

VARIAÇÃO SAZONAL DO FLUXO DE CALOR NO SOLO EM UM MANGUEZAL

ALLAN R. SILVA¹, MARCOS A. L. MOURA², CARLOS A. S. QUERINO³, M. F. NASCIMENTO FILHO²

1 Graduando Meteorologia/UFAL, Instituto de Ciências Atmosféricas/UFAL – Maceió, Al, Fone: (0 xx 82) 3214 1370, dhip@fca.ufpe.br;
2 Meteorologista, Prof. Doutor, Instituto de Ciências Atmosféricas, UFAL, Maceió – AL; 3 Meteorologista, Bolsista INPA, Manaus - AM

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

RESUMO: O estudo foi realizado com a coleta de dados durante o período de outubro/2004 a outubro/2005 no sítio experimental (9° 42' 18" S e 35° 48' 32" W) de uma floresta de manguezal localizado dentro do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Mangaba pertencente a Área de Proteção Ambiental (APA) da Ilha de Santa Rita no Estado de Alagoas no intuito de conhecer as características sazonais do Fluxo de Calor no Solo (FCS). Para isso foi erguida uma torre de 14m, na qual foram instalados diversos sensores (radiação solar global, difusa e refletida, temperatura e umidade do ar, vento, etc) e a uma distancia de 2,5m ao sul da base (para evitar sombreamento extra pela torre) foram coletados permanentemente o FCS com uma bateria com três fluxímetros do modelo HFT3 (Campbell Scientific, Inc, EUA), os quais foram instalados a 10 cm de profundidade. Observou-se que os maiores FCS médias ocorreram nos meses do período seco local variando entre 27 e 29 C, enquanto os menores nos meses do período chuvoso variando entre 24 e 25 C. Também foi constatado que o FCS é regido pelo ciclo da precipitação e atenuação da radiação solar.

PALAVRAS-CHAVE: manguezal, fluxo de calor solo, precipitação

SEASONAL VARIATION OF THE SOIL HEAT FLUX IN A MANGROVE

ABSTRACT : This study has been realized with data collected during the period from October/2004 to October/2005, in an experimental site (9° 42' 18" S e 35° 48' 32" W) inside a mangrove swamp forest located in the Estuarine Lagoon Complex Mundaú-Manguaba, pertaining to the Environment Protection Area (EPA) of Santa Rita's Island in Alagoas state, Brazil, with the aim to know the seasons soil heat flux (FCS). To execute this experiment, a tower (14m) was raised, that which was installed several sensors (solar global, diffuse and reflected radiation, air temperature and humidity, wind, etc) 2,5m faraway to tower south base (to avoid extra shadow from tower) and there were collected the FCS in 10 cm of depyh, with Campbell heat flux plate (HFT3 Campbell Scientific, EUA)thermocouples type T (Copper-Constantan). Observed that the biggest average FCS happened in the dry local period months oscillating between 24 and 25 °C. The FCS regime it is controlled by precipitation cicle and solar radiation attenuation.

KEYWORDS: mangrove, soil heat flux, rain

INTRODUÇÃO : Manguezais são importantes componentes dos ecossistemas tropicais, que se desenvolvem em zonas litorâneas associadas a cursos d'água com influência das marés, porém, não atingidos pela ação direta das ondas. Os manguezais existem em praticamente todos os continentes que estão nas regiões tropicais e subtropicais, alcançando maiores extensões nos estuários ou locais de geografia plana onde a maré tem maior fluxo. No Brasil representa uma área de cerca de 25.000 km², segundo Schaeffer-Novelli (1995).

A superfície do solo é um dos componentes mais importantes do microclima da planta (Sedyama & Prates, 1986) que serve não só como suporte para as plantas, mas para um meio, através do qual a água e os nutrientes são transferidos para o sistema radicular. Fisicamente o solo funciona como principal mecanismo de armazenamento de energia e segundo Firme

(2003) os solos dos manguezais são diferenciados de solos agricultáveis ao se comparar valores médios de alguns cátions trocáveis desses solos com as tabelas que existem na literatura, sendo que na maioria dos casos os solos dos mangues ultrapassam os limites encontrados. Não só a temperatura do solo como também o fluxo de calor no solo do manguezal sofrem profundas modificações durante o ano, devido ao aporte de materiais que são transportados do mar para o interior do manguezal e vice-versa.

Então, o objetivo principal do presente trabalho é caracterização sazonal do fluxo de calor no solo de um manguezal, pois constitui valiosa ferramenta no que concerne à resposta desse ecossistema às condições ambientais existentes, bem como aos processos de alteração desse meio, auxiliando nos estudos e ações que objetivam a conservação desse ecossistema.

MATERIAL E MÉTODOS : O estudo foi realizado com a coleta de dados durante o período de outubro/2004 a outubro/2005 em um sítio experimental, localizado dentro do Complexo Estuarino Lagunar Mundaú-Mangaba pertencente a Área de Proteção Ambiental (APA) da Ilha de Santa Rita, que abrange um total de 7 municípios do Estado de Alagoas - Brasil, em que cerca de 44% da respectiva área está degradada, segundo IMA (1993).

O solo do manguezal é pobre em oxigênio e rico em matéria orgânica, incompletamente decomposta. O fluxo e refluxo das marés promove a circulação dos nutrientes e alimentos, além da remoção dos produtos inaproveitáveis do metabolismo dos organismos. As características físicas do solo do mangue que foram realizadas em agosto/2005 pelo Departamento de Solos, Engenharia e Economia Rural da Universidade Federal de Alagoas estão descritas na tabela abaixo:

Tabela 1 – Análise físico - química e classificação do solo quanto sua textura para área de mangue natural (Ilha de Santa Rita, Maceió, Alagoas, 2005)

Determinações	PROFUNDIDADES		
	0 – 10cm	10 – 20cm	20 – 30cm
pH	6,1	-	-
Mat. Org. Total (%)	3,31	-	-
Areia Grossa (%)	33	36	36
Areia Fina (%)	51	32	33
Silte(%)	12	28	27
Argila (%)	4	4	4
Silte/Argila	3,00	7,00	6,75
Dens. Solo (g.cm-3)	1,17	1,14	1,11
Porosidade Total (%)	56	57	58
Classificação Textural (SBCS)	Areia Franca	Franco Arenosa	Franco Arenosa

O referido sítio (9° 42' 18'' S e 35° 48' 32'' W) apresenta vegetação nativa, mais especificamente floresta de manguezal com uma altura média do dossel de 10m, dotado de uma área de aproximadamente 416 mil m², em cujo interior foi erguida uma torre de 14m, na qual foram instalados diversos sensores para monitorar diferentes variáveis (radiação solar global, difusa e refletida, temperatura e umidade do ar, vento, etc). Para eliminar possíveis efeitos devidos ao sombreamento da torre sobre as medidas do fluxo de calor no solo, os sensores foram posicionados, em relação à torre, a uma distância de 2,5m. Durante todo período experimental foram coletados permanentemente dados do fluxo de calor no solo. Para isso foi utilizada uma bateria com três fluxímetros do modelo HFT3 (Campbell Scientific, Inc, EUA), os quais foram instalados a 10 cm de profundidade. O objetivo de se usar uma bateria é no sentido de que as irregularidades do solo sejam minimizadas. Todos os fluxímetros estavam conectados a um Datalogger 21X (Campbell Scientific, EUA), que por sua vez tinha um Módulo de Armazenamento do tipo SM716 (Campbell Scientific, EUA), no

qual eram armazenados em médias de 5 minutos as medições realizadas a cada 10 segundos e descarregados posteriormente para conseqüente tratamento e utilização.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: O fluxo de calor do solo é um dos componentes do balanço de energia terrestre e que interessa a todos estudiosos ligados ao clima, como na estimativa da evapotranspiração (ZHANG et al., 1995), contudo a sua determinação é difícil (KIMBAL et al., 1975). O solo armazena calor durante o período diurno e serve de fonte de energia para a atmosfera no período noturno. Quer durante o dia, quer à noite, ocorrem trocas de calor entre a superfície do solo e a atmosfera, tanto por condução quanto por irradiação.

Os dados do Fluxo de Calor no Solo (**FCS**) observados demonstraram algumas características importantes no seu ciclo anual no manguezal. Isso inclui a quantificação do range sazonal, onde na Figura 01 percebe-se uma evidente diferença entre as épocas seca (Dez-Jan-Fev) e chuvosa (Mai-Jun-Jul) regional, apesar dos valores máximos médios sempre se apresentarem entre 12 e 14 horas independentemente da época. Contudo, salienta-se que no período chuvoso a amplitude diária média corresponde a 9 W.m^{-2} , enquanto no período seco foi de 36 W.m^{-2} . Isso é um claro resultado da atenuação da radiação solar incidente através das camadas mais elevadas do dossel, na qual a quantidade de radiação que chega a superfície é consideravelmente inferior àquela incidente no topo do dossel vegetativo e, portanto, o aquecimento superficial é menos elevado. Portanto, enquanto o saldo de radiação à superfície é positivo, o calor vai sendo conduzido e armazenado no interior do solo. Quando o saldo é negativo, a superfície é suprida pelo fluxo ascendente de calor no solo. QUERINO (2006) encontrou uma atenuação média anual da radiação solar em um manguezal nesta mesma área experimental de 85%, enquanto BALDOCCHI et al. (2000) detectaram uma atenuação de 40-50% em uma “ponderosa pine stand” e 30% em “Jack pine stand”, e BALDOCCHI & VOGEL (1996) encontraram que somente 10% da radiação solar incidente alcança o chão da “Deciduous Forest”.

Quando se analisa meses específicos das épocas seca e chuvosa (Figuras 2 e 3) pode-se perceber mais claramente a influencia conjunta da radiação solar incidente no chão do manguezal (já comentado no parágrafo anterior) e da precipitação. Na Figura 2 (janeiro) observa-se um ciclo bem definido do FCS com máximos ocorrendo entre 13-14 horas e atingindo 32 W.m^{-2} e mínimos entre 4-5 horas com valores de até -12 W.m^{-2} . É importante salientar que no mês em questão choveu somente em três dias (3, 7 e 27) perfazendo um total mensal de 7,66 mm de um total de 50mm esperado pela normal climatológica. Outro detalhe é que os valores de FCS tornam-se positivos somente a partir das 9 horas (aproximadamente 4 depois do nascer do Sol) e negativos entre 18 e 20 horas.

Já quando se analisa o mês de junho (Figura 3) correspondente a época chuvosa observa-se claramente que o FCS do mangue é fortemente influenciado pela precipitação, pois a mesma “despadroniza” e diminui o ciclo do FCS. Isso ocorre não só devido a já relatada ausência de aquecimento solar da superfície por conta da sua atenuação, como também devido às perdas radiativas que transportam calor da superfície do solo para a atmosfera e, com isso, o transporte de calor no solo ocorre das camadas mais profundas em direção a superfície. Então, este resultado é uma combinação da precipitação e da atenuação da radiação solar global (**R_g**) pelo dossel, conforme já relatado anteriormente. Tanto que, segundo QUERINO (2006), nos meses compreendidos entre maio e agosto, quando o Sol encontra-se astronomicamente posicionado no hemisfério norte, ocorrem as maiores atenuações da radiação solar global (**R_g**) na superfície do manguezal por influencia da maior inclinação dos raios solares, onde somente aproximadamente 15% da R_g incidente no topo do dossel vegetativo atinge a superfície. Isso vem a confirmar, obviamente em conjunto com a precipitação, que o aquecimento superficial nessa época do ano é menos elevado, o que proporcionou menores amplitudes médias diárias de FCS. É interessante também destacar a dinâmica térmica do

solo, uma vez que o **FCS** ainda pode sofrer influencia do ciclo da maré, conforme foi detectado por MOURA et al. (2006) sobre a temperatura do solo do manguezal.

CONCLUSÕES: Independentemente da precipitação e da maré o **FCS** aumenta durante o dia e diminui durante a noite graças ao ciclo de energia solar entrante. Mesmo assim, especialmente na época chuvosa o ciclo do **FCS** sofre grande influencia da precipitação e atenuação da radiação solar incidente fazendo com que os **FCS** médios máximos e mínimos ocorram durante os meses secos e chuvosos, respectivamente.

AGRADECIMENTOS : Agradecimentos especiais a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Alagoas (**FAPEAL**) por tornar possível a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BALDOCCHI, D. D. et al. On measuring and modeling energy fluxes above the floor of a homogeneous and heterogeneous conifer Forest. **Agric. For. Meteorol.**, v.102, p.187-206, 2000
- BALDOCCHI, D.D. & VOGEL, C. A comparative study of water vapor, energy and CO₂ flux densities above and below a temperate broadleaf and a boreal pine forest. **Tree Physiol.**, v.16, p. 5-16, 1996.
- CALADO, T. C. S. & SOUSA, E. C. **Crustáceos do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú/Manguaba - Alagoas.** Maceió: FAPEAL. 116p, 2003.
- FIRME, L. P. **Caracterização Físico-químico de Solos de mangue e sua Avaliação de sua Contaminação por Esgotos Domésticos via Traçadores Fecais.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior Luiz de Queiroz – USP – Piracicaba. 2003. p.70.
- IMA (INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE)/GOVERNO DE ALAGOAS. **Zoneamento ambiental da APA de Santa Rita e Reserva Ecológica do Saco da Pedra – Vol I.**, Convênio IMA-GTZ, Maceió, AL, 1993. 45p.
- KIMBALL, B. A. et al. Soil-heat flux determination: temperature gradient method with computed thermal conductivities. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.40, p.25-28, 1976.
- MOURA, M. A. L. et al Alguns aspectos da interação da maré e precipitação na variação sazonal da temperatura do solo em um manguezal tropical. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, XIV, 2006, Florianópolis, SC. **Anais...** 1 CD ROM.
- QUERINO, C. A. S. **Avaliação da radiação solar em ecossistema de manguezal tropical.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Alagoas (UFAL). 2006. p.97.
- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. **Manguezal – ecossistema entre a terra e o mar.** São Paulo: USP, Instituto Oceanográfico, São Paulo, 1995. 64p.
- SEDIYAMA, G. C.; PRATES, J. E. O microclima: possibilidade de modificações. **Informe Agropecuário**, v.12, p.36-42, 1986.
- ZHANG, H. et al. Impact of tropical deforestation. Part I: process analysis of local climatic change. **J. Clim.**, v.9, p.1497-517, 1996.

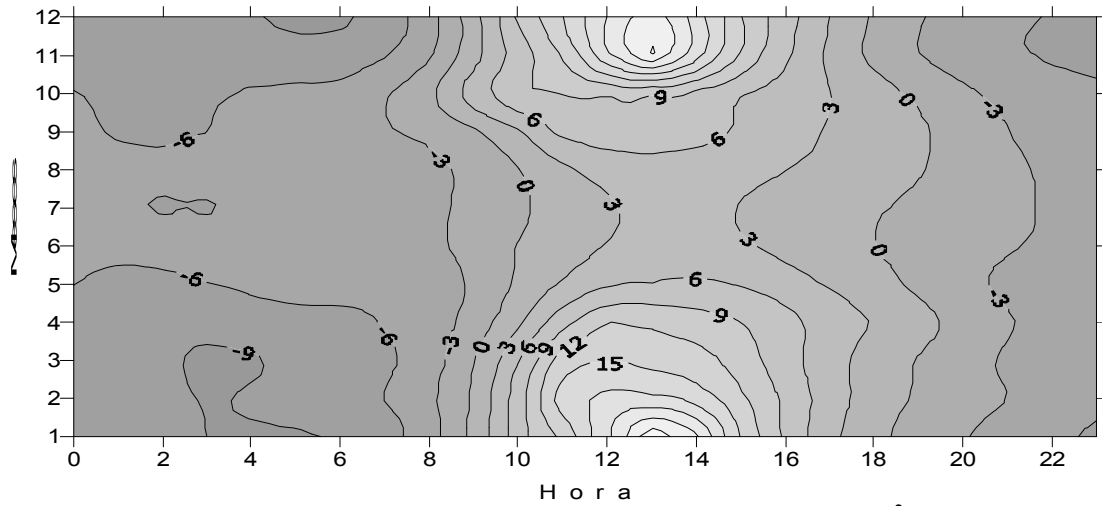


Figura 1 - Variação média horária mensal do Fluxo de calor no solo ($W.m^{-2}$) no manguezal.

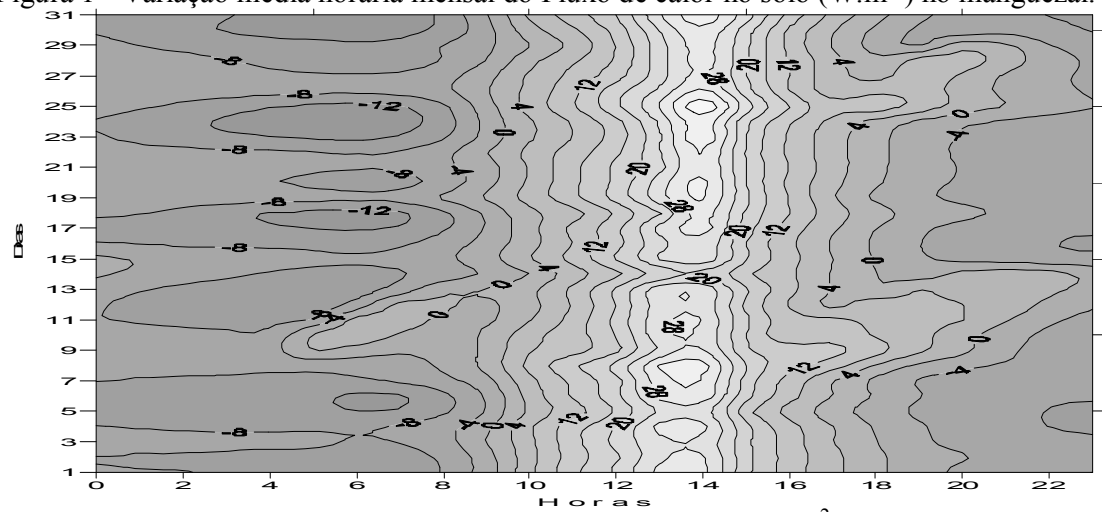


Figura 2 – Variação horária-mensal do Fluxo de calor no solo ($W.m^{-2}$) em janeiro.

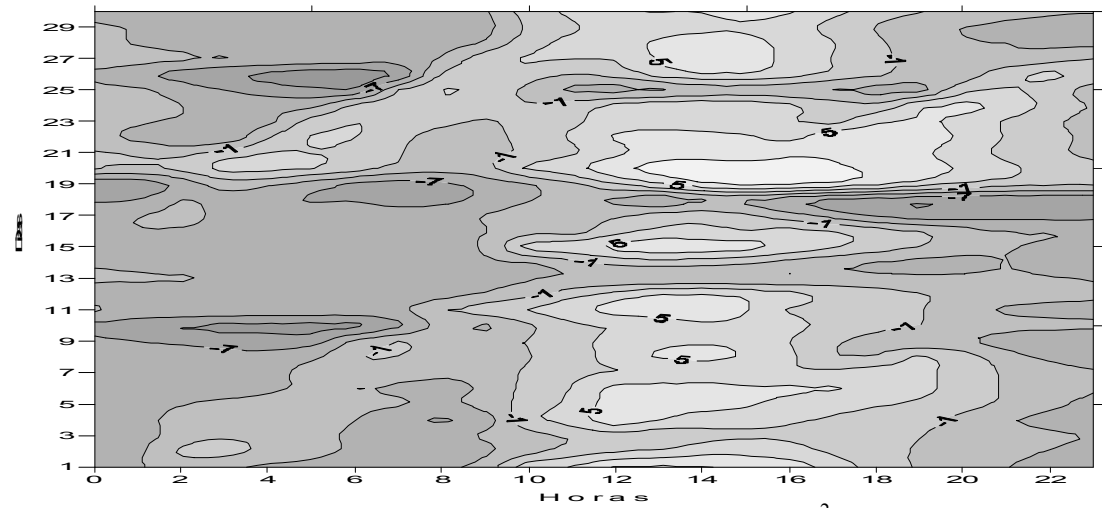


Figura 3 – Variação horária-mensal do Fluxo de calor no solo ($W.m^{-2}$) em junho.