresenta os valores de EMA, DMQ, R e R² para todas as equações ajustadas. Com os ajustes, além da melhoria nos parâmetros estatísticos, nota-se que todas as equações passam a subestimar e superestimar os valores observados de forma mais justa. Ressalta-se que as diferenças entre os valores calculados e medidos diminuíram consideravelmente, independentemente da dependência da emissividade. Uma comparação entre a variação diária dos valores calculados antes e após os ajustes pode ser vista na Figura 1.

Tabela 4 – Estatísticas relacionando os valores de L_{\downarrow} estimados, pelas parametrizações ajustadas aos dados de 2002, e medidos, em que EMA = Erro Médio Absoluto e DMQ = Desvio Médio Quadrático.

Parametrização	EMA ($W.m^{-2}$)	DMQ ($W.m^{-2}$)	R	R ²
Brunt (1932)	-0,77	14,13	0,96	0,91
Swinbank (1963)	0,44	10,77	0,97	0,93
Brutsaert (1975)	-0,36	10,24	0,96	0,92
Satterlund (1979)	1,35	10,10	0,96	0,92
Idso (1981)	0,95	10,51	0,96	0,93



(A)



(B)

Figura 1 – Variação média horária da radiação de onda longa atmosférica medida (observada) e calculada pelas parametrizações propostas na literatura (A) e pelas parametrizações ajustadas à condição de Rondônia em 2002 (B).

CONCLUSÕES: As estimativas de radiação de onda longa atmosférica através de diferentes modelos propostos na literatura foram comparadas com os dados medidos na região de Ji-Paraná-RO, e os resultados indicaram que, com os coeficientes originais das equações, em todos os casos, subestimam os valores medidos, por isso não devem ser usadas sem ajuste. Os resultados mostraram que, devido esses métodos serem propostos para latitudes médias, deve-se fazer ajustes para usá-los em regiões tropicais. Após os ajustes feitos para os coeficientes originais com os dados da região, concluiu-se que a equação ajustada de Swinbank, cuja emissividade é dependente apenas da temperatura, gerou os melhores resultados como o coeficiente de correlação (0,97) e um dos menores valores de EMA(0,44 W.m⁻²). Portanto, considerando estes resultados, o modelo de Swinbank é o mais aconselhado, devidamente ajustado para cada situação, para a estimativa de L↓ para a estação seca em área de pastagem em Rondônia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal Royal 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.

GALVÃO, J. A. C. **Estudo do balanço de radiação em áreas de floresta e pastagem na Amazônia**. São José dos Campos. 125p. (INPE-7236-TDI/689). Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 1999.

HEITOR, A.; BIGA, A.; ROSA, R. Thermal Radiation Components of the Energy Balance at the Ground. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 54, p. 29-48, 1991.

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

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

SWINBANK, W.C. Long-Wave Radiation from clear skies. **Q. J. R. Meteorol. Soc.**, v. 89, n. 381, p. 339-348, July. 1963.