



1. Publicação nº <i>INPE-3972-PRE/985</i>	2. Versão	3. Data <i>Agosto, 1986</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME</i>	Programa <i>MICRA</i>		
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>FLORESTA AMAZÔNICA</i> <i>PERFIS DE TEMPERATURA E UMIDADE</i>			
7. C.D.U.: <i>551.521.14 (811.3)</i>			
8. Título <i>PARTIÇÃO DE FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E DE CALOR LATENTE ACIMA DA FLORESTA AMAZÔNICA DE TERRA FIRME (MÉTODO DOS GRADIENTES)</i>		<i>INPE-3972-PRE/985</i>	10. Páginas: <i>21</i>
			11. Última página: <i>14</i>
			12. Revisada por
9. Autoria <i>Leonardo Deane de Abreu Sá</i> <i>Antônio Ocimar Manzi</i> <i>Yelisetty Viswanadham</i>			 <i>Romisio Geraldo B. André</i>
			13. Autorizada por
Assinatura responsável <i>Leonardo Deane de Abreu Sá</i>			 <i>Marco Antonio Raupp</i> <i>Diretor Geral</i>
14. Resumo/Notas <p><i>É estudada a partição do saldo de radiação em calor sensível e calor latente acima da copa da Floresta Amazônica de terra firme próxima a Manaus, AM (2°57'S; 59°57'W). É discutida a variabilidade diária da razão de Bowen, calculada pelo método dos perfis, em camadas distintas acima da copa. Os resultados mostram que em dias em que não houve precipitação, durante o período diurno, os valores da razão de Bowen são maiores nos níveis mais elevados. Isto pode ser atribuído à influência da transpiração das folhas as quais retiram calor sensível dos níveis mais próximos da copa, diminuindo a temperatura das camadas inferiores da atmosfera e aumentando a umidade específica. Foram utilizados dados referentes ao período compreendido entre julho de 1984 e abril de 1985.</i></p>			
15. Observações <i>3ª Reunião Anual da S.B.P.C., de 09 a 16 de julho de 1986 em Curitiba, PR.</i>			

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos Drs. James Shuttleworth, Christopher J. Moore, John H.C. Gash e John Roberts e do Sr. Colin R. Lloyd, do Institute of Hydrology de Wallingford, Reino Unido, que formaram a equipe britânica co-realizadora do Experimento Micrometeorológico na Amazônia. São gratos igualmente aos Drs. Luiz Carlos Baldicero Molion, Carlos Afonso Nobre e ao Sr. Vicente de Paula Silva Filho do Instituto de Pesquisas Espaciais; aos Srs. Ari de Oliveira Marques Filho, Gilberto Fernando Fisch, Maria de Nazaré Goes Ribeiro, Antêmio Plana Fattori e Mauro Januário do Instituto de Pesquisas da Amazônia; Osvaldo M.R. Cabral da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; José Carvalho de Moraes da Universidade Federal do Pará; Dr. Sukaran R. Patel da Universidade Federal da Paraíba e Sr. Leandro Ferreira de Aguiar da Fundação Universidade do Amazonas, os quais integraram a parte brasileira do mencionado Experimento, e ao Dr. Romão Geraldo Bouhid André pelas críticas e sugestões apresentadas.

ABSTRACT

A partition of net radiation to sensible and latent heat fluxes above the Amazon Forest canopy is studied. The observational site ($2^{\circ}57'S, 59^{\circ}W$) of the Terra firme area in the Amazon forest is near Manaus, AM. The Bowen ratio values for distinct layers above the canopy are calculated using the profile method. Diurnal variation of these values are presented. The results show that the daytime Bowen ratios obtained during non-precipitation days for higher layer are greater than for lower layer. This may be attributed to the influence of this transpiration from adjacent air layers above the canopy. This process reduces the temperature of the adjacent air layers above the canopy and increases the specific humidity in those layers. The data obtained for the period July 1984 to April 1985 were utilized in the analysis.

SUMÁRIO

	Pág.
1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2. <u>DADOS EXPERIMENTAIS</u>	2
3. <u>ELEMENTOS TEÓRICOS</u>	3
4. <u>DISCUÇÃO DE RESULTADOS</u>	5
5. <u>CONCLUSÕES</u>	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

1. INTRODUÇÃO

Quando a energia solar incide sobre uma superfície vegetada, uma parte dela é refletida de volta para o espaço, outra parte é absorvida pela vegetação, contribuindo para o aumento de sua temperatura, e uma terceira parte é transportada para a atmosfera através de processos predominantemente turbulentos que se manifestam por transportes verticais eficientes (fluxos) tanto de calor sensível quanto de calor latente (vapor d'água). A quantização destes fluxos, bem como a determinação da maneira segundo a qual eles se relacionam, é um problema cuja solução é de grande interesse prático para agrônomos, hidrôlogos, meteorologistas, ecólogos, engenheiros florestais, dentre outros (Khimli, 1967). A Razão de Bowen, β , definida como o quociente entre o fluxo vertical de calor sensível e o fluxo vertical de calor latente é o parâmetro comumente utilizado para caracterizar a maneira pela qual é feita a partição da energia disponível para transporte turbulento entre cada um dos fluxos mencionados acima (Sellers, 1985). Ela pode ser avaliada quer por métodos diretos, como o do balanço de energia, quer por métodos indiretos como o dos gradientes (Thom, 1975).

Uma questão particularmente relevante, a da estimativa da evapotranspiração (evaporação mais transpiração) de superfícies vegetadas, pode ser resolvida quando são conhecidos o saldo de radiação e a razão de Bowen (Lindroth, 1984). A evapotranspiração, contudo, não é um processo passivo pelo qual o solo e as plantas perdem água para a atmosfera. Ao contrário, é um processo em que as plantas desempenham um papel ativo e auto-regulador de suas perdas energéticas através da abertura ou fechamento dos estômatos que se encontram na superfície das folhas (Sellers, 1985). Jarvis et alii (1975) acentuaram que é importante estabelecer o intervalo de valores esperados de β para caracterizar a microclimatologia de uma floresta. Eles admitem que, independentemente das espécies que compõem a vegetação florestal, o valor médio de β (calculado segundo médias horárias) entre 8:00 e 16:00h varia de 0,1 a 1,5 para condições de copa seca e de -0,7 a 0,4 quando a copa está úmida. A finalidade deste trabalho é estudar a variação da razão de Bowen calculada pelo método dos gradientes, acima da reserva Flo-

resta Ducke, próxima a Manaus, Amazonas, que pode ser considerada como representativa da Floresta Amazônica de terra firme. Tais pesquisas sobre as características microclimáticas da floresta tropical se justificam, dado o papel particularmente importante que ela desempenha como fonte de calor latente em escala planetária (Molion e Kousky, 1985) e dado o caráter incipiente dos estudos sobre trocas energéticas até agora realizados na Floresta Amazônica (Shuttleworth et alii, 1985).

2. DADOS EXPERIMENTAIS

O sítio experimental, pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, representativo da floresta de terra firme da Amazônia Central, está localizado na Reserva Florestal "Ducke", a 25 km a nordeste de Manaus, na latitude de 2°57'Sul e longitude de 59°57'Oeste. A altura média da copa florestal é de 35 m, e os instrumentos de medida foram colocados em uma torre de alumínio de 45 m de altura, construída conjuntamente pelo Instituto Hidrológico de Wallingford, pelo INPA e pelo INPE.

As medidas de temperatura e umidade específica abaixo e acima da copa foram feitas com psicrômetros aspirados de cristal de quartzo, modelo DY-2850, fabricados pela Hewlett Packard. Eles foram calibrados na fábrica com uma precisão de 0,02°C. Este método, que utiliza a dependência da frequência de oscilação de cristais de quartzo com a temperatura, é discutido em maiores detalhes por Gash and Stewart (1975). Foi empregado um sistema de intercâmbio de termômetros (SIT) pelo qual a cada 10 min tanto os sensores de temperatura quanto os de umidade específica trocam mecanicamente de posição ao longo de trilhas metálicas dispostas em posição vertical. Este sistema produziria medições livres de erros sistemáticos sob suposição de que tais erros não variariam com a mudança de posição dos sensores. Tal sistema é apresentado detalhadamente por McNeil and Shuttleworth (1975).

Convencionou-se, neste trabalho, designar como níveis 1, 2, 3 e 4, respectivamente, aqueles situados nas alturas de 35, 69 m;

39,33m; 41,04m e 44,66m acima da superfície do solo. Nestes níveis foram calculadas a temperatura potencial e a umidade específica do ar acima da copa. Todos os dados utilizados referiram-se a dias em que não se verificou precipitações na Reserva "Ducke".

3. ELEMENTOS TEÓRICOS

Nos processos energéticos de troca turbulenta que envolvem a camada-limite superficial da atmosfera, é de grande interesse conhecer a maneira pela qual a energia proveniente do saldo de radiação é distribuída ao atingir a superfície. Para simplificar estudos de tais processos, são feitas suposições, as quais dificilmente são totalmente satisfeitas, a saber:

- a) a superfície é horizontal, homogênea e suficientemente extensa para que se estabeleça uma camada de fluxo constante;
- b) são desprezados os efeitos de advecção horizontal, o que faz com que só sejam levados em conta fluxos verticais;
- c) as medições devem ser feitas sob condições estacionárias no tempo.

Desprezando, além disto, gastos de energia por processos fotossintéticos, obtém-se a equação do balanço de energia (Lindroth, 1984):

$$Q^* = \lambda E + H + G + S, \quad (1)$$

onde:

Q^* é o saldo de radiação (Wm^{-2}),

λE é o fluxo vertical de calor latente (Wm^{-2}),

H é o fluxo vertical de calor sensível (Wm^{-2}),

G é o fluxo de calor no solo (Wm^{-2}),

S é o fluxo de energia armazenada pela biomassa (Wm^{-2}).

Dos termos acima, G pode ser considerado desprezível, pois seu valor máximo abaixo da copa florestal não ultrapassa a marca de $7Wm^{-2}$. O termo S , embora importante no estudo de balanços energéticos acima de florestas, ainda é pouco conhecido dada sua complexidade e difícil mensuração (Shuttleworth et alii, 1984).

Foi Bowen (1926) quem demonstrou que a participação do transporte vertical em calor sensível e calor latente poderia ser determinada em função dos gradientes verticais de temperatura e umidade. Uma das formas em que esta relação se exprime é indicada por Lindroth (1984), a saber:

$$\beta = \frac{c_p}{\lambda} \frac{K_H}{K_W} \frac{\frac{\partial \theta}{\partial z}}{\frac{\partial q}{\partial z}}, \quad (2)$$

onde:

β é a razão de Bowen;

c_p é o calor específico do ar seco ($J kg^{-1} K^{-1}$);

λ é o calor latente de vaporização da água ($J kg^{-1}$);

K_H é o coeficiente de troca turbulenta de calor sensível ($m^2 s^{-1}$);

K_W é o coeficiente de troca turbulenta de vapor d'água ($m^2 s^{-1}$);

$\frac{\partial \theta}{\partial z}$ é o gradiente vertical de temperatura potencial ($K m^{-1}$);

$\frac{\partial q}{\partial z}$ é o gradiente vertical de umidade específica (m^{-1}).

Os valores da razão K_H/K_W ainda são objeto de muita controvêrsia, conforme apontaram Verma et alii (1978) e Motta et alii (1979). Contudo, atribui-se o valor de 1,2 às situações instáveis (em que $H > 0$) e o de 0,8 às situações estáveis (em que $H < 0$), próximos daqueles propostos por Lumley e Panofsky (1964).

4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Para estudar o comportamento da razão de Bowen no decorrer do dia, selecionaram-se dados de temperatura potencial e de umidade específica referentes a quatro dias da campanha realizada em julho e agosto de 1984 (terceira campanha experimental) e a quatro dias da campanha realizada em abril e maio de 1985 (quarta campanha experimental). Foram, então, calculados para cada horário os gradientes verticais de θ e de q , referentes aos seguintes intervalos de alturas: a) de 35,69m a 39,33m, designado como nível 1-2; b) de 41,04m a 44,66m, designado como nível 3-4. Assim, acharam-se as razões de Bowen referentes aos dois intervalos acima (β_{1-2} e β_{3-4} , respectivamente). A Figura 1 mostra as variações de β_{1-2} e β_{3-4} para cada um dos dias escolhidos da terceira campanha experimental, mencionada anteriormente. A Figura 2 se refere às mesmas variações de β_{1-2} e β_{3-4} para a quarta campanha experimental citada. A análise dos gráficos leva a algumas constatações, a saber:

- 1) Tanto β_{1-2} como β_{3-4} são em média, negativos à noite e positivos no decorrer do dia. Possuem um máximo o qual, em geral, ocorre entre 10:00h e 14:00h. À noite, os valores são frequentemente negativos e maiores, em valor absoluto, que os diurnos. Estes resultados concordam com aqueles apresentados por Sã et alii (1986), os quais estudaram a variação de β no decorrer do dia, a partir de dados de fluxos medidos diretamente por covariâncias.

De um modo geral, os valores máximos de β dificilmente

ultrapassaram a marca de 1,0; embora muitos valores noturnos tenham sido menores que -2,0. Estes valores máximos correspondem àqueles apontados por Jarvis et alii (1975) para condições de copa seca. Os valores mínimos, porém, são inferiores àqueles apontados pelos autores citados para condições de copa úmida, o que pode indicar o elevado grau de umidade da copa da Floresta Amazônica durante a noite. Assim, mesmo neste período a copa continua constituindo fonte de vapor d'água, mantendo, então, variações verticais de umidade específica negativa acima da copa em todas as situações existentes. Esta diferença de comportamento da noite, em relação ao dia, pode ser explicada pelas distintas condições de estabilidade térmica que então se verificam. Durante o período diurno predominam fortes atividades convectivas geradas pela intensa radiação solar incidente. A turbulência assim gerada contribui decisivamente para o transporte de calor sensível e de vapor d'água da copa para a atmosfera. Isto faz com que tanto os fluxos de calor sensível quanto os de vapor d'água sejam positivos (dirigem-se de baixo para cima). Durante a noite, todavia, predominam as condições de estabilidade térmica. Nesta ocasião o fluxo de calor sensível é negativo, uma vez que a atmosfera cede calor à copa florestal para compensar as perdas de energia desta, via radiação de onda longa. O fluxo de vapor d'água, porém, continua positivo devido ao fato de a floresta continuar funcionando como fonte de vapor d'água para a atmosfera durante a noite.

- 2) Os valores de β_{3-4} (medios nos níveis mais altos) são geralmente superiores aos β_{1-2} durante o dia, mas inferiores a estes durante a noite. Enquanto os dados de β_{3-4} podem atingir com frequência o valor de 0,3 durante o dia, os de β_{1-2} dificilmente atingem 0,2 no mesmo período. Atribui-se este resultado ao fato de os níveis inferiores (1 e 2) se encontrarem mais próximos da copa florestal a qual funciona, tanto de dia quanto de noite, como fonte de vapor d'água. Assim, variações verticais negativas de vapor d'água acima da copa deverão ocorrer, em maior ou menor intensidade, no decorrer de todo o período. Quanto ao calor sensível, no entanto, a copa funciona como fonte durante o dia e sumidouro durante a noite. Assim,

os fluxos de calor sensível seriam mais dependentes das condições de estabilidade térmica existentes.

Para que se possa ter um quadro quantitativo das evoluções dos gradientes de θ e q ao longo de um dia típico, é apresentada a Tabela 1.

- 3) Os valores máximos de β ocorrem comumente antes do meio-dia. Isto parece estar associado com o início do período em que aumenta a nebulosidade no céu, o qual frequentemente se verifica por volta das 11:00h. Nestas ocasiões diminui a radiação solar que incide sobre a floresta, e o fluxo vertical de calor sensível também diminui. O fluxo vertical de calor latente, todavia, não sofre grande variação nesses períodos, o que faz com que a razão de Bowen diminua.

Finalmente, far-se-ão algumas considerações sobre fatores que eventualmente poderiam introduzir distorções nos resultados discutidos. Um deles reside no fato de a região onde foram feitas as medições provavelmente não estar em camada de fluxos constantes, mas numa de transição, onde as condições para a validade da teoria da Similitude não estariam satisfeitas. Segundo Lindroth (1984) os fatores físicos que interferem em tais situações acima de copa florestal, ainda não foram bem compreendidos. Outro fator a considerar é o da não-existência de condições permanentes nos campos de θ e q durante o intervalo de tempo em que os gradientes foram estimados. Ohmura (1982) apresentou critérios para a rejeição de dados não-adequados aos cálculos da razão de Bowen. Segundo estes a maioria dos dados coletados ao amanhecer e ao anoitecer deveriam ser rejeitados.

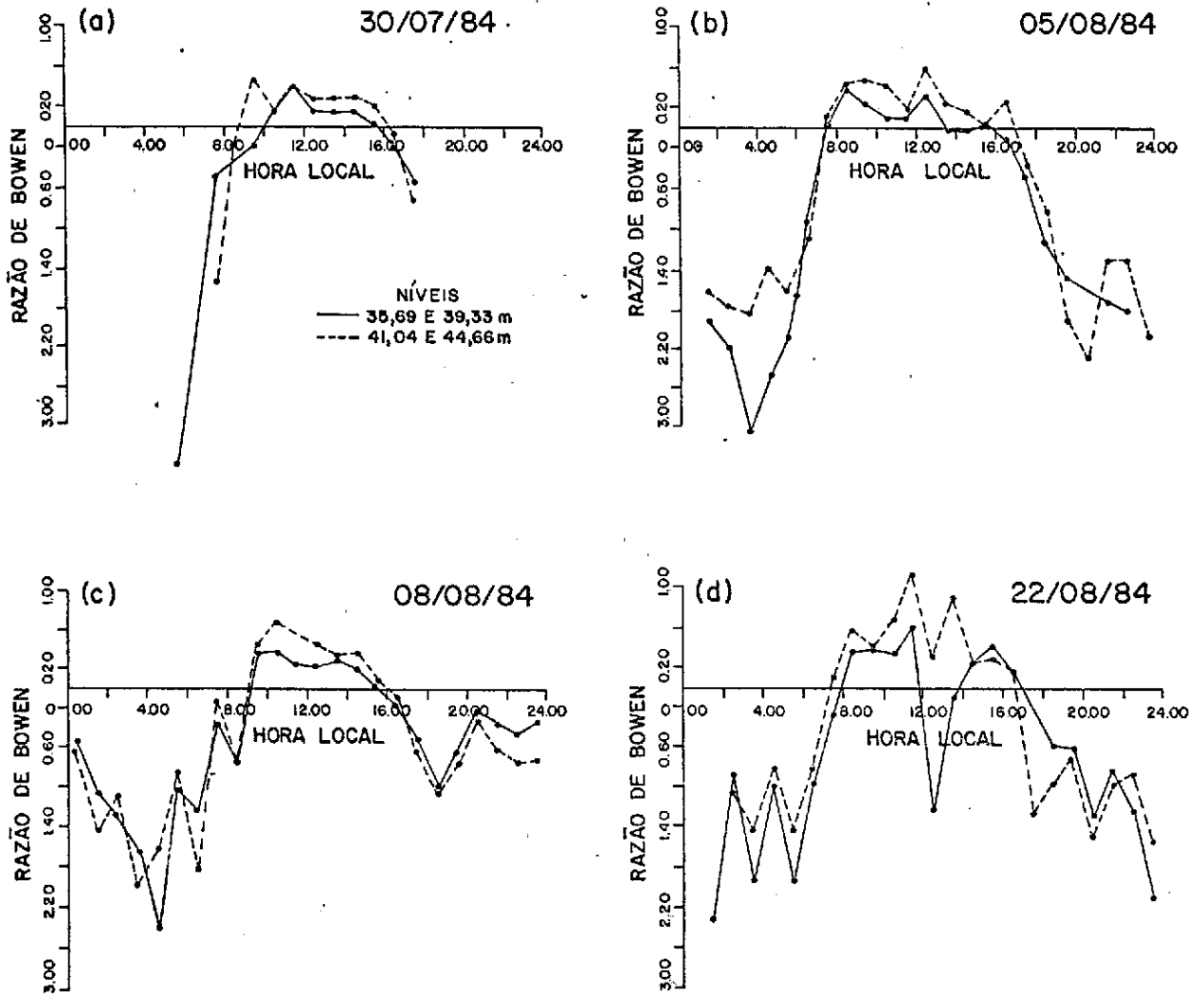


Fig. 1 - Variação diária da razão de Bowen na Floresta Amazônica.

Estes valores da razão de Bowen foram calculados a partir de gradientes de temperatura potencial e de umidade específica obtidos com dados da terceira campanha.

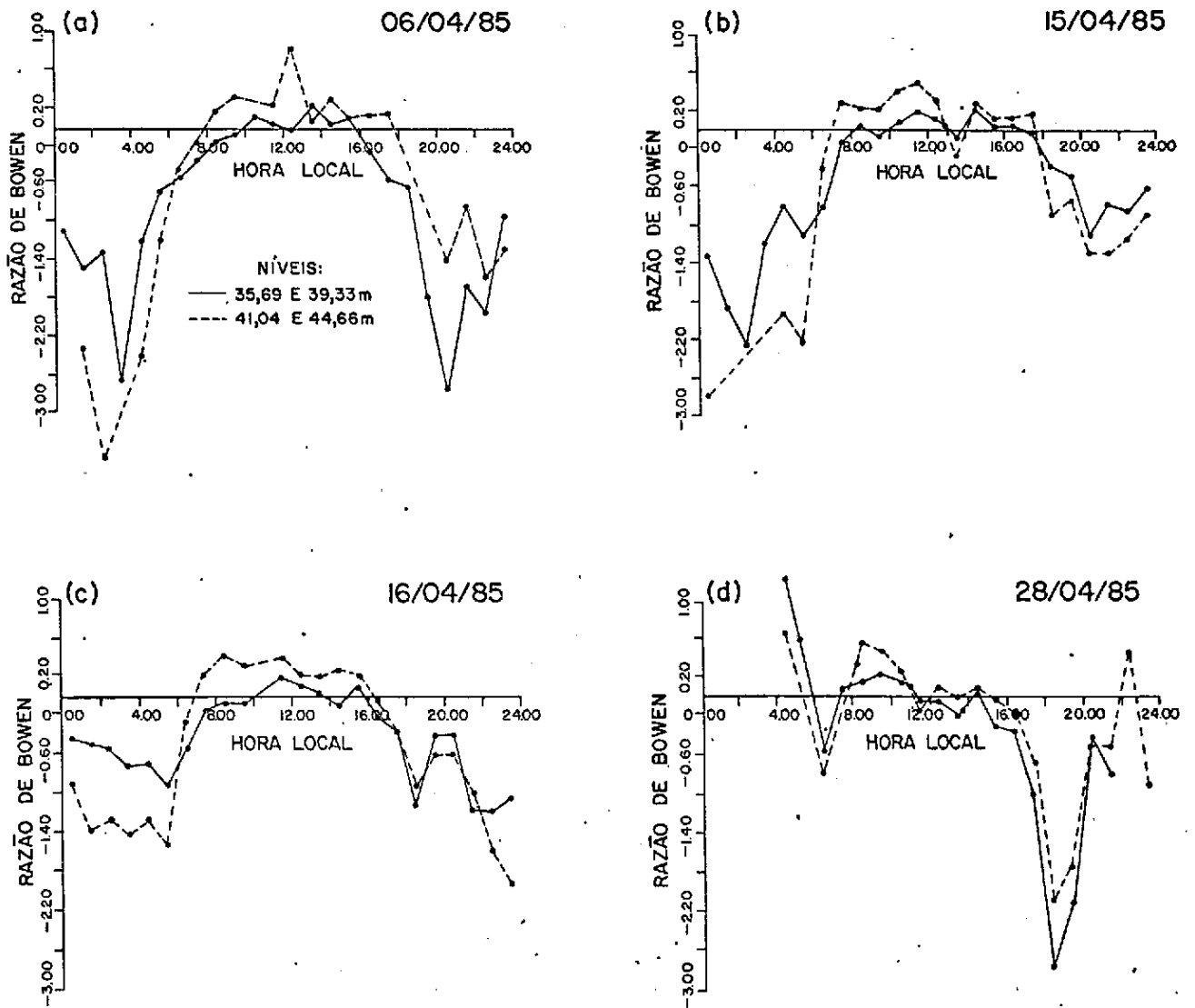


Fig. 2 - Variação diária da razão de Bowen na Floresta Amazônica.

Estes valores da razão de Bowen foram calculados a partir de gradientes de temperatura potencial e de umidade específica obtidos com dados da quarta campanha.

TABELA 1

DIFERENÇAS DE TEMPERATURAS POTENCIAIS E DE UMIDADES ESPECÍFICAS, PARA DOIS NÍVEIS DISTINTOS ACIMA DA FLORESTA AMAZÔNICA, APRESENTADAS COMO FUNÇÕES DO TEMPO REAL

DIA	08/08/84				16/04/85			
	$\Delta\theta$ (°C)		Δq (g/kg)		$\Delta\theta$ (°C)		Δq (g/kg)	
	1-2*	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4	1-2	3-4
0-1	0,322	0,252	-0,19	-0,13	0,098	-0,77	-0,07	-0,03
1-2	0,168	0,225	-0,05	-0,05	0,097	0,085	-0,06	-0,02
2-3	0,119	0,128	-0,03	-0,04	0,086	0,079	-0,05	-0,02
3-4	0,191	0,169	-0,04	-0,03	0,104	0,088	-0,05	-0,02
4-5	0,127	0,170	-0,02	-0,03	0,129	0,095	-0,06	-0,02
5-6	0,104	0,123	-0,03	-0,05	0,125	0,094	-0,04	-0,02
6-7	0,103	0,073	-0,03	-0,01	0,146	0,025	-0,09	-0,03
7-8	0,034	0,009	-0,05	-0,03	0,029	-0,021	-0,09	-0,05
8-9	0,042	0,053	-0,03	-0,03	0,010	-0,043	-0,07	-0,05
9-10	-0,037	-0,051	-0,05	-0,05	0,017	-0,032	-0,10	-0,05
10-11	-0,053	-0,076	-0,07	-0,05	0,05	-0,043	-0,08	-0,09
11-12	-0,048	-0,114	-0,09	-0,03	-0,034	-0,044	-0,09	-0,05
12-13	-0,038	-0,046	-0,08	-0,05	-0,016	-0,024	-0,09	-0,06
13-14	-0,055	-0,023	-0,09	-0,03	-0,005	-0,023	-0,13	-0,06
14-15	-0,025	-0,038	-0,06	-0,05	0,014	-0,024	-0,08	-0,05
15-16	-0,004	-0,009	-0,05	-0,05	-0,021	-0,023	-0,13	-0,06
16-17	0,014	0,006	-0,05	-0,03	0,047	0,006	-0,11	-0,06
17-18	0,069	0,062	-0,04	-0,03	0,075	0,034	-0,07	-0,03
18-19	0,131	0,137	-0,04	-0,04	0,094	0,075	-0,03	-0,03
19-20	0,066	0,046	-0,03	-0,02	0,108	0,107	-0,08	-0,06
20-21	0,093	0,073	-0,14	-0,08	0,100	0,064	-0,08	-0,09
21-22	0,142	0,166	-0,13	-0,09	0,093	0,142	-0,03	-0,05
22-23	0,120	0,112	-0,09	-0,05	0,135	0,130	-0,04	-0,03
23-24	0,105	0,127	-0,10	-0,05	0,152	0,117	-0,05	-0,02

* Os números 1-2 representam o nível 1 a 35,69m e o nível 2 a 39,33m acima do chão. Similarmente, os números 3-4 representam o nível 3 a 41,04m e 4 a 44,66m.

5. CONCLUSÕES

- 1) Os valores da razão de Bowen, β , referentes à terceira campanha experimental (julho/agosto de 1984) não diferiram substancialmente daqueles da quarta campanha (abril/maio de 1985).
- 2) Os valores de β foram, em média, positivos de dia e negativos à noite. Os valores máximos ocorreram comumente antes do meio-dia, o que parece estar associado ao período em que aumenta a nebulosidade, e poucas vezes ultrapassaram a marca de 1,0. Os valores mínimos ocorreram com frequência próximo às 4:00h, e foram muitas vezes inferiores a -2,0.
- 3) Os valores de β na camada superior acima da copa foram maiores que os da camada inferior durante o dia e menores do que os desta à noite. Isto foi atribuído ao fato de a copa florestal atuar como fonte de calor latente tanto de dia quanto à noite, fazendo com que a variação do fluxo de calor latente com a altura na camada inferior fosse maior do que a sua variação do mesmo na camada superior independentemente do período do dia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWEN, I.S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. *Physical Review*, 27:779-789, 1926.
- GASH, J.H.C.; STEWART, J.B. The average surface resistance of a pine forest derived from Bowen ratio measurements. *Boundary-Layer Meteorology*, 8:453-464, 1975.
- JARVIS, P.G.; JAMES, G.B.; LANDSBERG, J.J. Coniferous forest. In: MONTEITH, J.L., ed. *Vegetation and the atmosphere* London, Academic, 1975. v. 2, cap. 7, p. 171-240.
- KHILMI, H.F. *Foundations of the physics of the biosphere.* Hidrometeorological Publishing House, Leningrad, 1967.
- LINDROTH, A. Gradient distributions and flux profile relations above a rough forest. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 110(464):553-563, Apr. 1984.
- LUMLEY, J.L.; PANOFSKY, H.A. *The structure of atmospheric turbulence.* Wiley, N. York, 1964.
- McNEIL, D.D.; SHUTTLEWORTH, W.J. Comparative measurements of energy fluxes over a pine forest. *Boundary-Layer Meteorology*, 2:297-313, 1975.
- MOLION, L.C.B.; KOUSKY, V.E. *Climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia.* São José dos Campos, INPE, 1985. (INPE-3560-PRE/480).
- MOTHA, R.P.; VERMA, S.B.; ROSENBERG, N.J. Exchange coefficients under sensible heat advection determined by eddy correlation. *Agricultural Meteorology*, 20(4):273-280, Aug. 1979.
- OHMURA, A. Objective criteria for rejecting data for Bowen ratio flux calculations. *Journal of Applied Meteorology*, 21(4):595-598, Apr. 1982.
- SÃ, L.D.A.; MANZI, A.O.; VISWANADHAM, Y. *Uma partição de fluxos de calor sensível e de calor latente acima da Floresta Amazônica de Terra Firme.* Workshop on GTE/ABLE-2A, INPE, São José dos Campos, fev. de 1986.

SELLERS, P.J. Do the flowers bring the showers? *Work in Progress*, 9(2):9, 1985.

SHUTTLEWORTH, W.L.; GASH, J.H.C.; LLOYD, C.R.; MOORE, C.J.; ROBERTS, J.; MARQUES FILHO, A.O.; FISCH, G.F.; SILVA FILHO, V.P.; RIBEIRO, M.N.G.; MOLION, L.C.B.; SÁ, L.D.A.; NOBRE, C.A.; CABRAL, O.M.R.; PATEL, S.R.; MORAES, J.C. Eddy correlation measurements of energy partition for Amazonian Forest. *Quarterly Journal of the Royal Meteorology Society*, 110(466):1143-1169, Oct. 1984.

——— Daily variations of temperature and humidity within and above Amazonian Forest. *Weather*, 40(4):102-108, Apr. 1985.

THOM, A.S. Momentum, mass and heat exchange of plant communities. In: MONTEITH, J.L., ed. *Vegetation and the atmosphere*. London, Academic, 1975. v. 1, cap. 3, p. 57-109.

VERMA, S.B.; ROSENBERG, N.J.; BLAD, B.L. Turbulent exchange coefficients for sensible heat and water vapor under advective conditions. *Journal of Applied Meteorology*, 17(3):330-338, Mar. 1978.