

**MEDIÇÕES DE LONGO TERMO DOS FLUXOS TURBULENTOS DE ENERGIA SOBRE O
PANTANAL SUL MATO-GROSSENSE**

Maria Betânia Leal de Oliveira
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Rod. Pres. Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000
Email: betania@cptec.inpe.br

Celso von Randow
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Rod. Pres. Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000
Email: randow@cptec.inpe.br

Antonio O. Manzi
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Rod. Pres. Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000
Email: manzi@cptec.inpe.br

Regina Alvalá
Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE)
Rod. Pres. Dutra, km 40, Cachoeira Paulista, SP, 12630-000
Email: regina@cptec.inpe.br

Amaury de Souza
Depto. de Física, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul
C.P. 549, Campo Grande, MS, 79070-900
amaury@nin.ufms.br

ABSTRACT

Long-term measurements of turbulent fluxes of sensible and latent heat, net radiation and soil heat flux, have been made continuously on the region of Pantanal Sul Mato-grossense, since September 2000, with the eddy covariance technique. Analyses of the first 15 months of measurements are presented. The net radiation, partitioned mainly between sensible and latent heat fluxes, is slightly higher in the wet season. The energy balance, however, is hardly closed. The sum of the fluxes reaches, on average, 80 % of available energy. An analysis of time scales of flux calculations gives numbers slightly higher, close to the ones presented in general literature. The biggest seasonal differences are observed on turbulent fluxes. The latent heat flux is higher than the sensible heat flux during wet season. On dry season the situation is inverted, and the sensible heat fluxes dominate during the day. This is reflected on Bowen ration, which presents values from very low (0.2 to 0.7) on wet season, to quite high (1 to 3) during dry season.

INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, a superfície de diversas regiões do Brasil vem sofrendo grandes alterações nas suas características, seja por fatores naturais ou pela atividade humana. Todos os parâmetros que caracterizam a superfície de uma determinada região alteram a estrutura de ar diretamente acima da superfície, a qual é chamada de camada limite atmosférica. Os fluxos nessa camada de ar são quase sempre turbulentos e, devido a isso, tem-se uma variação irregular das variáveis tais como temperatura e velocidade, com o tempo e com o espaço. É tanto que, se tomarmos um ponto qualquer da camada limite sobre a vegetação, em qualquer instante será verificado que o ar move-se em todas as direções, o que está associado aos movimentos randômicos dos vórtices turbulentos.

O estudo das trocas de energia e massa na interface superfície/atmosfera é uma importante forma de identificar as interações existentes entre elas, na região em estudo e, dessa forma, tomar conhecimento das variações do tempo e do clima da região, assim como medir e identificar os efeitos que as atividades antropológicas, ou fatores naturais, possam ter sobre as diferentes questões ambientais dessa região. Esse tipo de

estudo é fundamental no que se refere a regiões que abrangem importantes ecossistemas, como é o caso do Pantanal sul mato-grossense que, além de apresentar uma grande variedade de fauna e flora, fornece uma quantidade significativa de umidade para a atmosfera. Porém, são muito escassas as informações científicas acerca deste ecossistema, especialmente do ponto de vista meteorológico. Por esta razão, foi elaborado um extenso projeto de pesquisa multidisciplinar, denominado Experimento Interdisciplinar do Pantanal sul mato-grossense (IPE), que vem realizando campanhas de medidas de superfície e camada limite desde 1998 na Base de Estudos do Pantanal, da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS).

Diante da realização de experimentos como este, torna-se possível identificar o comportamento das mais diversas variáveis que governam o clima de uma região além de possibilitar determinar de que forma as características da região influenciam nas trocas turbulentas. O principal objetivo desse trabalho é determinar os fluxos turbulentos de energia acima do Pantanal sul mato-grossense, utilizando o método de covariância de vórtices, e estudar as variações sazonais destes fluxos. São calculados os valores médios e caracterizada a variabilidade das componentes do balanço de energia para um período de aproximadamente 15 meses de dados. Dentro desse período de dados, foram também selecionados dois períodos de 20 dias, representativos das estações seca e chuvosa, da região do Pantanal sul mato-grossense, para uma melhor avaliação do comportamento das componentes do balanço de energia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O Pantanal é uma imensa planície de áreas alagáveis e está incluído entre os maiores ecossistemas do planeta, ocupando uma grande parte da porção centro oeste do Brasil. Está situado, em grande parte, no oeste do Mato Grosso do Sul, estendendo-se ainda ao sudoeste do Mato Grosso, ao Paraguai e parte da Bolívia. Abrange uma área de cerca de 150 000 km² que periodicamente é inundada pelo rio Paraguai e seus afluentes, o que faz com que essa região apresente épocas inundadas e épocas secas. O clima da região do Pantanal está classificado entre sub-úmido e semi-árido. A precipitação média anual varia de 1000 a 1400 mm com maior parte da precipitação ocorrendo no período denominado chuvoso que ocorre nos meses de novembro a março. Nos demais meses têm-se o período seco. A temperatura no verão chega a atingir 40°C enquanto que no inverno cai até os 0°C, como resultado da atuação de frentes frias que penetram nessa região. Quanto à vegetação não há homogeneidade, devido as características ambientais da região, podendo ser encontradas desde gramíneas até árvores de grande porte que chegam a atingir alturas superiores a 20 metros (Magalhães, 1992).

A região na qual está sendo realizado o experimento situa-se próximo à Base de Estudos do Pantanal da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS), em Passo do Lontra, município de Corumbá, MS, às margens do rio Miranda. A escolha desta localidade deve-se às boas condições de infra-estrutura disponíveis, e também por constituir uma amostra típica do Pantanal. Neste local foi instalada uma torre micrometeorológica, com 21m de altura, na qual encontram-se dispostos tanto sensores de resposta rápida para medidas de turbulência quanto instrumentos meteorológicos convencionais. Além desses, também foram utilizados instrumentos instalados no solo visando completar as medidas para a obtenção do balanço de energia na região. Essa área experimental caracteriza-se por uma vegetação típica de cerrado, consistindo de um tipo de ipê (*Tabebuia aurea*) que possui altura de aproximadamente 10 metros.

Com o intuito de se caracterizar as trocas entre a superfície e a atmosfera do Pantanal sul mato-grossense nos períodos seco e úmido, foi feita uma análise do balanço de energia nas diferentes épocas do ano. Segundo este balanço, o saldo de radiação na superfície (R_n) é igual à soma dos fluxos de calor sensível (H), calor latente (LE) e fluxos de calor no solo (G). Dessa forma, temos:

$$R_n = H + LE + G \quad (1)$$

onde o fluxo de calor sensível (H) na superfície e acima dela varia como resultado da diferença de temperatura entre a superfície e o ar acima dela; o calor latente ou fluxo de vapor d'água resulta da evaporação, evapotranspiração ou condensação na superfície; e o fluxo de calor no solo resulta da diferença de temperatura entre a superfície e o solo abaixo dela. Outras variáveis devem ser consideradas, como variação do armazenamento de energia na biomassa, energia usada para a fotossíntese e demais processos metabólicos nas plantas, fluxo advectivo de calor sensível e calor latente, entre outras. Porém, dependendo da região e do propósito do estudo, essas variáveis podem ser desprezadas.

Nesse experimento, as componentes R_n e G , foram obtidas através de medições diretas utilizando, respectivamente, um saldo radiômetro (REBS) situado a 21 metros de altura, e uma média de 4 placas de fluxo de calor no solo (CAMPBELL) instaladas próximo à torre em uma profundidade de 2 cm. Já as componentes H e LE , foram determinadas utilizando-se o método de covariância dos vórtices turbulentos (eddy covariance), que consiste no princípio de determinação direta dos fluxos, calculando-se as covariâncias entre os desvios temporais de alta

freqüência da velocidade vertical do vento e os desvios temporais da temperatura (fluxo de calor sensível) e da umidade (fluxo de calor latente): o fluxo de uma grandeza escalar c é definido como a quantidade do escalar por unidade de tempo por unidade de área e é dado pelo produto entre as flutuações da velocidade vertical do vento e da concentração escalar somado com um termo de correção

$$Fc = \overline{w'c'} + \varepsilon \quad (2)$$

Os termos de correção representam as contribuições aos fluxos que não são levadas em conta devido às limitações do sistema (Moncrieff, 1997).

No método da covariância dos vórtices turbulentos, as flutuações da velocidade do vento e dos vários escalares são calculadas subtraindo o valor médio da variável em questão pelo valor instantâneo. Multiplicando-se as flutuações da velocidade e do escalar, têm-se as várias covariâncias necessárias nas equações para o cálculo dos fluxos. Dessa forma, utilizando-se instrumentos de resposta rápida (alta freqüência) obtêm-se as medidas de flutuação e , a partir daí, calcula-se os fluxos. Na determinação das medidas de velocidade do vento nas três direções (u , v e w) e da temperatura virtual, foi utilizado um anemômetro sônico tridimensional (Campbell, modelo CSAT3). No caso das medidas de umidade, utilizou-se um higrômetro infravermelho, também chamado de Krypton (Campbell, modelo KH2O) e um analisador de gás por infravermelho (IRGA) (LI-COR, modelo LI-6262), que medem a densidade de vapor (umidade) do ar também em alta freqüência. O anemômetro sônico, o Krypton e o tubo que leva o ar até o IRGA encontram-se instalados no centro da torre a uma altura de 22,5 metros. Até Abril de 2001 a freqüência das medições foi de 16 Hz e após, foi de 8 Hz.

Os fluxos foram determinados para o período de setembro de 2000 a dezembro de 2001 sendo que as medições do LICOR só foram obtidas a partir do mês de abril de 2001, utilizando-se um programa escrito em linguagem FORTRAN, EDDYINPE, que foi desenvolvido no Alterra, Holanda, e adaptado no CPTEC/INPE para o sistema instalado no Pantanal. O programa calcula as flutuações turbulentas em intervalos de 30 minutos, utilizando um filtro recursivo digital, conforme a metodologia sugerida por Aubinet et al (2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi realizada utilizando dois conjuntos de dados, os quais correspondem a um período total de 15 meses. O primeiro conjunto, com dados coletados do dia 16 de setembro de 2000 a 22 de abril de 2001, contém apenas dados do anemômetro sônico e do Krypton, enquanto que o segundo período, compreendendo dados coletados entre 27 de abril e 16 de dezembro do ano de 2001, contém também dados de umidade coletados com o IRGA. Alguns dias e horários apresentam falhas, porém, devido à paralisação do sistema por motivos de manutenção dos instrumentos e por falhas destes.

Variações sazonais dos fluxos

Foram calculados os fluxos de calor latente (LE) e de calor sensível (H) para todo o período utilizando, inicialmente, médias a cada 30 minutos. A figura 1 mostra a variação sazonal das componentes saldo de radiação, fluxo de calor sensível e fluxo de calor latente, da razão de Bowen (razão entre os fluxos de calor sensível e latente), da razão entre a soma dos fluxos e o saldo de radiação, em valores médios diários, e da precipitação acumulada mensal para todo o período de dados. Nos dados de fluxo de calor latente, foi verificada uma queda acentuada nos valores entre os dias 17 de fevereiro e 22 de abril. Isso ocasionou uma alteração irrealista no comportamento do fechamento do balanço de energia e da razão de Bowen sendo mais evidente neste último. Os fluxos para este período foram reprocessados utilizando uma recalibração do Krypton, mas mesmo assim o problema não foi solucionado e então resolveu-se descartar esses dados.

O saldo de radiação é a componente que mostra uma sazonalidade mais evidente. Maiores valores podem ser vistos nos meses entre outubro e maio e há uma queda acentuada nos meses de junho, julho e agosto.

Apesar de a região freqüentemente se alagar durante as estações chuvosas, a estação chuvosa de 2000/2001 foi relativamente anômala, e neste período de estudo não foram observados muitos pontos de alagamento próximo à torre de medidas. Ainda assim, os fluxos de calor também apresentaram variações sazonais significativas ao longo do ano. O fluxo de calor latente acompanha, principalmente, as variações sazonais do saldo de radiação e da precipitação, apresentando maiores valores nos meses mais úmidos e baixos valores nos meses mais secos. Podemos observar, também, um aumento significativo dos fluxos de calor sensível nos meses de setembro a novembro de 2001. Em consequência destes fatores, a razão de Bowen é bem mais alta neste período, quando os fluxos de calor sensível podem chegar a apresentar valores até três vezes maiores que a evaporação, em alguns dias. Para se avaliar o fechamento do balanço de energia, são plotados também nesta figura a razão entre a soma dos

fluxos e o saldo de radiação diários. Observam-se, em geral, valores entre 0,6 e 0,8, indicando que dificilmente o balanço de energia é obtido nestas análises.

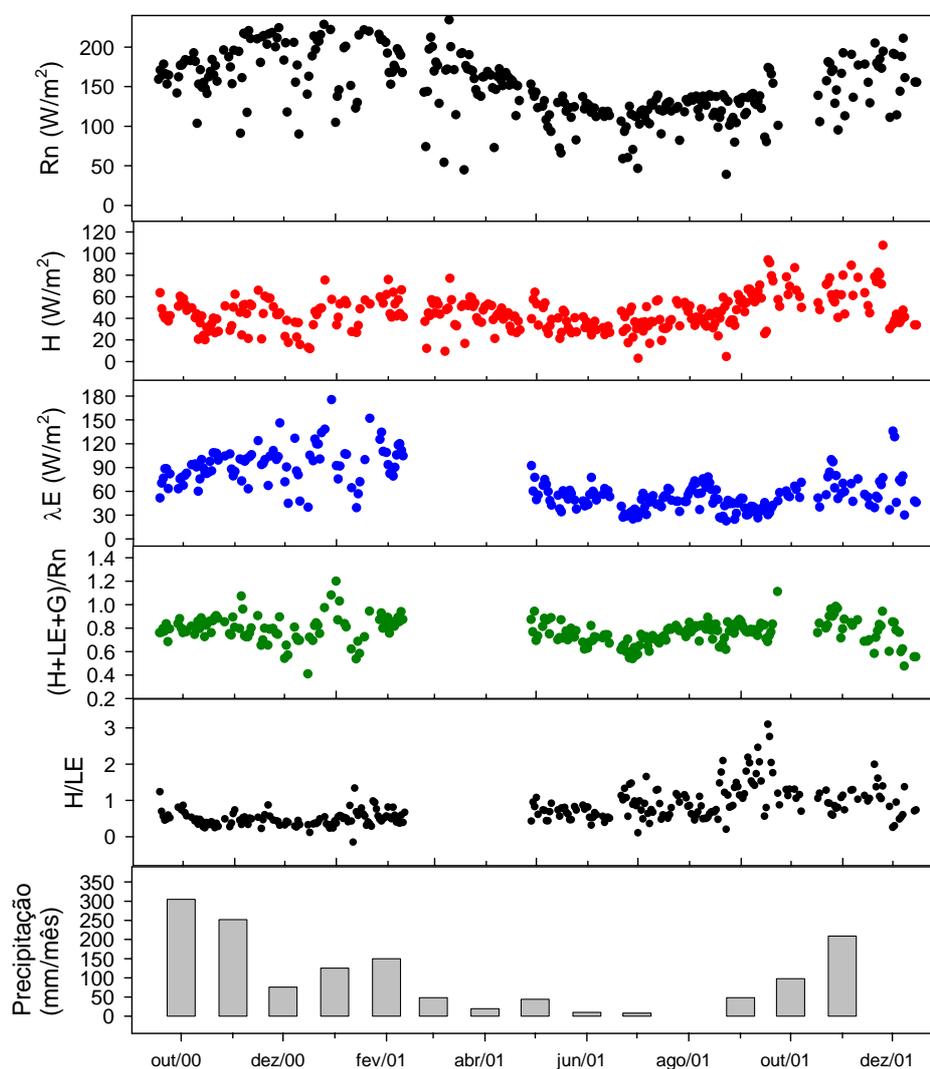


Figura 1. Variação sazonal do saldo de radiação (Rn), fluxo de calor sensível (H), fluxo de calor latente (LE), da razão entre a soma dos fluxos e o saldo de radiação ((H+LE+G)/Rn), razão de Bowen (H/LE) e da precipitação para o período de dados de setembro de 2000 a dezembro de 2001. Esses valores correspondem a médias diárias.

Balanço de energia

Para uma melhor avaliação do balanço de energia tem-se a Figura 2, que corresponde aos valores médios diários dos fluxos, a qual mostra que o fechamento do balanço energia não foi obtido. A soma dos fluxos (H+LE+G) atinge apenas 80% do saldo de radiação (Rn).

Utilizando os dados do período de 16/09 a 25/10 de 2000, os fluxos foram recalculados utilizando-se médias em intervalos de 90 minutos. Os resultados mostraram que houve um acréscimo significativo nos valores dos fluxos de calor latente e de calor sensível em alguns dias, como mostra a Figura 3. A explicação para esse fato é que quando se utilizam médias de 90 minutos, consideram-se tanto os movimentos que apresentam escalas de 30 minutos como os de escalas que vão até 90 minutos. Porém, a Figura 4 mostra que o balanço de energia continua sem fechar mesmo tendo aumentado a escala de tempo, ainda que seja observada uma melhora no fechamento do balanço, com a soma dos fluxos atingindo 83% do saldo de radiação. Apesar de não se fechar o balanço, estes

resultados aproximam-se bastante dos apresentados na literatura em geral (Goulden et al., 1997, McCaughey et al., 1997, Twine et al., 2000).

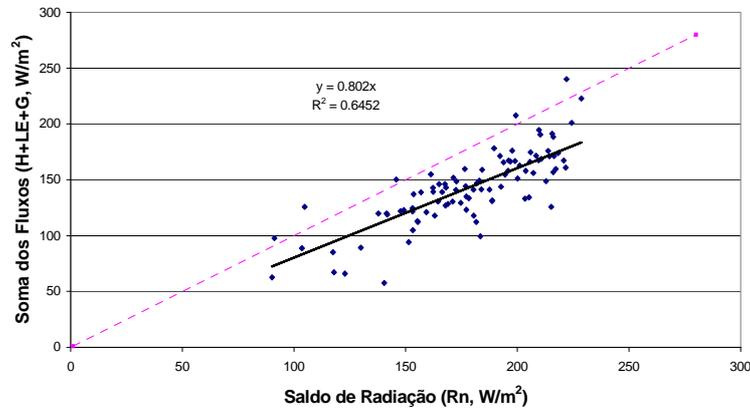


Figura 2. Soma dos fluxos turbulentos e fluxo de calor no solo (valores médios diários) em função do saldo de radiação, calculados em intervalos de 30 minutos para o período de 16/09/2000 a 22/04/2001. A linha cheia mostra o ajuste linear dos valores.

Dentre os fatores que podem explicar essa dificuldade em se obter o balanço de energia na região do Pantanal, destacam-se: (i) possíveis problemas instrumentais no anemômetro sônico ou no higrômetro de infravermelho (Vickers & Mahrt, 1997); (ii) armazenamento de calor na vegetação ou água (Moore & Fisch, 1986; Burba, 1999) ou efeitos de circulação local (Mahrt, 1998); (iii) as diferentes escalas espaciais que influenciam as medidas de saldo de radiação em comparação com as dos fluxos turbulentos (Mahrt, 1998); ou (iv) alguns fatores da metodologia em si, como os intervalos de tempo em que são calculadas as médias e flutuações das variáveis (von Randow et al, 2002), correções de rotação de eixos do escoamento (Kaimal & Finnigan, 1994), etc.

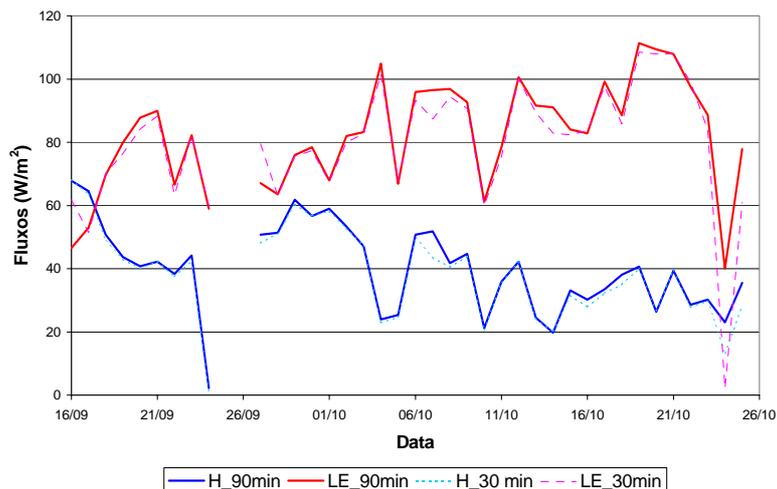


Figura 3. Valores médios diários dos fluxos de calor sensível (H) e do fluxo de calor latente (LE), calculados em intervalos de 30 minutos (linhas tracejadas) e 90 minutos (linhas cheias).

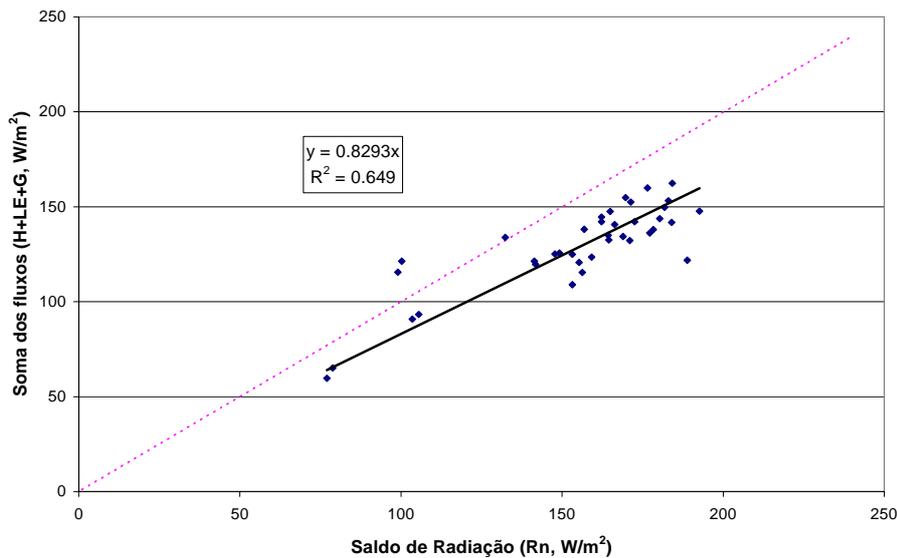


Figura 4. Soma dos fluxos turbulentos e do fluxo de calor no solo (valores médios diários) em função do saldo de radiação, calculados em intervalos de 90 minutos. A linha cheia mostra o ajuste linear dos valores.

Componentes do balanço de energia nas estações seca e úmida

Dentre o segundo período de dados, que inclui dados do IRGA, foram selecionados dois períodos de 20 dias, um representativo da estação seca, de 24 de agosto a 12 de setembro, e um representativo da estação chuvosa, de 29 de novembro a 18 de dezembro. Os fluxos foram recalculados usando um pacote desenvolvido na Oregon State University (disponível em <http://blg.oce.orst.edu/>). O pacote, FLUX, além de calcular os fluxos utilizando vários intervalos de tempo e médias de Reynolds, fornece estimativas de erros sistemáticos, aleatórios, ou causados por condições de não-estacionaridade nos dados (Mahrt, 1998). O cálculo dos fluxos utilizando a média de Reynolds, ao invés dos filtros recursivos digitais (do programa EDDYINPE) pode ser mais adequado, pois o cálculo induz um filtro passa-alto em frequências menores, incluindo, então, escalas maiores nos fluxos. Os fluxos foram calculados com intervalos de 60 minutos, após a eliminação de "spikes" e dados com problemas de não-estacionaridade, identificados pelo pacote FLUX. Os resultados mostraram aumentos significativos nos fluxos calculados para os referidos períodos, quando comparados com os valores calculados previamente, com o programa eddyinpe, em intervalos de 30 minutos. Mas ainda assim, o balanço de energia mantém-se pouco alterado.

A partir dos valores de fluxos resultantes foram calculadas as médias horárias, para os dois períodos, das componentes R_n (saldo de radiação), H (fluxo de calor sensível), LE (fluxo de calor latente), para uma análise do ciclo diurno médio dessas componentes, nas estações seca e úmida. No caso do LE , existem duas medidas (relativamente) independentes: uma obtida com o Krypton e outra com o Licor. Em geral, as duas medidas concordam, exceto em episódios de chuva ou umidade alta, quando o Krypton não funciona adequadamente.

A figura 5 mostra as componentes nos dois períodos. Em ambos os casos observa-se que o saldo de radiação é bastante alto durante o dia, sendo ligeiramente maior na estação chuvosa do que na estação seca. Esta energia radiativa é então convertida principalmente em fluxos de calor latente e sensível. O fluxo de calor latente, que resulta não só da evaporação, mas também da transpiração das plantas, domina na estação chuvosa (figura 5a). Ao final da tarde, próximo às 18 horas local, o fluxo de calor latente chega a superar o saldo de radiação em alguns dias, e o fluxo de calor sensível passa a ser negativo. Na estação seca, porém, a situação se inverte e o fluxo de calor sensível atinge valores bem superiores ao calor latente, durante o dia. Isto ilustra a forte sazonalidade característica da região do Pantanal sul mato-grossense.

Os fluxos médios determinados durante esses dois períodos são mostrados na Tabela 1. Novamente ilustra-se as diferenças entre as estações seca e úmida: a maior parte do saldo de radiação na superfície é emitida para a atmosfera através do calor latente na estação chuvosa, e pelo calor sensível na estação seca.

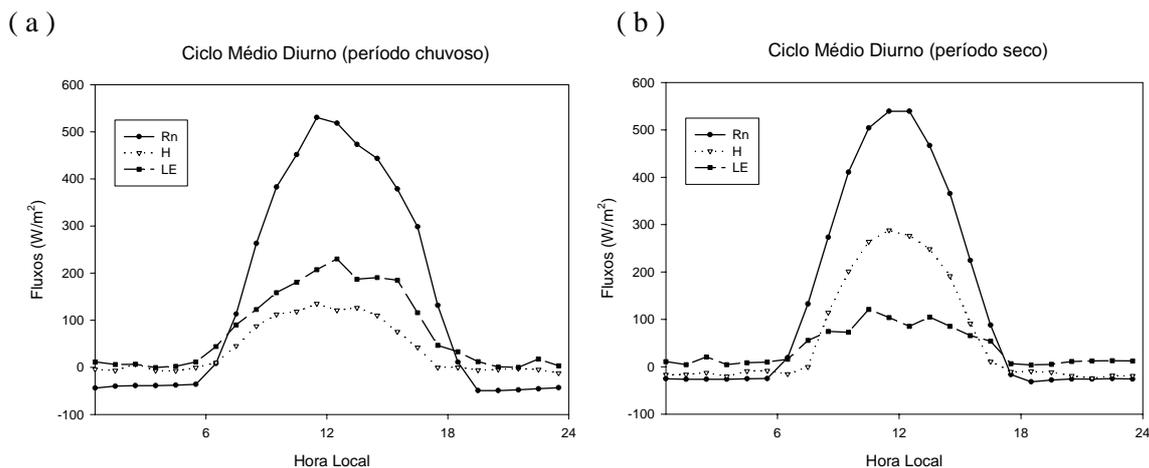


Figura 5. Valores médios horários do saldo de radiação (Rn) e fluxos de calor sensível (H) e calor latente (LE) para os períodos: a) chuvoso (29/11 a 17/12); e b) seco (24/08 a 12/09). Os fluxos foram calculados usando uma escala de 60 minutos.

Estas características gerais sobre a partição da energia disponível entre os fluxos podem ser observadas pela razão de Bowen, que corresponde à razão entre o fluxo de calor sensível e o fluxo de calor latente. Na Figura 6, tem-se a variação média diurna desta razão para os referidos períodos. Nota-se que, no período seco, a razão de Bowen torna-se positiva por volta das 8 horas e permanece assim até as 16 horas quando se torna negativa. No período úmido o comportamento é semelhante, sendo que se torna positiva antes das 8 horas, permanecendo assim por mais horas do dia que no caso verificado para o período seco. A explicação para este fato é que no período úmido a duração do dia é maior que no período seco, em virtude da posição do sol em relação à Terra. Então, além de haver mais energia disponível no período úmido, aparentemente o saldo de radiação é positivo durante um intervalo de tempo bem maior ao longo do dia.

	Rn	G	H	LE	H/LE	(H+LE+G)/Rn
Período seco	134.5	7.0	61.4	40.0	1.54	0.81
Período úmido	147.1	1.1	38.9	77.6	0.50	0.80

Tabela 1. Valores médios obtidos durante os períodos representativos: seco (24/08 a 12/09) e úmido (29/11 a 17/12)

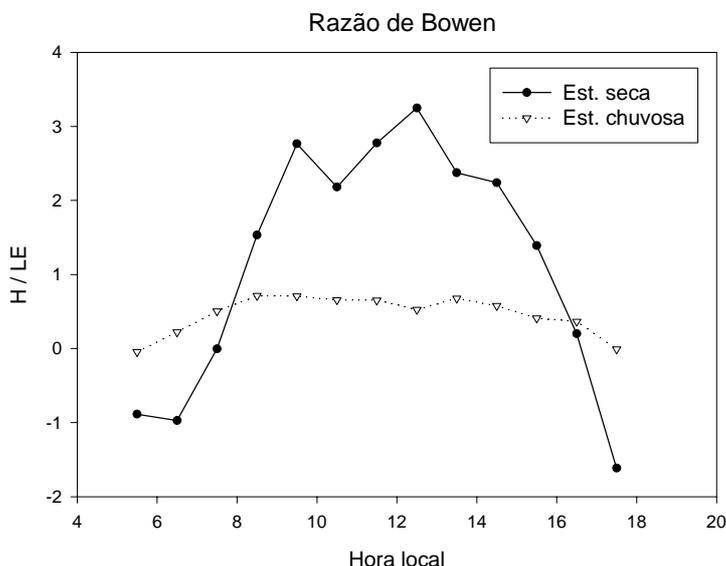


Figura 6. Valores médios horários da razão de Bowen, nos períodos seco e chuvoso, calculados numa escala de 60 minutos.

CONCLUSÕES

Fluxos turbulentos de calor sensível e calor latente foram calculados utilizando a técnica de covariância de vórtices sobre uma região do Pantanal sul mato-grossense, durante o período de setembro de 2000 a dezembro de 2001. As condições meteorológicas sobre a região estudada são caracterizadas por uma forte sazonalidade, que é claramente observada nos dados de saldo de radiação e de precipitação medidos neste período de um ano e três meses estudado. Apesar de não ter sido formada uma lâmina de água pelas cheias da estação chuvosa de 2000/2001, próximo à torre de medidas, os dados de fluxos medidos durante o período também apresentaram diferenças significativas entre as estações seca e chuvosa. Observam-se fluxos de calor latente maiores que os de calor sensível na estação chuvosa, e uma situação inversa na estação seca. Com isso, a razão de Bowen é bem mais alta neste período, quando os fluxos de calor sensível podem chegar a apresentar valores até três vezes maiores que a evaporação, em alguns dias.

O balanço de energia dificilmente é fechado. A soma dos fluxos turbulentos em geral representa 80% do saldo de radiação. Em um estudo adicional, porém, em que os fluxos foram calculados em intervalos maiores e utilizando média de Reynolds ao invés de filtros digitais, os fluxos atingem de 80 a 83 % da energia disponível.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os membros do grupo de micrometeorologia do INPE pelo planejamento e execução do projeto, coleta dos dados e manutenção do sítio operacional, à Universidade Federal do Mato Grosso do Sul pelo apoio logístico da Base de Estudos do Pantanal, à FAPESP pelo fornecimento de recursos para a operação do sítio experimental e ao CNPq, pelas bolsas de três co-autores (DTI e produtividade em pesquisa).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUBINET, M. GRELLE, A., IBROM, A., RANNIK, U., MONCRIEFF, J., FOKEN, T., KOWALSKI, A.S., MARTIN, P.H., BERBIGIER, P., BERNHOFER, CH., CLEMENT, R., ELBERS, J., GRANIER, A., GRUNDWALD, T., MORGENSTERN, K., PILEGAARD, K., REBMANN, C., SNIJDERS, W., VALENTINI, R., VESALA, T. Estimates of the annual net carbon and water exchange of forests: the EUROFLUX methodology. **Advances in Ecological Research**, v. 30, p. 113-175, 2000.
- BURBA, G.G., VERMA, S.B., KIM, J. Surface energy fluxes of *Phragmites australis* in a prairie wetland, **Agric. For. Meteorol.**, v. 94, p. 31-51, 1999.
- GOULDEN, M.L., DAUBE, B.C., FAN, S.M., SUTTON, D.J., BAZZAZ, A., MUNGER, J.W., WOFSY, S.C., Physiological responses of a black spruce forest to weather. **J. Geophys. Res.**, v. 102 (D24), 28987-28996, 1997.
- KAIMAL, J.C., FINNIGAN, J. Atmospheric Boundary Layer Flows, Oxford University Press, New York, 289 pp, 1994.
- MAGALHÃES, N.W. Conheça o Pantanal. **Terragraph**, 400 p., São Paulo, 1992.
- MAHRT, L. Flux sampling errors for aircraft and tower data. **J. Atmos. Ocean. Tec.**, v. 15, p. 416-429, 1998.
- McCAUGHEY, J. H., LAFLEUR, P.M., JOINER, D.W., BARTLETT, P.A., COSTELLO, A.M., JELINSKI, D.E., RYAN, M.G., Magnitudes and seasonal patterns of energy, water and carbon exchanges at a boreal young jack pine forest in the BOREAS northern study area, **J. Geophys. Res.**, v.102 (D24), p. 28997-29007, 1997.
- MOORE, C.J., FISCH, G. Estimating heat storage in Amazonian tropical forest

- MONCRIEFF, J.B., MASSHEDER, J.M., DE BRUIN, H.A.R., ELBERS, J., FRIBORG, T., HEUSINKVELD, B., KABAT, P., SCOTT, S., SOEGAARD, H., VERHOEF, A. A system to measure surface fluxes of momentum, sensible heat, water vapour and carbon dioxide. **J. Hydrol.**, v. 188-189, p. 589-611, 1997.
- TWINE, T.E., KUSTAS, W.P., NORMAN, J.M., COOK, D.R., HOUSER, P.R., MEYERS, T.P., PRUEGER, J.H., STARKS, P.J., WESELY, M.L., **Agric. For. Meteorol.**, v. 103, p. 279-300, 2000.
- VICKERS, D. AND MAHRT, L. Quality control and flux sampling problems for tower and aircraft data. **J. Atmos. Ocean. Tec.**, v. 14, p. 512-526, 1997.
- VON RANDOW, C., SÁ, L.D.A., PRASAD G.S.S.D., MANZI, A.O., ARLINO, P.R.A., KRUIJT, B. Scale variability of atmospheric surface layer fluxes of energy and carbon over a tropical rain forest in South-West Amazonia. I. Diurnal conditions. **J. Geophys. Res.**, aceito para publicação, 2002.