



# Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: [www.ufpe.br/rbgfe](http://www.ufpe.br/rbgfe)



## FLUXO DE CALOR DO SOLO E SALDO DE RADIAÇÃO DENTRO DE UMA ÁREA DE MATA ATLANTICA EM COMPARAÇÃO COM UMA ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Rayonil Gomes Carneiro<sup>1</sup>, Marcos Antonio Lima Moura<sup>2</sup>, Roberto Fernando da Fonseca Lyra<sup>2</sup>, Antônio Marcos Delfino de Andrade<sup>1</sup>, Aurilene Barros dos Santos<sup>3</sup>, Ruany Gomes Xavier Maia<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas (UACA), Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). E-mail: [rayonilcarneiro@gmail.com](mailto:rayonilcarneiro@gmail.com).

<sup>2</sup> Instituto de Ciências Atmosféricas (ICAT), Universidade Federal de Alagoas (UFAL).

<sup>3</sup> Programa Pós-Graduação em Ciências Climáticas (PPGCC), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

### RESUMO

Este estudo analisou a variação do fluxo de calor no solo (FCS) e do saldo de radiação (Rn) em uma área de floresta atlântica, e a diferença em relação a uma cultura de cana-de-açúcar. O fragmento de Mata Atlântica está localizado no município de Coruripe, Alagoas (10°00'37"S; 36°17'60"W; alt.160m). Estes dados foram obtidos através de uma torre micrometeorológica com altura de 26 m instalada dentro da floresta, correspondentes ao período de dezembro/2009 a agosto/2010. O segundo ambiente de estudo foi um cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), variedade SP-701143, localizado no município de Pilar, Alagoas (09°36'12"S, 35°53'46"W; alt. 107 m). Os dados meteorológicos foram obtidos através de uma estação meteorológica automática. Neste trabalho foram utilizados dados referentes ao período entre dezembro/1998 e agosto/1999. As chuvas descaracterizaram o perfil de FCS, que sempre apresentou máximos maiores durante os períodos secos e mínimos menores nos períodos chuvosos. A área de canavial apresentou valores de Rn e FCS muito maiores do que os ocorrentes dentro da Mata. O Rn foi cerca de 100 vezes maior, enquanto que FCS foi entre 10 e 20 vezes o valor encontrado na floresta.

**Palavras-chave:** Fluxo de calor no solo, saldo de radiação, floresta atlântica

## HEAT FLUX AND IN THE SOIL AND RADIATION BALANCE INSIDE IN AREA OF ATLANTIC FOREST IN COMPARISON WITH AN AREA OF SUGARCANE

### ABSTRACT

This study aimed to analyze the variation of the soil heat flux (FCS) and the radiation balance (Rn) in a rainforest area, and compare the results to a sugarcane plantation data. One of these environments was a fragment of Atlantic Forest at Coruripe, in Alagoas, Brazil (10°00'37 "S, 36°17'60" W; alt.160m). These data were obtained with a 26-meter-tall micrometeorological tower installed inside the forest, corresponding to the period from December/2009 to August/2010. The second area of study was a sugarcane plantation environment (*Saccharumofficinarum* L.), variety SP 70-1143, located in the city of Pilar, Alagoas, Brazil (09°36'12"S, 35°53'46"W; alt. 107 m). The meteorological data were obtained from an automatic weather station (EMA). In this work it has been used data from the period between December 1998 and August 1999. The rain profile mischaracterizes the profile of FCS, which has always had higher maximum during dry periods and smaller minimum in the rainy period. The area of sugarcane showed much higher values of Rn and FCS than those occurring within the forest. The Rn was about 100 times higher, while FCS was between 10 and 20 times the value found in the forest.

**Keywords:** Heat flux in soil, radiation balance, atlantic forest

\*E-mail para correspondência:

[rayonilcarneiro@gmail.com](mailto:rayonilcarneiro@gmail.com) (Carneiro, R. G.).

Carneiro, R. G.; Moura, M. A. L.; Lyra, R. F.F.; Andrade, A. M. D., Santos, A. B.

## Introdução

A Mata Atlântica é reconhecida como um dos biomas mais ricos do mundo, prioritário para a conservação da biodiversidade em todo o continente americano, figurando entre os 25 *hotspots* mundiais (Morellato & Haddad, 2000; Myers et al., 2000; MMA, 2002). Apresenta extrema importância climática tanto na escala local, como na global.

O estudo meteorológico dessas áreas é de plena importância na caracterização do microclima da floresta e sua influência na região, como também na conservação e recuperação destes ambientes. São raros os estudos microclimáticos feitos na Floresta Atlântica, incluindo as pesquisas que visam estudar a interação solo-vegetação-atmosfera na restauração de áreas degradadas, em sua maioria substituídas por plantios de cana-de-açúcar. Hoje, o Brasil está entre os maiores produtores de cana-de-açúcar, sendo esta cultivada em todos os estados brasileiros, mas é no estado de São Paulo que se concentra a maioria das lavouras dessa cultura (mais de 40% da área de cana-de-açúcar no Brasil). No Nordeste, Pernambuco contribui com 20% e Alagoas, 17%, onde é plantada de julho a novembro e colhida de setembro a maio.

Os processos físicos, químicos e biológicos ocorrentes no solo dependem de algum modo da temperatura, umidade e, conseqüentemente, do fluxo de calor no mesmo. Para a vegetação, o seu estudo é de ampla importância, tendo em vista que a temperatura do solo, em nível superficial ou no subsolo, influencia a germinação de sementes, a atividade de microrganismos e de plantas, principalmente de suas raízes, interferindo no transporte de nutrientes e água na mesma, sendo assim de ampla importância para o desenvolvimento agrícola.

Estudos realizados em ambiente de caatinga no complexo solo – vegetação – atmosfera, mostraram que o comportamento termodinâmico do solo exerce papel fundamental no processo de evaporação do solo e nos fluxos de calor sensível (Silans et al., 2006). As diferenças de temperatura e

pressão de vapor entre a superfície do solo e a copa da vegetação, neste caso, condicionam as taxas de transferência de calor e de evaporação a partir do solo (Massman, 1992; Jacobs & Verhoef, 1997).

O fluxo de calor do solo é intrinsecamente dependente das propriedades físicas do solo, as quais englobam (i) a condutividade térmica, que representa a habilidade do solo em conduzir calor; (ii) a difusividade térmica, que representa a habilidade do solo em difundir calor, isto é, é uma medida do tempo necessário para as variações de temperatura se propagarem e (iii) a capacidade calorífica volumétrica, que indica a habilidade do solo em armazenar calor, isto é, expressa a variação de temperatura resultante do ganho ou perda de calor.

A temperatura do solo e seu fluxo de calor estão ainda ligados na formação do microclima de uma região. Para estudos de balanço de energia, segundo Galvani et al. (2001), a quantificação do fluxo de calor no solo é de grande importância, pois representa a entrada e saída de energia, contribuindo para o aumento e redução nos fluxos de calor latente e sensível e, assim, aumentar e reduzir as taxas de evaporação e transpiração.

Um dos principais fatores a ser levado em consideração nesses estudos é a radiação solar, que é toda radiação eletromagnética proveniente do Sol que atinge o planeta. Essa radiação é de extrema importância para a vida na Terra, pois é responsável pelos principais processos de ordem física, química e biológica, tanto animal quanto vegetal, bem como responsável direta na disposição da energia primária para todos os processos terrestres, desde a fotossíntese, até o desenvolvimento de tempestades, que provocam situações meteorológicas adversas. Como o clima é um conjunto de fatores meteorológicos para um determinado local e período, a disponibilidade de energia solar é crucial na determinação do mesmo. Então, o conhecimento do comportamento dessa radiação dentro das florestas é primordial para o entendimento da disponibilidade energia para os diversos processos desse sistema (Querino, 2011).

Um estudo feito por Pezzopane et al. (2005) em um fragmento de floresta estacional

semidecidual secundária sob o domínio da Mata Atlântica mostrou que o saldo de radiação solar (Rn) que passa através do dossel da floresta é reduzido, comparado com valores observados em área aberta. Isso leva a conclusão que, dentro da floresta, o gradiente do fluxo de calor e da temperatura do solo são reduzidos quando comparados à área descampada.

Se o solo estiver totalmente coberto, a porcentagem de fluxo de calor no solo (FCS) gira em torno de 5 a 10% do saldo de radiação (Rn); caso o solo esteja coberto parcialmente esse valor aumenta bastante, podendo variar de 20 a 40% do saldo de radiação (Kustas et al., 2000).

O presente trabalho tem como objetivo analisar e comparar o comportamento do fluxo de calor no solo (FCS) e Saldo de radiação (Rn) em um fragmento de Mata Atlântica e comparar os resultados obtidos com os de um cultivo de cana-de-açúcar no Estado de Alagoas visando constatar a diferença causada pela mudança de vegetação.

## **Materiais e métodos**

Descrições da área experimental I (Área de reserva de Mata Atlântica)

Os dados utilizados são referentes ao período entre dezembro/2009 e agosto/2010 obtidos através de uma torre micrometeorológica com altura de 26 m (10°00'37"S; 36°17'60"W; alt.160m), instalada dentro de uma Floresta Ombrófila Aberta em transição para Floresta Estacional Semidecidual na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) – Lula Lobo I, no município de Coruripe, Alagoas. Nela foram instalados diversos sensores para monitorar diferentes variáveis (radiação solar global, difusa e refletida, temperatura e umidade do ar, vento, precipitação, etc) (Carneiro et al., 2013).

O fluxo de calor do solo (FCS) foi medido através de uma bateria com três fluxímetros do modelo HFT-3 (*Campbell Scientific Inc.*, EUA) os quais foram posicionados, em relação à torre, a uma distância de 2,5 m, para evitar possíveis efeitos de sombreamento da torre sobre as medidas.

Para o saldo de radiação (Rn) foi utilizado um saldo radiômetro modelo Q-7 da *Campbell Scientific Inc.*, e as medidas de precipitação foram feitas através do TE 525, instrumento do tipo balança da *Texas Instruments*, EUA, ambos instalados a 2 metros de altura do solo. Os dados foram tomados a cada 10 segundos e suas médias armazenadas a cada 10 minutos em módulos de memória.

## **Climatologia da região**

O Município de Coruripe está situado na região ambiental do litoral do estado de Alagoas e de acordo com a classificação de Köppen (1936), possui um clima tropical chuvoso com verão seco. Seus totais pluviométricos anuais variam entre 1500 e 1700 mm, com umidade relativa do ar (UR) em torno de 80% (Santos & Frizzone, 2006).

De acordo com os dados da Agência Nacional de Águas (ANA) referentes ao período entre 1990 e 2002, a precipitação média anual está em torno de 1327 mm. Segundo Lima & Heckendorf (1985), o período com maiores quantidades de chuva ocorre entre abril e agosto. Eles consideram o período seco curto, variando de 1 a 3 meses ocorrendo entre novembro e fevereiro, onde os meses de março, setembro e outubro se caracterizam como período de transição.

Descrições da área experimental II (Área de cultivo de cana-de-açúcar)

Os dados meteorológicos utilizados foram obtidos no período de dezembro/1998 a agosto/1999 através de uma estação meteorológica automática (EMA). A estação localizava-se no município de Pilar, Alagoas (09°36'12"S, 35°53'46"W, 107 m), em um cultivo de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum L.*), variedade SP – 701143, sendo que em dezembro/1998 a altura da cana era de alguns centímetros, enquanto em agosto/1999 era de 2,6 metros. Com isso, pôde ser feita uma análise quanto à influência da altura do dossel nas variáveis estudadas. O fluxo de calor no solo (FCS) foi medido por duas placas do modelo HFT-3 (REBS, *Campbell Scientific Inc.*, EUA), as quais foram

instaladas a uma profundidade de 5 centímetros, enquanto para o saldo de radiação ( $R_n$ ) foi utilizado um saldo radiômetro modelo Q-7 da *Campbell Scientific Inc.*, instalado a 10 metros de altura do solo. A precipitação pluvial foi medida na estação meteorológica da Companhia Industrial de Alagoas (CINAL), situada próxima ao canal.

### Climatologia da região

A região possui um clima tropical com precipitação pluviométrica mensal variando entre 41 a 262 mm e um total anual de 1732 mm, com período chuvoso correspondente entre maio a agosto e entre os meses de novembro a janeiro prevalece uma estação seca, com os restantes dos meses se comportando como período de transição.

A temperatura média mensal varia entre 24 a 27 °C. Com a umidade relativa do ar (UR) mantendo um comportamento similar ao da precipitação e alcançando uma variação máxima na época chuvosa, 82,5%, onde ocorreram as maiores chuvas. Na estiagem, a umidade relativa não supera os 78%, segundo dados da estação meteorológica oficial do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2001), cerca de 12 km a nordeste da área experimental.

## Resultados e discussão

### Precipitação pluviométrica

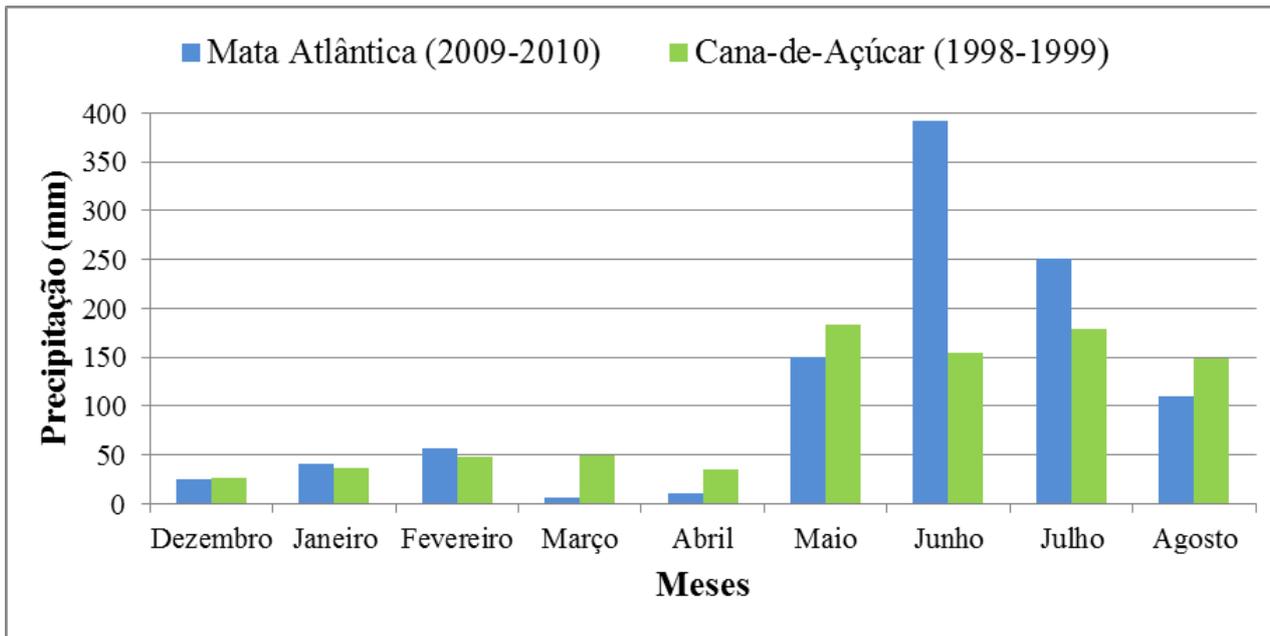
A precipitação influencia os vários processos de ordem física, química e biológica

na superfície da Terra, além de limpar a atmosfera, pois no ato da precipitação grande quantidades das partículas em suspensão retornam para a superfície deixando a atmosfera mais limpa.

Na Figura 1 são apresentados os totais mensais pluviométricos para os dois sítios estudados nos períodos de dezembro de 2009 a agosto de 2010 na área de Mata Atlântica, e dezembro de 1998 a agosto de 1999 para área de Cana de Açúcar.

Observou-se que a área de mata atlântica apresentou um total precipitado de 1042,1 mm, enquanto que a área de cana-de-açúcar registrou totais precipitado de 864,2 mm, uma diferença de 17% em relação ao período de análise da mata atlântica. Entretanto ambas as áreas tiveram chuvas abaixo das normais climatológicas para as regiões.

O período chuvoso (maio-junho-julho) considerado na área de mata atlântica, apresentando um total de 753,5 mm, e o período seco (dezembro-janeiro-fevereiro) apresentou totais precipitados de 121,7 mm. E para a área de canal foi registrado total acumulado de 517,5 mm no período chuvoso, e o período seco registrando totais de 113,3 mm precipitados. Esta redução significativa para a área de cana-de-açúcar está possivelmente ligada a ocorrência do fenômeno El Niño durante os anos de análise. Este fenômeno climático tem como uma de suas características marcantes, a de provocar chuvas abaixo da média climática no Nordeste do Brasil.



**Figura 1.** Variação temporal do total mensal acumulado de precipitação (mm) na área de mata atlântica no período dezembro de 2009 a agosto de 2010, em Coruripe-AL e para a área de canavial no período de dezembro de 1998 a agosto de 1999, em Pilar-AL.

#### Saldo de radiação solar ( $R_n$ )

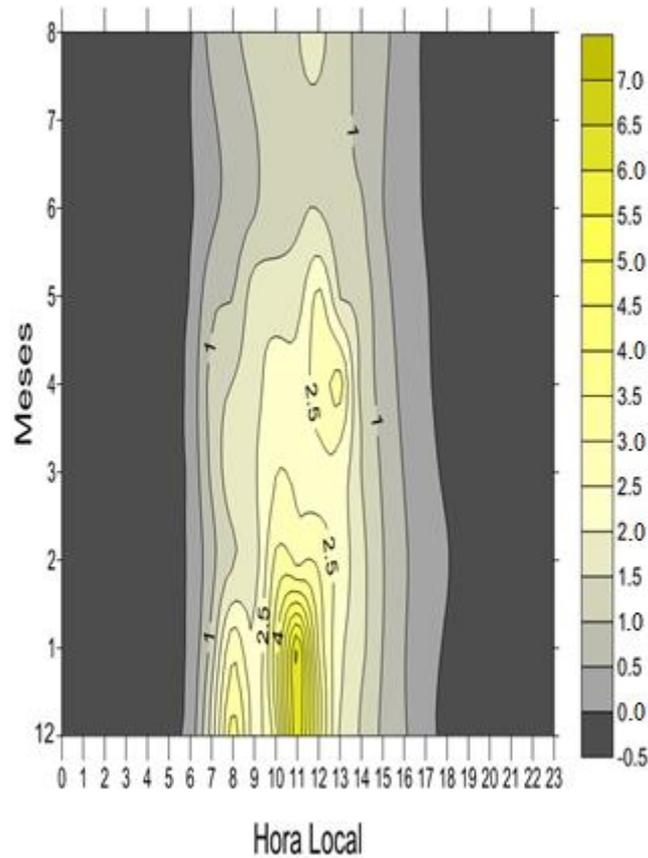
A radiação solar é um dos principais elementos meteorológicos e que sofre bastante modificações com os diferentes tipos de sítios.

O Saldo de Radiação ( $R_n$ ) representa a energia disponível aos processos físicos e biológicos que ocorrem na superfície terrestre. Sendo definido como o balanço de radiação de todos os fluxos radiativos que chegam (radiação incidente) e saem (radiação refletida) de uma superfície (Weligepolage, 2005), o qual é um componente fundamental para a estimativa do balanço de energia na superfície, previsão do tempo e aplicação na agricultura.

A vegetação é um importante receptor e armazenador de radiação solar, o que ocorre devido à absorção de energia incidente pelo

sistema solo-planta, e é dependente do albedo da superfície (Jarvis et al., 1997).

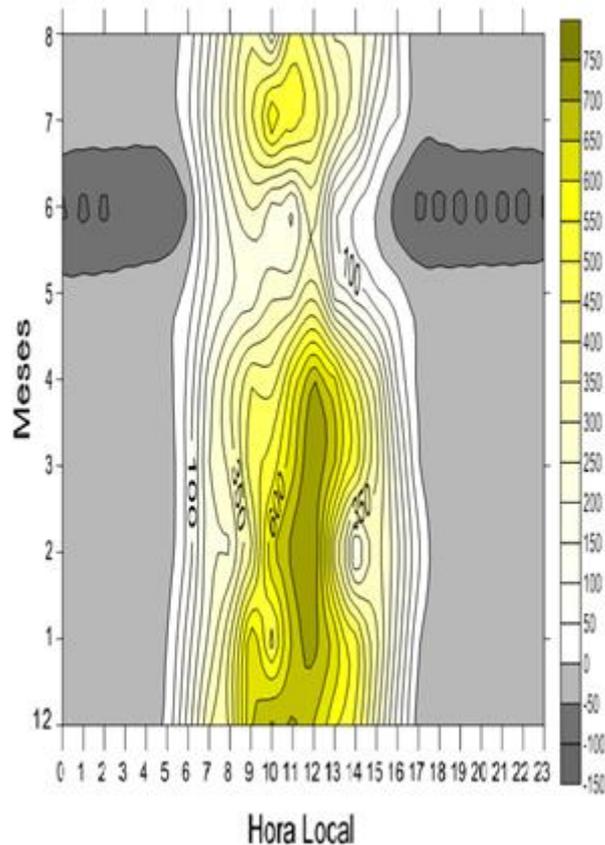
O comportamento geral nos dois sítios pode ser observado na Figura 2 (Mata Atlântica) e na Figura 3 (Cana-de-Açúcar). Nota-se, que as flutuações nos valores do  $R_n$ , independentemente da época e do período de medição, são similares para os dois sítios experimentais, pois nos meses com maior presença de chuva (maio a julho), o período com saldo positivo tende a ser menor (11 horas), além de apresentar maiores perdas de energia durante a noite. É possível notar no interior da floresta valores médios diurnos em torno de  $5,0 \text{ W m}^{-2}$ , enquanto os noturnos ficaram entre  $-0,5$  e  $-0,8 \text{ W m}^{-2}$ . Já no canavial foi de  $750$  a  $-150 \text{ W m}^{-2}$ .



**Figura 2.** Variação da média mensal do saldo de radiação solar ( $W.m^{-2}$ ) na mata atlântica.

A variação estacional do saldo de radiação nas áreas de floresta e canavial é significativa. Nota-se que na cana de açúcar houve uma redução de 13,5% da época seca para a época chuvosa, na floresta esta redução foi de 61%. Isto concorda com a afirmação de MOORE (1976), que as diferenças no saldo de

radiação entre os sítios experimentais estão relacionadas com as diferenças no albedo (reflexão) e temperatura do solo (emissão de ondas longas) que, neste caso, são menores na floresta.



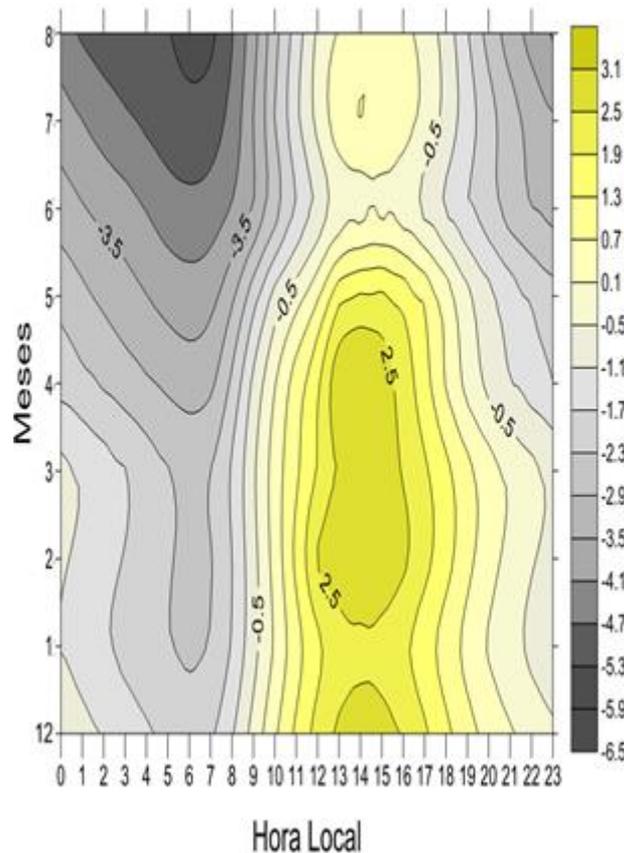
**Figura 3.** Variação da média mensal do saldo de radiação solar ( $\text{W.m}^{-2}$ ) na cana-de-açúcar.

### 3.2 - Fluxo de calor no solo (FCS)

O Fluxo de Calor no Solo (FCS) é um dos componentes de balanço de energia terrestre, sendo de ampla importância em estudos ligados ao clima, como por exemplo, na estimativa da evapotranspiração (Zhang et al., 1996). Segundo Galvani et al (2001) ele está relacionado ao aquecimento do solo em função da temperatura e da condutividade térmica do solo, influenciada diretamente pela variação da primeira, apresentando um ciclo diário, sazonal e anual. Geralmente resulta em acréscimo de energia para a atmosfera à noite, quando a superfície do solo se esfria devido à transferência de calor para a atmosfera (fluxo negativo), por irradiação térmica (emissão de radiação terrestre). Já durante o dia, a superfície se aquece por condução, e o fluxo volta-se para o interior (positivo). Durante o dia ou à noite, ocorrem trocas entre a superfície e a atmosfera, tanto por condução quanto por irradiação de calor (Varejão-Silva 2005).

Observa-se que no interior da floresta (Figura 4), independentemente da época, que os valores máximos médios se apresentam sempre entre 13 e 15 Hora Local (HL), com o período seco variando de 1,9 a 2,5  $\text{W.m}^{-2}$  e o período chuvoso variando de 1,3 a 0,5  $\text{W.m}^{-2}$ , enquanto os valores mínimos localizaram-se entre 04 e 07 HL, variando na época seca entre -1,1 a -1,3  $\text{W.m}^{-2}$  e na época chuvosa entre -2,9 a -4,1  $\text{W.m}^{-2}$ .

Durante o período diurno, na época chuvosa, essa maior condutividade não conseguiu superar a maior quantidade de  $R_n$  disponível no período seco neste horário, ocorrendo máximos diários menores no período chuvoso. Já à noite, onde  $R_n$  é basicamente o mesmo para os dois períodos, a maior condutividade do solo úmido na fase chuvosa facilitou a liberação de fluxo para a atmosfera, ocorrendo, assim, valores mais baixos de FCS.

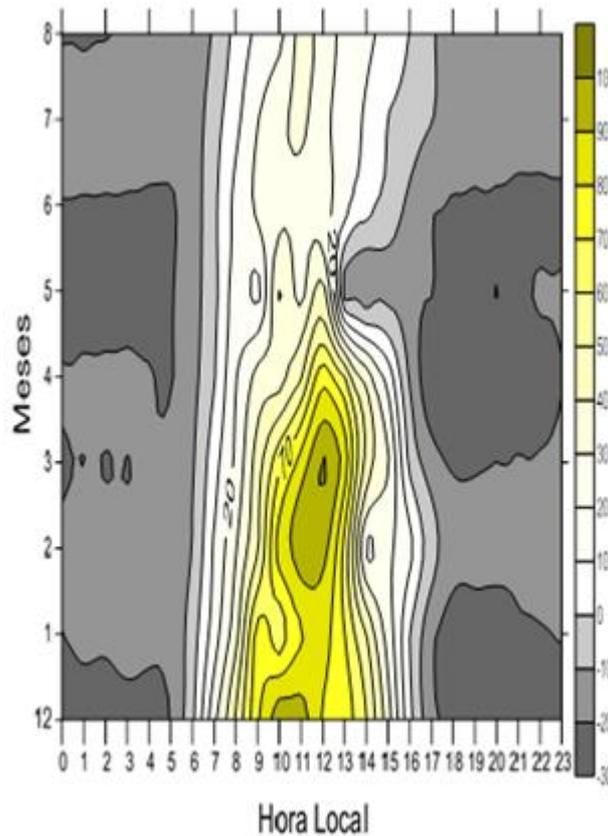


**Figura 4.** Variação da média mensal do fluxo de calor no solo ( $W.m^{-2}$ ) na mata atlântica.

Considerando todo o período estudado para área de cana-de-açúcar (Figura 5), o fluxo de calor no solo foi positivo por 9 horas diárias, entre 07 e 15 HL. Os meses com maiores fluxos coincidiram com aqueles com maiores quantidades de  $R_n$  disponível, ou seja, período seco regional, todos com comportamento semelhante, assim como seus máximos variando entre 80 e 97  $W m^{-2}$  e mínimos entre -30 e -15  $W m^{-2}$ . A média horária máxima ocorreu em fevereiro às 11 HL com um total de 96,8  $W m^{-2}$ .

Nos meses com maior presença de precipitação, o ciclo positivo do FCS foi

menor, sendo de 07 horas em maio (das 08 às 14 HL) e 08 horas nos meses restantes (das 08 às 15 HL). Apresentando variações dos máximos entre 20 e 30  $W m^{-2}$  e seus mínimos entre -30 e -20  $W m^{-2}$ . Em estudo realizado por Carvalho et al. (2006) comparando a temperatura do solo em áreas com vegetação de grande porte (floresta e manguezal) e de pastagem, constatou menores amplitudes nas áreas com maior vegetação. Demonstrando que em áreas com vegetação de pequeno porte o FCS tende a ser muito maior como as apresentadas neste estudo.



**Figura 5.** Variação da média mensal do fluxo de calor no solo ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ) na cana-de-açúcar.

Além da densa cobertura das árvores, outro fator que vem a diminuir os níveis de FCS da área de Mata Atlântica em relação a de cana-de-açúcar, é existência de uma camada de serrapilheira sobre o solo, o que diminui ainda mais o contato do mesmo com meio externo e, conseqüentemente, a troca de calor com o ambiente. A serrapilheira é um grande reservatório de matéria orgânica que influencia e regula uma boa parte dos processos funcionais que ocorrem em um ecossistema. Ela compreende o material precipitado no solo pela biota, sendo composta por folhas, caules, frutos, sementes, raízes, arbustos, gramíneas e outras plantas nativas, além de resíduos animais (Campos et al., 2008). A quantidade de material depositado ao longo de um ano em um determinado ecossistema está relacionada principalmente com as condições climáticas, sendo menor nas regiões frias e maior nas regiões quentes e úmidas (Bray & Gorhan, 1964), ou seja, a área de mata atlântica tende a acumular consideráveis quantidades de

serrapilheira devido ao seu clima quente e úmido.

Para ambos os sítios, a superfície do solo aquece, principalmente, por absorção de radiação solar, ocorrendo trocas de calor entre a superfície do solo e a atmosfera (durante o dia ou à noite) e através de fenômenos como evaporação ou condensação. Tendo em vista que o FCS é condicionado pela quantidade de energia solar da superfície, a qual é absorvida em decorrência da oscilação da temperatura, apresenta um ciclo diário e outro anual, acompanhando o respectivo movimento aparente do sol, embora com uma certa defasagem (Oliveira et al., 2009).

### Conclusões

No período chuvoso, é possível avaliar o quanto a presença da precipitação e a conseqüente diminuição do Saldo de Radiação ( $R_n$ ) disponível pode descaracterizar o Fluxo de Calor no Solo (FCS), que sempre apresentou valores máximos mais elevados

durante o período seco e mínimos mais baixos no período chuvoso.

Houve também certa defasagem no ciclo de FCS comparado à radiação disponível, sendo que essa defasagem foi bem menor na área de canalial.

A área de canalial apresenta valores de Rn e FCS muito maiores do que os ocorrentes dentro da Mata, devido a densa cobertura de vegetação e a presença da serrapilheira que diminuiu consideravelmente a magnitude de ambos, influenciando, assim, a amplitude média diária que é reduzida dentro da Mata. O Rn do canalial é cerca de 100 vezes maior, enquanto que FCS fica entre 10 e 20 vezes maior comparando ao valor encontrado na floresta.

### Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo apoio ao desenvolvimento e financiamento deste projeto. A Usina Coruripe Açúcar e Álcool S/A pelo apoio e por ter disponibilizado a área de estudo e a nossa permanência em suas dependências sempre que foi preciso.

### Referências

Alvalá, R. C. S.; Gielow, R.; Rocha, H. R.; Freitas, H. C.; Lopes, J. M.; Manzi, A. O.; Randow, C. Von; Dias, M. A. F. S.; Cabral, O. M. R.; Waterloo, M. J. (2002). Intradial and seasonal variability of soil temperature, heat flux, soil moisture content, and thermal properties under forest and pasture in Rondônia. *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, v. 107, n.D20, p. 10-1-10-20.

Bray, J. R.; Gorham, E. (1964). Litter production in the forests of the world. *Advances in Ecological Research*, v. 2, p.101-157.

Campos, E. H.; Alves, R. R.; Serato, D. S.; Rodrigues, G. S. de S.; Rodrigues, S. C. (2008). Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata *mesofítica* e cerrado *stricto sensu* em

Uberlândia-MG. *Sociedade & Natureza*, v. 20, n. 1, p. 189-203.

Carneiro, R. G.; Moura, M. A. L.; Andrade, A. M. D. (2013) Variação da temperatura do solo em fragmento de Mata Atlântica em Coruripe-Al – Um estudo de caso. *Caminhos da Geografia*, v. 14, n. 46, p. 139 – 149.

Carvalho, S. P.; Souza, J. R. S.; Cohen, J. C. P.; Alvalá, R. C. S.; Gandu, A. W. (2006). Regime térmico em solos sobre ecossistemas naturais e área agrícola no Leste da Amazônia. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 14, Florianópolis – SC. Anais. 01 CD-ROM.

Galvani, E.; Escobedo, J. F.; Pereira, A. B. (2001). Balanço de radiação e fluxo calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. *Bragantia* (São Paulo), v. 60, n. 2, p. 139-147.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível na INTERNET via <http://www.inmet.gov.br/index.html/>. Consultado em janeiro de 2001.

Jacobs, A. F. G.; Verhoef, A. (1997). Soil evaporation from sparse natural vegetation estimated for Sherwood Numbers. *Journal of Hydrology*, v. 188-189, p. 443-452.

Jarvis, P. G., Massheder, J. M., Hale, S. E., Moncrieff, J. B., Rayment, M., Scott, S. L. (1997) Seasonal variation of carbon dioxide, water vapor, and energy exchanges of a boreal black spruce forest. *Journal of Geophysical Research*, v. 102, n. D24, p. 28953-28966.

Köppen, W. Das geographische system der klimate, in: *Handbuch der Klimatologie*, edited by: Köppen, W. and Geiger, G., 1. C. Gebr, Borntraeger, p. 1–44, 1936.

Kustas, W. P.; Prueger, J. H.; Hatfield, J. L.; Ramalingam, H.; Hipps, L. E. (2000). Variability in soil heat flux from a mesquite dune site. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.103, n.1, p.249-264.

- Lima, P. J.; Heckendorff, W. D. (1985). Climatologia. In: Governo do estado da Paraíba (eds). Paraíba. Atlas geográfico do Estado da Paraíba. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil, p.34-43.
- Massman, W. J. (1992). A surface energy balance method for partitioning evapotranspiration data into plant and soil components for a surface with partial canopy cover. *Water Resources Research*, v. 28, p.1723-1732.
- MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. (2000). Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos. CONSERVATION INTERNATIONAL DO BRASIL, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, SEMAD / Instituto Estadual de Floresta-MG, Brasília. MMA. SBF, p. 40.
- Moore, C. J. A comparative study of radiation balance above forest and grassland. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society*, v.102, p.889-99, 1976.
- Morellato, L. P. C.; Haddad, C. F. B. (2000). Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica*, v.32, n.4b, p.786-792.
- Myers, N.; Mittermeier, R. A.; Mittermeier, C. G.; Fonseca, G. A. B.; Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v.403, p.853-858.
- Oliveira, T. H.; Galvêncio, J. D.; ARAUJO, M. S. B.; Pimentel, R. M. M.; Silva, B. B. (2009). Avaliação do fluxo de calor no solo, temperatura da superfície e albedo na bacia hidrográfica do rio Moxotó-PE através de imagens TM - Landsat-5. In: Simpósio de Geografia Física Aplicada, 13, 2009, Viçosa. Anais do XIII Simpósio de Geografia Física Aplicada, v. 01.
- Pezzopane, J. E. M.; Reis, G. G.; Reis, M. G. F.; Costa, J. M. N. (2005). Caracterização da radiação solar em fragmento da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v.13, n.1, p.11-19.
- Querino, C. A. S.; Moura, M. A. L.; Querino, J. K. A. da Silva; Randow, C. V.; Marques Filho, A. O. (2011). Estudo da radiação solar global e o do índice de transmissividade (kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 26, p. 204 – 214.
- Santos, M. A. L.; Frizzone, J. A. (2006). Irrigação suplementar da cana-de-açúcar (*Saccharum ssp*) colhida no mês de janeiro: um modelo de análise de decisão para o litoral sul do Estado de Alagoas. *Irriga, Botucatu*, v. 11, n. 3, p. 339-355.
- Silans, A. P.; Monteny, B. A.; Lhomme, J. P. (1997). The correction of soil heat flux measurements to derive an accurate surface energy balance by the Bowen ratio method. *Journal of Hydrology*, v.4, n.1, p.453-465.
- VAREJÃO-SILVA, M. A. (2005) *Meteorologia e Climatologia*, Versão Digital, Recife. 522p. Disponível em < <http://www.agritempo.gov.br/> > Acesso em 31 de out. 2013.
- Weligepolage, K. (2005). Estimation of spatial and temporal distribution of evapotranspiration bay satellite remote sensing – A case study in Hupselse Beek, The Netherlands, p.114.
- Zhang, H.; Henderson-Sellers, A. (1996). Impacts of Tropical Deforestation. Part I: Process Analysis of Local Climatic Change. *Journal of Climate*, v. 9, p. 1497-1517.
- Carneiro, R. G.; Moura, M. A. L.; Lyra, R. F.F.; Andrade, A. M. D., Santos, A. B.