

# REGIME TÉRMICO EM SOLOS SOB ECOSISTEMAS NATURAIS E ÁREA AGRÍCOLA NO LESTE DA AMAZÔNIA

Saulo Prado de Carvalho<sup>1</sup>, José Ricardo Santos de Souza<sup>1</sup>, Júlia Clarinda Paiva Cohen<sup>1</sup>  
Regina Célia dos Santos Alvalá<sup>2</sup>, Adilson Wagner Gandú<sup>3</sup>

## RESUMO

Observações simultâneas de temperatura em solos sob áreas com diferentes coberturas vegetais, situadas entre 0° e 2° S no leste da Amazônia foram analisadas nesse trabalho. No experimento, realizado como parte do projeto Milênio-LBA, foram coletados dados no período de 21/12/2001 a 28/05/2005 em 5, 20 e 50 cm de profundidade sob floresta nativa (Caxiuanã), manguezal (Bragança), pastagem (Soure) e área agrícola (Igarapé-Açu). Os resultados apresentados mostram a variabilidade sazonal entre as épocas chuvosa e seca, bem como a variação diurna dos parâmetros às profundidades citadas, em cada local do experimento. Portanto já podem ser utilizados preliminarmente nos modelos existentes de tempo e clima que incluem os perfis de temperatura em solos sob cada tipo de ecossistema. Conquanto existam consideráveis diferenças entre os solos e o clima entre os sítios selecionados, esse estudo mostra que o fator preponderante nas diferenças de regimes térmicos locais é a cobertura vegetal.

## ABSTRACT

Soil temperatures were measured simultaneously at four experimental sites, with different vegetation covers, located between 0° and 2° S in eastern Amazon. The data collection was made between 21 december, 2001 and 20 February, 2005 as part of the Millenium – LBA Project, at 5, 20 and 50 cm depths, beneath native forest (Caxiuanã), natural mangrove (Bragança), pasture (Soure) and a cultivated area (Igarapé-Açu). The results presented show the seasonal variabilities of soil temperatures for dry and rainy periods, as well as their hourly average values for each site. Therefore, the results presented may be used preliminarily by existing weather and climate models which include soil temperature profiles in soils, under different ecosystem types. Even though considerable differences exist among the soil and climates at the selected sites studied, it is shown that, the dominant factor for the differences in the local soil thermal regimes, is their vegetation cover.

Palavras-chave: Amazônia, solo, temperatura, floresta, pasto, manguezal.

## INTRODUÇÃO

Nos processos de interação solo-atmosfera, os perfis de temperatura e umidade de solos dependem entre outros fatores, das características físicas dos mesmos e das trocas de calor e vapor d'água com a atmosfera, que por sua vez dependem do clima e da cobertura vegetal local (Souza et al. 2002, Alvalá et al., 2002). Em particular, o fluxo de calor na superfície e sua estimativa possibilitam a avaliação da evaporação e do fluxo de calor sensível no ar (Antonino et. al., 1997).

<sup>1</sup> Departamento de Meteorologia/CG/UFPA, spc\_meteor@yahoo.com.br, jricardo@ufpa.br, jcpcohen@ufpa.br

<sup>2</sup> Centro de Previsão e Estudos Climáticos – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – regina@cptec.inpe.br

<sup>3</sup> Departamento de Ciências Atmosféricas – Universidade de São Paulo – adwgandu@model.iag.usp.br

Os estudos de propriedades térmicas e hídricas em solos amazônicos foram objeto de diversos estudos desde meados dos anos 90 no âmbito dos projetos ABRACOS e LBA. Tais estudos, além de monitorar as variáveis do solo, visaram permitir o cálculo de fluxo de calor e difusividade térmica na camada rasa de alguns ecossistemas amazônicos, principalmente sob floresta e pastagem.

O projeto MilênioLBA/LBA/UFPA, entre outros objetivos, visou monitorar de modo intensivo as variáveis meteorológicas e de solo por meio de estações automáticas a partir do ano 2000, nos sítios localizados em Bragança (manguezal), Caxiuanã (floresta nativa), Soure (pastagem) e Igarapé-Açu (cultivo agrícola), todos no Estado do Pará. As séries temporais de temperatura registradas possibilitam estimar o fluxo de calor no solo e o comportamento térmico na camada rasa nestes sítios. Esses parâmetros também são necessários para a inicialização de modelos numéricos de tempo e clima, que podem ser utilizados na avaliação do impacto no desmatamento e do clima presente e futuro, na região considerada.

O objetivo deste trabalho foi de apresentar uma análise das temperaturas do solo nas camadas de 5 cm, 20 cm e 50 cm nos sítios do projeto MilênioLBA/LBA/UFPA no período de 01/12/2001 a 28/02/2005.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **DESCRIÇÃO DOS SÍTIOS EXPERIMENTAIS**

As características fisiográficas dos sítios de floresta natural e de pastagem estudados nesse trabalho foram descritas em outro trabalho dos mesmos autores, publicado nos anais deste Congresso (Souza et al., 2006).

#### **Manguezal**

A área de manguezal escolhida situa-se em Bragança-PA, no litoral do Atlântico, com coordenadas geográficas 00° 50' 31'' S e 46° 38' 25'' W. Trata-se de ecossistema sujeito a invasão periódica das águas de marés, com vegetação de alto porte constituído por espécies como *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia germinans* (esta última pode chegar até 20 m de altura).

Nesse sítio foi erguida uma torre micrometeorológica de 25 m de altura, no topo da qual e no solo próximo de sua base foram instalados sensores semelhantes aos dos outros locais. Analogamente a Soure o clima local é quente e úmido com temperaturas do ar variando entre 21,1 e 30,9 °C e tendo média anual de 25,7 °C. A precipitação total anual média de 2544,6 mm tem o mesmo regime sazonal, dominado pela passagem da ZCIT pelo local, como nos locais de floresta e pastagem descritos. O solo do manguezal é constituído por 65% de argila, 27% de silte e 8% de areia fina. É pouco poroso e a sua umidade, mesmo no período de estiagem, ficou em torno de 0,58

m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>, entre 20 e 30 cm de profundidade. Essa baixa porosidade, alta umidade e salinidade do solo inviabilizaram o monitoramento da umidade do solo até o momento, por não dispormos de refletômetro calibrado para este tipo de terreno. Vale ressaltar que, embora a distância entre Bragança e Caxiuanã seja aproximadamente de 500 km, o clima de toda região tem regime sazonal semelhante, com atenuação do efeito da ZCIT à medida que a distância da costa oceânica aumenta.

### **Área Agrícola**

Em Igarapé-Açu foi instalada estação automática para medir variáveis meteorológicas e de solo na Fazenda Escola da Universidade Federal Rural da Amazônia, em local com coordenadas 01° 07' 59'' S e 47° 36' 55'' W. Essa área em torno da estação foi periodicamente coberta com cultura de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) e deixada em pousio após as colheitas. O clima da região é tropical úmido com uma temperatura média de 26 °C e precipitação total anual média de 2500 mm, sendo 60% desse total registrado durante o período chuvoso entre janeiro e abril (EMBRAPA, 1977-2002). Rego et al. (1993) classificou o tipo de solo predominante no município como Latossolo Vermelho Amarelo (oxisol), além de outros tipos de solo como Podzólicos Vermelho Amarelo Àlico (ultisol) e Areia Quartzosa (entisol).

### **INSTRUMENTAÇÃO**

Para as medidas de temperatura do solo foram instaladas sonda de termistores, modelo CS 108 (Campbell Scientific Instruments, EUA) com erro máximo de  $\pm 0,3$  °C, nas profundidades de 5, 20 e 50 cm em todos os sítios.

Todos os dados foram registrados pelo sistema de aquisição de dados CR10X (Campbell Scientific Scientific Instruments, EUA), com amostragem tomada de 30 em 30 minutos.

### **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Inicialmente convém mencionar que o conjunto de dados analisados apresenta algumas lacunas de informação por dificuldades operacionais na floresta e sob o manguezal. Vale frisar que o início da leitura das variáveis em estudo no sítio de Igarapé-Açu começou no mês de agosto de 2003.

A Figura 1 mostra a evolução diária da temperatura do solo em 5 cm de profundidade, a qual apresenta maior flutuação. A pastagem e a área de cultivo agrícola mostraram as maiores amplitudes. A temperatura mínima ocorreu às 7:00 local nos dois sítios e a temperatura máxima foi registrada às 15:00 em Igarapé-Açu e uma hora depois em Soure. A floresta e o manguezal mostraram amplitudes menores que 1°C. A temperatura mínima registrada no manguezal foi de 26,3 °C, às 22:00 h, enquanto na floresta foi registrada temperatura de 24,8 °C às 8:00 h.

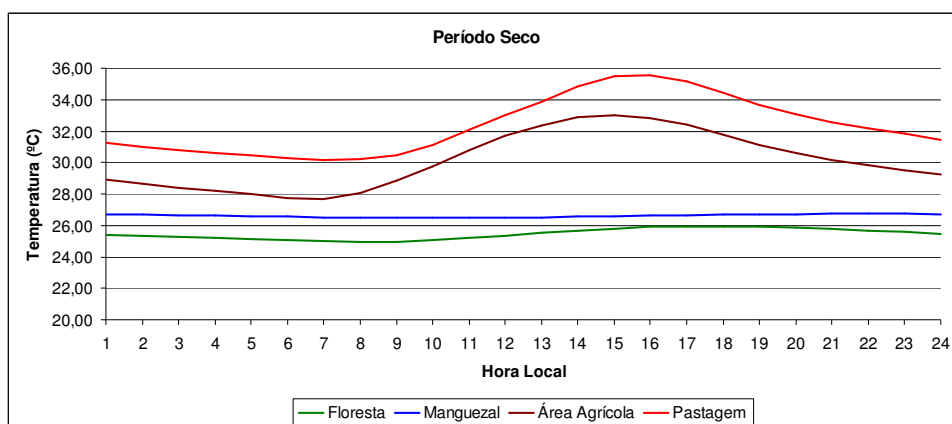


Figura 1: Média horária da temperatura do solo na camada de 5 cm no período seco nos sítios de floresta (Caxiuanã), manguezal (Bragança), área agrícola (Igarapé-Açu) e pastagem (Soure).

No período chuvoso (dezembro a junho), a precipitação atenua a onda de temperatura em todos os sítios, ocasionando a diminuição dos valores absolutos dessa variável em até 4 °C em Soure e Igarapé-Açu. No entanto, a amplitude de variação horária da temperatura nesses locais ainda é muito significativa ( $> 4$  °C). Em Bragança e Caxiuanã os valores diários não tiveram significativas alterações se comparados ao período seco (Figura 6). Em Bragança e Caxiuanã a variação da amplitude térmica horária entre o período seco e chuvoso não é tão significativa, mostrando uma apreciável estabilidade de regime térmico com as estações.

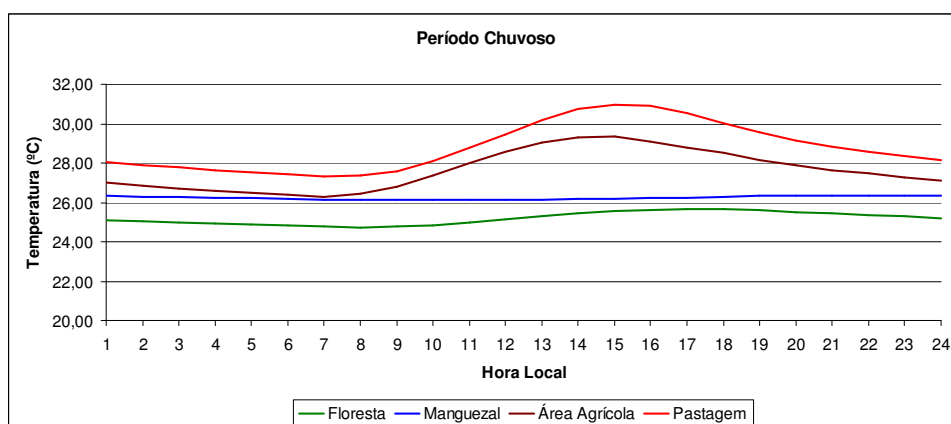


Figura 2: Média horária da temperatura do solo na camada de 5 cm no período chuvoso nos sítios de floresta (Caxiuanã), manguezal (Bragança), área agrícola (Igarapé-Açu) e pastagem (Soure).

Como pode ser visto na Tabela 1, a quantidade de cobertura vegetal indica uma influência nas magnitudes médias mensais das variáveis, como a atenuação dos desvios-padrão da temperatura do solo. Para comparação pode-se citar as temperaturas médias em 5 cm de profundidade na seqüência de diminuição da cobertura vegetal, a saber: 25,3°C (floresta), 26,5°C (manguezal), 28,8°C e 30,2°C (pastagem). Deste modo, os sítios com cobertura vegetal de grande porte como os de Bragança e Caxiuanã apresentaram valores médios de temperatura menores do que os sítios de Soure e Igarapé-Açu, que ostentam uma vegetação de gramíneas e leguminosas, respectivamente. Outro fator de

controle das temperaturas é a variabilidade sazonal da precipitação, devido ao movimento meridional Norte-Sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Na floresta, a camada de 50 cm esteve mais aquecida de janeiro a novembro em relação às camadas imediatamente superiores, e alcançou um máximo de 25,6 °C em novembro, enquanto a temperatura mínima foi de 24,8 °C na camada de 20 cm em fevereiro. No trimestre Set-Out-Nov a temperatura em 5cm apresentou valores aproximados aos da camada de 50 cm. A temperatura em 20 cm acompanhou a curva da camada de 5 cm com valores menores. A floresta obteve a menor variabilidade em relação aos três sítios, com desvios-padrão de 0,25 °C (5 cm), 0,24 °C (20 cm) e 0,18 °C (50 cm).

No manguezal, valores elevados são encontrados nas camadas mais profundas (20 e 50 cm) no ano todo. A temperatura máxima foi de 27,7 °C, em 50 cm, no mês de janeiro enquanto a temperatura mínima encontrada em 5 cm foi de 26 °C. Houve um aumento dos desvios-padrão com o aumento da profundidade, com registros de 0,32 °C (5 cm), 0,33 °C (20 cm) e 0,47 °C (50 cm).

No sítio localizado na pastagem, a camada de 5 cm apresentou temperaturas mais quentes em relação às profundidades de 20 e 50 cm, em torno de 33,7 °C, no mês de novembro. A temperatura mínima foi de 27,9 °C em 20 cm no mês de fevereiro. A pastagem foi o sítio que teve a maior variabilidade da onda de temperatura, com desvios-padrão de 1,97 °C (5 cm), 1,90 °C (20 cm) e 1,73 °C (50 cm).

Apresentando um comportamento variável das temperaturas do solo nas 3 camadas ao longo do ano, as camadas mais profundas em Igarapé-Açu foram mais aquecidas em relação à superfície. A temperatura máxima foi de 32,2 °C na camada de 20 cm no mês de novembro e a temperatura mínima foi de 26,5 °C em 5 cm de profundidade no mês de março. Os desvios-padrão registrados foram de 1,71 °C (5 cm), 1,46 °C (20 cm) e 1,41 °C (50 cm).

Tabela 1: Valores de temperatura dos solos em 5, 10, e 50 cm de profundidade para os sítios de Bragança, Caxiuanã, Soure e Igarapé-Açu no período de dezembro de 2001 a fevereiro de 2005.

| Mês    | Floresta Caxiuanã |         |         | Manguezal Bragança |         |         | Área Agrícola Igarapé-Açu |         |         | Pastagem Soure |         |         |
|--------|-------------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|---------------------------|---------|---------|----------------|---------|---------|
|        | Ts-5cm            | Ts-20cm | Ts-50cm | Ts-5cm             | Ts-20cm | Ts-50cm | Ts-5cm                    | Ts-20cm | Ts-50cm | Ts-5cm         | Ts-20cm | Ts-50cm |
| Jan    | 25,41             | 25,44   | 25,49   | 26,87              | 27,29   | 27,73   | 28,50                     | 29,21   | 29,39   | 29,09          | 29,16   | 29,91   |
| Fev    | 24,87             | 24,81   | 25,05   | 26,13              | 26,46   | 26,48   | 27,90                     | 29,01   | 28,61   | 28,11          | 27,94   | 28,45   |
| Mar    | 24,88             | 24,86   | 25,10   | 26,02              | 26,22   | 26,32   | 26,51                     | 27,53   | 27,40   | 28,65          | 28,43   | 28,76   |
| Abr    | 25,18             | 25,17   | 25,35   | 26,39              | 26,55   | 26,36   | 26,68                     | 27,73   | 27,48   | 28,85          | 28,55   | 28,86   |
| Mai    | 25,45             | 25,42   | 25,53   | 26,78              | 26,97   | 26,95   | 28,42                     | 29,36   | 28,90   | 29,14          | 28,80   | 29,05   |
| Jun    | 25,18             | 25,19   | 25,39   | 26,50              | 26,91   | 26,88   | 27,42                     | 28,47   | 28,33   | 29,21          | 28,94   | 29,21   |
| Jul    | 25,24             | 25,20   | 25,35   | 26,27              | 26,67   | 26,94   | 27,32                     | 28,26   | 28,11   | 29,15          | 28,88   | 29,18   |
| Ago    | 25,40             | 25,37   | 25,43   | 26,36              | 26,72   | 27,01   | 29,68                     | 29,32   | 29,51   | 29,68          | 29,32   | 29,51   |
| Set    | 25,51             | 25,48   | 25,55   | 26,41              | 26,82   | 26,91   | 29,56                     | 29,85   | 29,69   | 31,15          | 30,67   | 30,62   |
| Out    | 25,55             | 25,49   | 25,57   | 26,38              | 26,80   | 26,45   | 30,94                     | 31,14   | 31,04   | 33,24          | 32,74   | 32,57   |
| Nov    | 25,56             | 25,50   | 25,59   | 26,51              | 26,98   | 26,66   | 31,62                     | 32,15   | 31,46   | 33,70          | 33,24   | 33,19   |
| Dez    | 25,64             | 25,45   | 25,54   | 27,15              | 27,36   | 27,73   | 30,68                     | 31,41   | 31,29   | 32,83          | 32,71   | 32,93   |
| Máxima | 25,64             | 25,50   | 25,59   | 27,15              | 27,36   | 27,73   | 31,62                     | 32,15   | 31,46   | 33,70          | 33,24   | 33,19   |
| Mínima | 24,87             | 24,81   | 25,05   | 26,02              | 26,22   | 26,32   | 26,51                     | 27,53   | 27,40   | 28,11          | 27,94   | 28,45   |
| DP     | 0,25              | 0,24    | 0,18    | 0,32               | 0,33    | 0,47    | 1,71                      | 1,46    | 1,41    | 1,97           | 1,90    | 1,73    |

## CONCLUSÃO

O estudo da temperatura na camada rasa nos 4 sítios selecionados do projeto Milênio/LBA no leste da Amazônia mostrou comportamentos bem distintos em função da cobertura vegetal local. Os sítios de Caxiuanã (floresta) e Bragança (manguezal), classificados como ecossistemas naturais com vegetação de grande porte, apresentaram menores amplitudes de variação das temperaturas dos solos em relação a Soure (pastagem) e Igarapé-Açu (área agrícola) nos períodos seco e chuvoso. No período chuvoso (dezembro a junho), a precipitação atenua a onda de temperatura em todos os sítios, ocasionando a diminuição dessa variável em até 4 °C na pastagem e na área agrícola. Já a atenuação correspondente nos sítios de floresta e manguezal ficou em torno de 1°C. Os desvios-padrão em Caxiuanã, Soure e Igarapé-Açu tiveram uma diminuição com aumento da profundidade. Os dados mostram como a onda da temperatura é atenuada com a profundidade nos solos, em situações contrastantes de tipos de ecossistemas existentes na Amazônia.

## AGRADECIMENTOS

Esta pesquisa está sendo financiada pelo CNPq/Instituto do Milênio/MilênioLBA e pela SECTAM/PRONEX.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVALÁ, R. C. S.; et al. Intradurnal 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, p. 10-1-10-20, 2002.

ANTONINO, A. C. D., LIRA, C. A. B. O., DALL'OLIO, A., AUDRY, P., PINTO, A. X. M. Influência do Posicionamento de Sondas Térmicas na Determinação da Difusividade Térmica e do Fluxo de Calor no Solo em Condições de Campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, p. 165-172, 1997.

EMBRAPA, 1977-2002. **Boletim Agrometeorológico 1977 - 2002**, EMBRAPA - CPATU, Belém, PA.

REGO, R.S., da SILVA, B.N.R. e JUNIOR, R.S.O. Detailed soil survey in an area in the municipality Igarapé-Açu. **Resumos e palestras apresentadas no 1º workshop da SHIFT. EMBRAPA-CPATU**, Belém, pp. pp. 146, 1993.

SOUZA, J. R. S.; et al. Variabilidade da Temperatura e umidade em solos sob Floresta, Pastagem e Manguezal, no Leste da Amazônia. In: **Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Foz do Iguaçu-PR, 2002.

SOUZA, J. R. S.; et al. Thermal Properties and Heat Fluxes in Soils under Forest and Pasture, in Marabá, PA, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia – Edição Especial do LBA**. Brasil,. Aceito para publicação, 2006.

SOUZA, J. R. S.; et al. Umidade do Solo sob Floresta e Pastagem no Leste da Amazônia. In: **Anais do XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Florianópolis-SC, 2006.