




Referência Completa

Tipo da Referência Conference Proceedings
Repositório sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.26.21.38
Metadados sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.26.21.38.07
Site mtc-m05.sid.inpe.br
Rótulo 2678
Chave Secundária INPE-3949-PRE/970
Chave de Citação SaManzYeli:1986:PaFlCa
Autor 1 Sa, Leonardo Deane de Abreu
 2 Manzi, Antonio Ocimar
 3 Yelisetty, Viswanadham
Grupo 1 DCT-INPE-BR
Título Uma particao de fluxos de calor sensivel e de calor latente acima da Floresta Amazonica de Terra Firme 
Nome do Evento Workshop on GTE/ABLE-2A.
Ano 1986
Data 3-7 fev. 1986
Localização do Evento Sao Jose dos Campos, SP
Palavras-Chave METEOROLOGIA.
Idioma Pt
Tipo Secundário PRE CN
Area MET
Projeto MICRA
Última Atualização dos Metadados 2015:05.19.14.23.23 sid.inpe.br/bibdigital@80/2006/04.07.15.50 administrator
Estágio do Documento concluido
e-Mail (login) marciana
Grupo de Usuários administrator
Visibilidade shown
Transferível 1
Tipo do Conteúdo External Contribution
Data Secundária 19921217
Conteúdo da Pasta source não têm arquivos
Conteúdo da Pasta agreement não têm arquivos
Histórico 2015-05-19 14:23:23 :: administrator -> marciana :: 1986
Campos Vazios abstract accessionnumber affiliation archivingpolicy archivist booktitle callnumber copyholder copyright creatorhistory descriptionlevel dissemination documentstage doi e-mailaddress edition editor electronicmailaddress format isbn issn lineage mark mirrorrepository nextedition nexthigherunit notes numberoffiles numberofvolumes organization pages parameterlist parentrepositories previousedition progress publisher publisheraddress readergroup readergroup readpermission resumeid rightsholder secondarymark serieseditor session shorttitle size sponsor subject targetfile tertiarymark tertiarytype type url versiontype volume
Data de Acesso 30 jul. 2015
atualizar

1. Publicação nº <i>INPE-3949-PRE/970</i>	2. Versão	3. Data <i>Julho, 1986</i>	5. Distribuição <input type="checkbox"/> Interna <input checked="" type="checkbox"/> Externa <input type="checkbox"/> Restrita
4. Origem <i>DME/ DAM</i>		Programa <i>MICRA</i>	
6. Palavras chaves - selecionadas pelo(s) autor(es) <i>PARTIÇÃO DE ENERGIA</i> <i>FLORESTA AMAZÔNICA</i>			
7. C.D.U.: <i>551.551.8(811.3)</i>			
8. Título <i>UMA PARTIÇÃO DE FLUXOS DE CALOR SENSÍVEL E DE CALOR LATENTE ACIMA DA FLORESTA AMAZÔNICA DE TERRA FIRME</i>		<i>INPE-3949-PRE/970</i>	10. Páginas: <i>31</i>
9. Autoria <i>Leonardo Deane de Abreu Sá</i> <i>Antonio Ocimar Manzi</i> <i>Yelisetty Viswanadham</i>			11. Última página: <i>22</i>
Assinatura responsável <i>Leonardo Deane de Abreu Sá</i>			12. Revisada por  <i>José Carlos Rodrigues</i>
			13. Autorizada por  <i>Marco Antonio Raupp</i> Diretor Geral
14. Resumo/Notas <i>Estuda-se a partição do saldo de radiação em calor sensível e calor latente acima da copa da Floresta Amazônica de terra firme. Discute-se a variabilidade diária da razão de Bowen e, comparam-se os valores desta razão quando calculados segundo diferentes métodos e em alturas distintas acima da copa. Estudou-se a variação do gradiente vertical de temperatura potencial acima da copa florestal em função da variação do saldo de radiação. Os baixos valores diurnos dos gradientes de temperatura e os elevados valores dos saldos de radiação indicam uma atividade convectiva muito forte na região Amazônica. De um modo geral os resultados encontrados concordam com aqueles obtidos por outros pesquisadores em outras regiões de florestas. Utilizaram-se dados dos dias 21 a 24 de agosto de 1984, referentes à terceira campanha de coleta de dados do Experimento Micrometeorológico na Amazônia.</i>			
15. Observações <i>Trabalho apresentado no Workshop on GTE/ABLE-2A no INPE, de 03 a 07 de fevereiro de 1986.</i>			

ABSTRACT

The partition of net radiation to sensible and latent fluxes above Amazonian forest is studied. The Bowen ratio daily variability is discussed and its values are compared when calculated by different methods and distinct height above canopy. The variation of potential temperature gradient above forest canopy as a function of net radiation is also studied. Small values of potential temperature gradients and large values of net radiation obtained during daytime indicate that there was a strong convective activity in the Amazonian region. These results agreed very well with other forest observational results. The data utilized were collected from 21 to 24, August, 1984, related to the third field campaign of the Micrometeorological Experiment in the Amazon Basin.



SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
LISTA DE FIGURAS	<i>vii</i>
LISTA DE TABELAS	<i>ix</i>
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - DADOS EXPERIMENTAIS	2
3 - ELEMENTOS TEÓRICOS	3
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
5 - CONCLUSÕES	9
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11

• •

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1 - Variação diurna da média da razão de Bowen	15
2a - Comparação entre razão de Bowen calculada pelo método dos gradientes (B_{34}) e da covariâncias (B_{HY}). B_{34} corresponde aos níveis 3 e 4.	16
2b - Comparação entre razão de Bowen calculada pelo métodos dos gradientes (B_{12}) e das covariâncias (B_{HY}). B_{12} corresponde aos níveis 1 e 2.	17
2c - Comparação entre razões de Bowen calculadas pelo métodos dos gradientes para diferentes níveis.	18
3 - Relação entre saldos de radiação e gradientes verticais de temperatura potencial.	19

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
1 - Valores médios horários da razão de Bowen \bar{B}_{HY}	13
2 - Parâmetros estatísticos associados às regressões lineares ...	14



1 - INTRODUÇÃO

Nos processos que governam a circulação geral da atmosfera, atribui-se particular importância aos mecanismos de troca de energia, que ocorrem acima de regiões equatoriais florestadas, entre as escalas de movimentação pequena e grande, nas quais a elevada umidade relativa, a forte radiação incidente e a intensa convecção geradora de cumulusnimbus desempenham papel relevante (Virji, 1981; Nobre, 1984; Molion e Kousky, 1985).

Com exceção de uma estreita faixa sobre os oceanos, que se estende paralelamente ao equador, a Zona de Convergência Intertropical, e da região ocidental do Oceano Pacífico onde também é liberado calor latente, as fontes principais de energia são as porções equatoriais dos continentes que na sua maioria ainda estão cobertas por florestas naturais. Destas regiões, a maior é a Floresta Amazônica (Molion, 1985).

Todavia, até recentemente, pouca atenção foi dada aos efeitos que diferentes tipos de superfície exercem sobre os climas regionais, pois considerava-se que a vegetação (ou a ausência dela) tinha um papel passivo nas trocas energéticas, apresentando um mínimo de interação com o próprio clima. Esta tendência começa a mudar, já que foi demonstrado que as interações entre a superfície e a atmosfera são tão significantes quanto complexas (Sellers, 1985). Segundo este autor, os principais modos pelos quais as plantas terrestres podem interagir com a atmosfera são os seguintes: ação da radiação incidente, troca auto-regulada de calor sensível e calor latente, transferência de momentum, e "efeito de atenuação" da interação entre a atmosfera e o solo exercido pela copa. A partição da energia disponível, expressa pela razão de Bowen, dada pelo quociente entre calor sensível e calor latente, depende do controle que as plantas mais altas da copa exercem sobre o montante de absorção de gás carbônico. O aumento (diminuição) da taxa de fotossíntese determina uma abertura maior (menor) dos estômatos e o conseqüente aumento (diminuição) da transpiração.

Qualquer decréscimo na taxa de evaporação é, então, compensado aproximadamente por um aumento da perda de calor sensível pela folha (Sellers, 1985).

O presente trabalho foi realizado com a finalidade de permitir uma melhor compreensão da ação desses mecanismos reguladores das trocas de energia no decorrer do dia, na Floresta Amazônica. Obtiveram-se informações sobre a variação da razão de Bowen no decorrer do dia, assim como comparados os valores do mencionado parâmetro, obtidos através de diferentes metodologias, para situações em que não houve precipitação durante a estação seca de 1984, na região de Manaus, Amazônia Central.

2 - DADOS EXPERIMENTAIS

O sítio experimental, pertencente ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, representativo da Floresta Amazônica de terra firme, está localizado na Reserva Florestal "Ducke", 25km a leste de Manaus, a 83m de altura na latitude de $2^{\circ}57'$ sul e longitude $59^{\circ}57'$ oeste. A altura média da copa florestal é de 35m, e os instrumentos de medida foram colocados em uma torre de alumínio de 45m de altura, construída conjuntamente pelo Instituto Hidrológico de Wallingford, pelo INPA e pelo INPE.

Os fluxos de momentum, calor sensível e evaporação foram medidos com um sistema "Hydra", desenvolvido no Instituto Hidrológico do Reino Unido, que compreende um anemômetro sônico vertical, um higrômetro infravermelho (banda $2,7\mu\text{m}$), um termopar e dois anemômetros de hélice "Gill" montados ortogonalmente no plano horizontal, situados a uma altura de 48,4m. Tais instrumentos encontram-se acoplados a um sistema microprocessador, o qual interroga os sensores a uma frequência de 10Hz.

As medidas de temperatura e umidade abaixo e acima da copa foram feitas com psicrômetros de cristal de quartzo, modelo DY-2850, fabricados pela Hewlett Packard. Eles foram calibrados na fá

brica com uma precisão de $0,02^{\circ}\text{C}$. Convencionou-se, neste trabalho, de signar como níveis 1, 2, 3 e 4, respectivamente, aqueles situados nas alturas de 35,69m; 39,33m; 41,04m e 44,66m acima da superfície do so to. Nestes níveis foram calculadas a temperatura potencial e a umidade específica do ar acima da copa.

Utilizaram-se dois saldo-radiômetros do tipo Funk pa ra medir saldo de radiação. Eles apresentaram sensibilidade de $0,85\text{mV}/\text{mWcm}^{-2}$ e foram colocados, sob condição de nivelamento de precisão, na extremidade de hastes de 3,5m de comprimento, orientadas aproximadamen te a 30° oeste e 30° leste (a partir da direção norte), de modo que a sombra da torre não interferisse nas medições.

Dispõe-se de um conjunto completo de quatro dias de dados de medidas de fluxos, durante os quais não houve precipitação, que corresponderam ao período de 21 a 24 de agosto de 1984. Os dados médios horários dos gradientes de temperatura e umidade específica cor responderam aos dias 21 e 22 de agosto do mesmo ano. As condições de pista não podem ser consideradas plenamente satisfatórias, pois a ra zão entre a altura da torre (45m) e a altura média das árvores (35m) não foi suficientemente elevada (3,5), o que faz com que as medições fossem realizadas dentro da região que Garratt (1980) intitulou de "ca mada de transição", na qual ainda são muito sentidos os efeitos de es teiras turbulentas provocadas por obstáculos. Por outro lado, a torre de 45m é cercada por porções aproximadamente homogêneas de floresta, num raio inferior a 3km, condição não totalmente satisfatória de acor do com os critérios de Bradley (1968). Maiores informações sobre medi ções dos fluxos e calibração dos instrumentos são discutidas por Shut tleworth et alii (1984b).

3 - ELEMENTOS TEÓRICOS

Nos processos energéticos de troca turbulenta que en volve a camada limite superficial da atmosfera, é de grande interesse conhecer a maneira pela qual a energia proveniente do saldo de radia ção R_n é distribuída ao atingir a superfície. Para simplificar os estu

dos de tais processos, fazem-se algumas suposições, as quais dificilmente são concomitantemente satisfeitas, a saber:

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

Além disso, desprezando gastos de energia por processos fotossintéticos e armazenamento de energia pela biomassa, obtém-se a equação do balanço de energia (Viswanadham and André, 1983):

$$R_n = \lambda E + H + S, \quad (1)$$

onde:

- R_n é o saldo de radiação;
- λE é o fluxo de calor latente;
- H é o fluxo de calor sensível;
- S é o fluxo de calor do solo.

A razão de Bowen, B_{mn} , a razão entre os fluxos de calor sensível e latente expressa por Bowen (1926) e Lindroth (1984) é dada por:

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

onde:

- c_p é o calor específico do ar seco a pressão constante ($J\ Kg^{-1}\ K^{-1}$);
- 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 ($m^2\ s^{-1}$);

$\partial\theta/\partial z$ é o gradiente vertical de temperatura potencial ($K m^{-1}$);
 $\partial q/\partial z$ é o gradiente vertical de umidade específica ($g Kg^{-1} m^{-1}$);
 m e n são os níveis em que as medidas foram feitas.

Considerou-se para a razão K_H/K_W o valor de 1,2 nas situações instáveis, em que $H > 0$, e de 0,8, nas situações estáveis, em condições próximas daquelas propostas por Lumley e Panofsky (1964).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Embora tenham sido coletados dados por mais de 30 dias, dispõe-se apenas de um conjunto completo de dados de quatro dias consecutivos, correspondentes a períodos sem precipitação: do dia 21 a 24 de agosto de 1984. Para estudar a variabilidade da partição do saldo de radiação pela copa da Floresta Amazônica, calcularam-se médias horárias da razão de Bowen, B , pelos dois seguintes procedimentos:

a) B calculado a partir da razão entre H (fluxo de calor sensível) e λE (fluxo de calor latente), ambos obtidos pelo método das covariâncias (Lumley e Panofsky, 1964):

$$B_{HY} = \frac{H}{\lambda E} = \frac{\rho c_p \overline{v' \theta'}}{\rho \lambda \overline{v' q'}} \quad (3)$$

onde:

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

ρ é a densidade do ar ($Kg m^{-3}$);

v' é a flutuação turbulenta de velocidade vertical ($m s^{-1}$);

θ é a flutuação turbulenta de temperatura potencial (K);

q' é a flutuação turbulenta de umidade específica ($g Kg^{-1}$);

(-) é o operador média em tempo.

- b) B calculado a partir da razão entre gradientes verticais de temperatura potencial e gradientes verticais de umidade específica dados pela razão (2).

Para analisar os resultados, apresenta-se na Figura 1 o gráfico da variação de \bar{B}_{HY} no decorrer do dia. Observa-se que a razão de Bowen média se manteve praticamente estável no período entre 09:00 e 15:00h. Após as 15:00h, \bar{B}_{HY} diminuiu até atingir um valor estável por volta das 22:00h. Este valor persistiu até às 06:00h do dia seguinte, quando experimentou uma acentuada variação até às 09:00h, conforme a Tabela 1. Estes resultados, todavia, não puderam ser comparados com outros obtidos acima de floresta tropical úmida dada a inexistência destes. Contudo, McCaughey (1985) ao estudar a variação diurna da razão de Bowen sobre uma floresta em Ontário, Canadá, encontrou um máximo para o valor deste parâmetro no período da manhã, depois do qual houve uma contínua diminuição dele. McCaughey considerou o resultado fisicamente inesperado e não chegou a explicá-lo satisfatoriamente. Isto poderia ser atribuído à presença de efeitos advectivos em Ontário, os quais não teriam ocorrido na Amazônia nos dias analisados.

Como diferenças consideráveis entre os dois experimentos, devem ser apontadas as seguintes: a) na Amazônia as características da copa florestal são tais que o fluxo de radiação para dentro do solo é praticamente nulo, ficando na ordem de grandeza de 1,2% do saldo de radiação (Shuttleworth et alii, 1984a); b) as condições de umidade da floresta Amazônica, muito elevadas, aproximam-se daquelas de saturação do vapor d'água.

Como tentativa de explicação da partição de energia da Floresta Amazônica nos períodos de transição do dia para a noite podem ser feitas algumas considerações, a saber:

- a) No início do dia, quando pode haver deposição de orvalho nas folhas que compõem o dossel da floresta, a maior fonte de energia disponível é usada preferencialmente para a evaporação do orvalho. Isto explicaria a tendência crescente de B_{HY}

entre 06:00 e 09:00h (Viswanadham and André, 1983). Por outro lado, dado os baixos valores de H neste intervalo de tempo, os efeitos advectivos devem ter um papel importante nas flutuações verificadas em H e λE .

- b) No final do dia verifica-se uma queda no valor de \bar{E}_{HY} , a qual pode ser atribuída aos valores cada vez menores de R_n deste período. Tal fenômeno se verifica em ocasiões em que os processos advectivos podem reduzir a queda do valor de H quando R_n já atingiu praticamente valores nulos. Nestas ocasiões, os processos de troca turbulenta se encarregam de transferir a maior parte da energia disponível para a evaporação em detrimento de H.

Com a finalidade de compreender como atuam os processos advectivos na partição de energia acima da copa e de comparar as estimativas da razão de Bowen feitas por dois métodos diferentes, são apresentados na Figura 2 os gráficos de B_{34} versus B_{HY} , B_{12} versus B_{HY} e de B_{34} versus B_{12} .

Os valores dos coeficientes angular e linear das retas, bem como o coeficiente de correlação r, são apresentados na Tabela 2.

Observando as Figuras 2a, b, c e examinando seus coeficientes angulares na Tabela 2, chega-se à conclusão que as diferenças entre B_{12} , B_{34} e B_{HY} são relativamente pequenas. Este resultado é muito interessante principalmente devido ao fato de as medidas dos gradientes terem sido feitas, provavelmente, dentro da região que Garratt (1980) intitulou de "camada de transição", na qual os perfis dependiam não apenas de z/L (onde z é a altura acima do solo e L é o comprimento de Monin e Obukhov), mas de uma escala de comprimento associada à geração de esteiras turbulentas pelos elementos de rugosidade da superfície. O coeficiente angular da reta B_{34} versus B_{12} sugere, contudo, alguma diferença entre os valores da razão de Bowen, calculados em diferentes níveis, o que não pode ser atribuído unicamente às limitações da teoria da similaridade (a qual admite que $K_H = K_W$), mas à própria existência da subcamada inercial, onde são feitas provavelmente

todas as medições. Todavia, Lindroth (1984), discutindo os resultados de medições de gradientes de temperatura e umidade acima de floresta esparsa de pinheiros na Suécia, salienta a existência de discrepância na medição de B a partir das medições de gradientes de θ e q ; até o momento não foi possível identificar as causas de tal distorção. Em estudos futuros procurar-se-á investigar as estimativas de H e de λE feitas a partir da razão de Bowen obtida por gradientes.

Finalmente, na Figura 3, são apresentados dados horários do gradiente de temperatura potencial entre os níveis 2 e 4 (associados, respectivamente, às alturas de 39,33m e 44,66) versus o saldo de radiação referentes aos dias 21 e 22 de agosto de 1984.

Comparando a Figura 3 com aquela apresentada por Lindroth (1984), chega-se à conclusão de que as duas são aproximadamente concordantes. A Figura mostra uma associação entre as condições de estabilidade térmica e o saldo de radiação. Na Floresta Amazônica, contudo, dado o valor desprezível do fluxo de calor no solo S pode-se assumir que o gráfico da Figura 3 exprime a associação entre a estabilidade térmica e a própria disponível, no caso, igual a R_n . Isto pode explicar a pequena diferença entre o gráfico da Figura 3 e aquele de Lindroth, a qual reside principalmente nas condições de leve estabilidade com R_n já negativo. Basicamente, quando $R_n > 0$, a energia solar é cedida à copa florestal que em parte é transformada (pelo aquecimento do ar próximo aos elementos de rugosidade) em energia convectiva, a qual impõe intensa mistura turbulenta, da qual resulta um gradiente de temperatura levemente negativo. Quando $R_n < 0$, o processo de troca radiativa é qualitativamente distinto. Nele domina a perda provocada pela emissão de radiação de onda longa pela superfície da copa florestal. Então, a temperatura da copa torna-se inferior à do meio circundante criando fortes gradientes verticais positivos de temperatura potencial próximo à superfície vegetada. Gera-se então um fluxo de calor sensível da atmosfera para a copa (negativo), e a mistura turbulenta é inibida pela estratificação estável da temperatura, fazendo com que os gradientes de temperatura

potencial continuam aumentando até quase o amanhecer.

5 - CONCLUSÕES

A partir dos resultados alcançados, chega-se às seguintes conclusões referentes aos dias 21, 22, 23 e 24 de agosto, durante os quais não houve precipitação:

- 1) As médias horárias para a razão de Bowen mantiveram-se no intervalo entre -1,50 e 0,40. Ela se conservou, em média, no patamar de 0,36 das 09:00 às 14:00h quando começou a declinar atingindo valores negativos a partir das 18:00h. Seus valores mínimos ocorreram, em média, entre 21:00 e 06:00h. Estes resultados não puderam ser comparados com outros obtidos acima de floresta tropical úmida dada a inexistência destes.
- 2) A constância do valor da razão de Bowen durante as horas do dia na forma de um patamar indica a existência de água disponível para evapotranspiração em qualquer ocasião da jornada diurna.
- 3) Os dois métodos de estimativa da razão de Bowen, o dos gradientes e o das covariâncias, apontaram resultados similares.
- 4) Os baixos valores dos gradientes verticais de temperatura potencial obtidos entre 39,33m e 44,66m e os elevados saldos de radiação verificados no período diurno indicaram a existência de atividade convectiva muito forte na Região Amazônica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a colaboração dos Drs. James Shuttleworth, Christopher J. Moore, John H. C. Gash, 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 Oli

veira Marques Filho, Gilberto Fernando Fisch, Maria Nazarê Gões Ribeiro e Mauro Januário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, ao Sr. José Carvalho de Moraes da Universidade Federal do Pará; ao Sr. Osvaldo M. R. Cabral da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA); ao Dr. Sukaran R. Patel da Universidade Federal da Paraíba, e ao Sr. Leandro Ferreira de Aguiar da Fundação Universidade do Amazonas, os quais integraram a parte brasileira do mencionado experimento. Aos Srs. José Carlos Rodrigues, Yoshihiro Yamazaki e ao Dr. Alberto Waingort Setzer pela revisão técnica e ao Dr. Carlos Afonso Nobre pelas críticas e sugestões apresentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOWEN, I. S., 1926. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. *Phys. Rev.*, 27:779-789.
- BRADLEY, E. F., 1968. A micrometeorological study of velocity profiles and surface drag in the region modified by change in surface roughness. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 94:361-379.
- GARRAT, J. R., 1980. Surface influence upon vertical profiles in the atmospheric near-surface layer. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 106:803-819.
- LINDROTH, A., 1984. Gradient distribution and flux profile relations above a rough forest. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 110:553-563.
- LUMLEY, J. L.; PANOFSKY, H. A., 1964. The structure of atmospheric turbulence. Willey, N. York.
- McCAUGHEY, J. H., 1985. A radiation and energy balance study of mature forest and clear-cut sites. *Boundary-Layer Meteorology*, 32:1-24.
- MOLION, L. C. B., 1985. A interação floresta-clima. *Ciência Hoje*, 3, 17:14, março/abril.
- MOLION, L. C. B.; KOUSKY, V. E., 1985. Climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia. INPE-3560-RPE/480.
- NOBRE, C. A., 1984. The Amazon and climate. INPE-2999-RPE/451.
- SELLERS, P. J., 1985. Do the flowers bring the showers? *Work in Progress*, 9, 2:9..
- 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., 1964, (a) Observations of radiation exchange above and below Amazonian Forest. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 110: 1163-1169.
- , 1984(b). Eddy correlation measurements of Energy Partition for Amazon Forest. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 110:1143-1162.

- VIRJI, H., 1981. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*, 109:599-610.
- VISWANADHAM, Y. e ANDRÉ, R.G.B., 1983. Energy balance of soybeans grown in Brazil. *Arch. Met. Geoph. Biocl., Ser. B*, 33:141-157.

TABELA 1

VALORES MÉDIOS HORÁRIOS DA RAZÃO DE BOWEN \bar{B}_{HY}

HORA	\bar{B}_{HY}
0	- 1,30
1	- 1,50
2	- 1,35
3	- 1,06
4	- 1,34
5	- 1,41
6	- 0,65
7	- 0,05
8	0,27
9	0,36
10	0,36
11	0,34
12	0,36
13	0,36
14	0,33
15	0,27
16	0,16
17	- 0,10
18	- 0,59
19	- 0,78
20	- 0,91
21	- 0,85
23	- 0,88

TABELA 2

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS ASSOCIADOS ÀS REGRESSÕES LINEARES

X	Y	COEF. LINEAR	COEF. ANGULAR	r
B_{HY}	B_{12}	- 0,26	1,07	0,83
B_{HY}	B_{34}	- 0,13	1,09	0,87
B_{12}	B_{34}	0,10	0,84	0,90

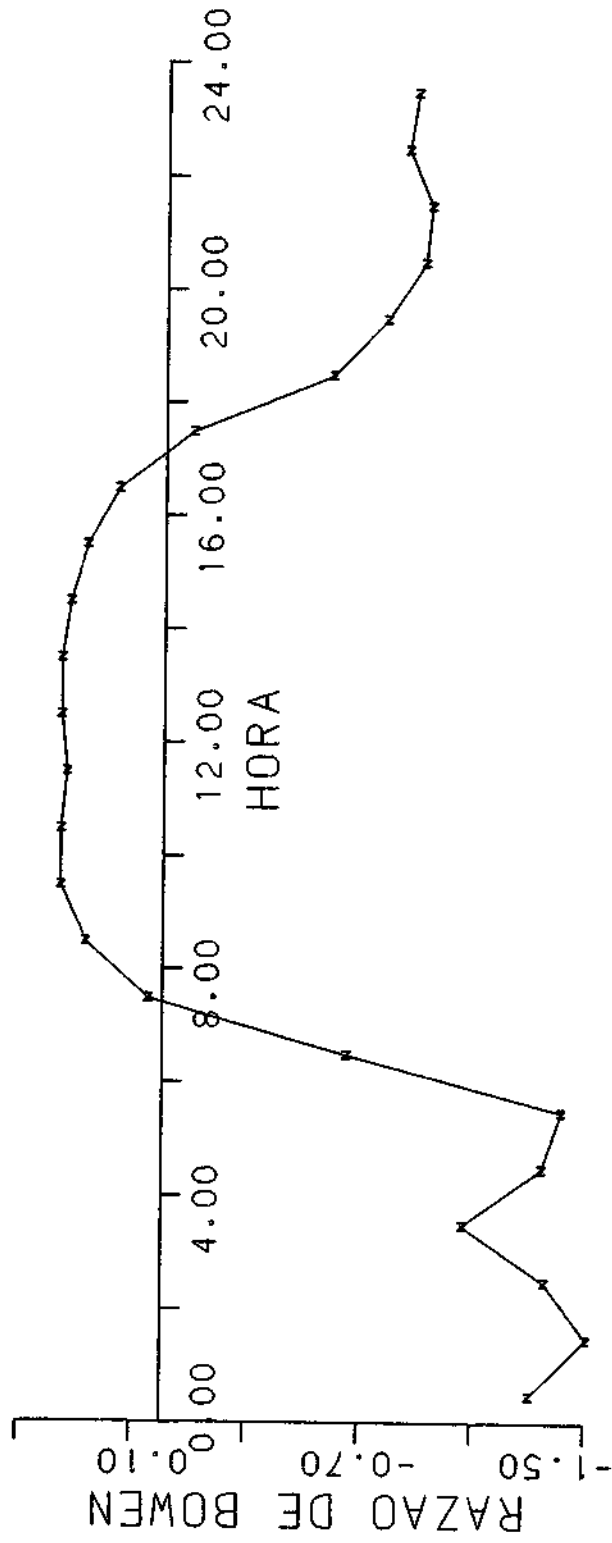


Fig. 1 - Variação diurna da média da razão de Bowen.

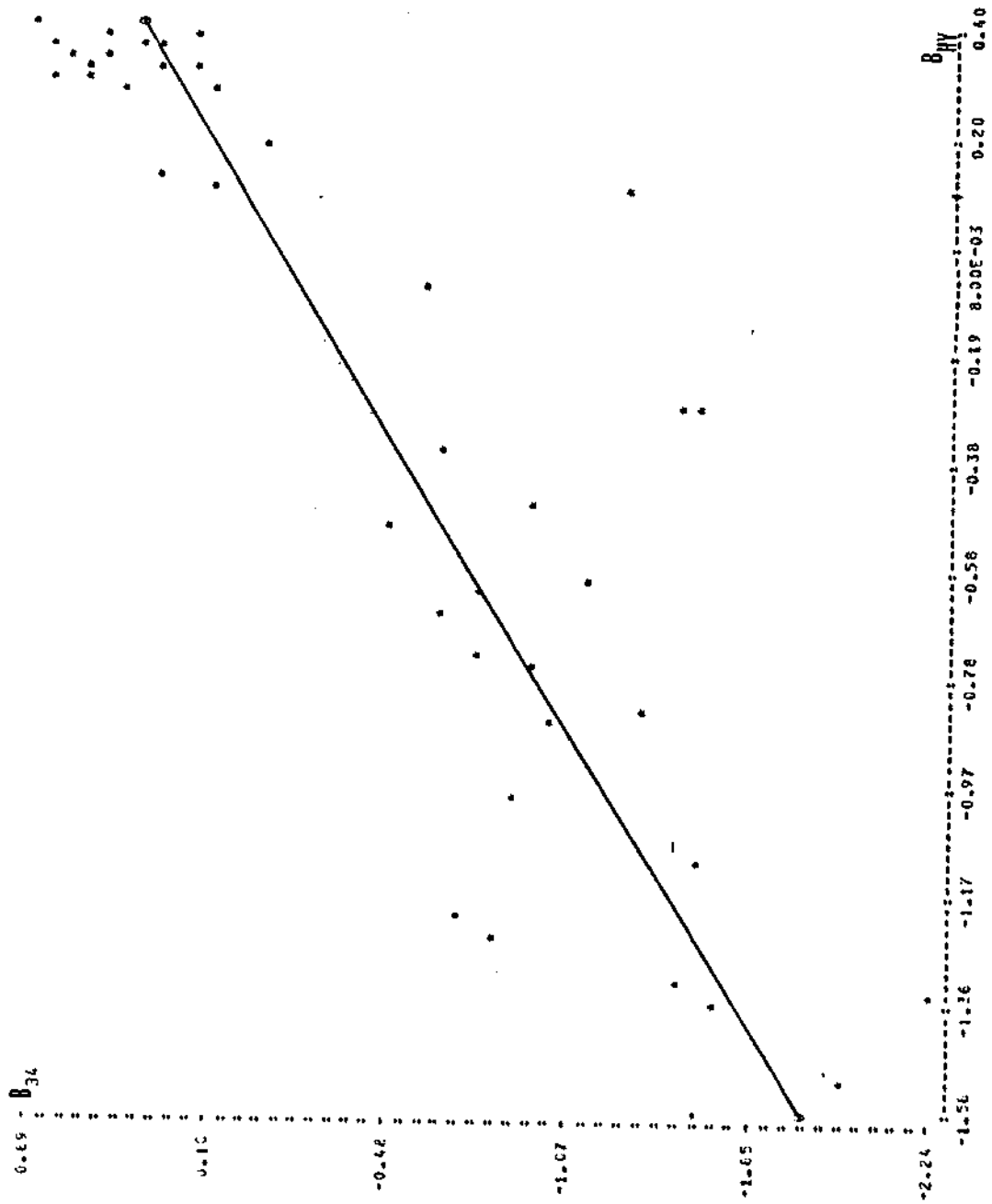


Fig. 2a - Comparação entre razão de Bowen calculada pelo método dos gradientes (B_{34}) e das covariâncias (B_{Hy}). B_{34} corresponde aos níveis 3 e 4.

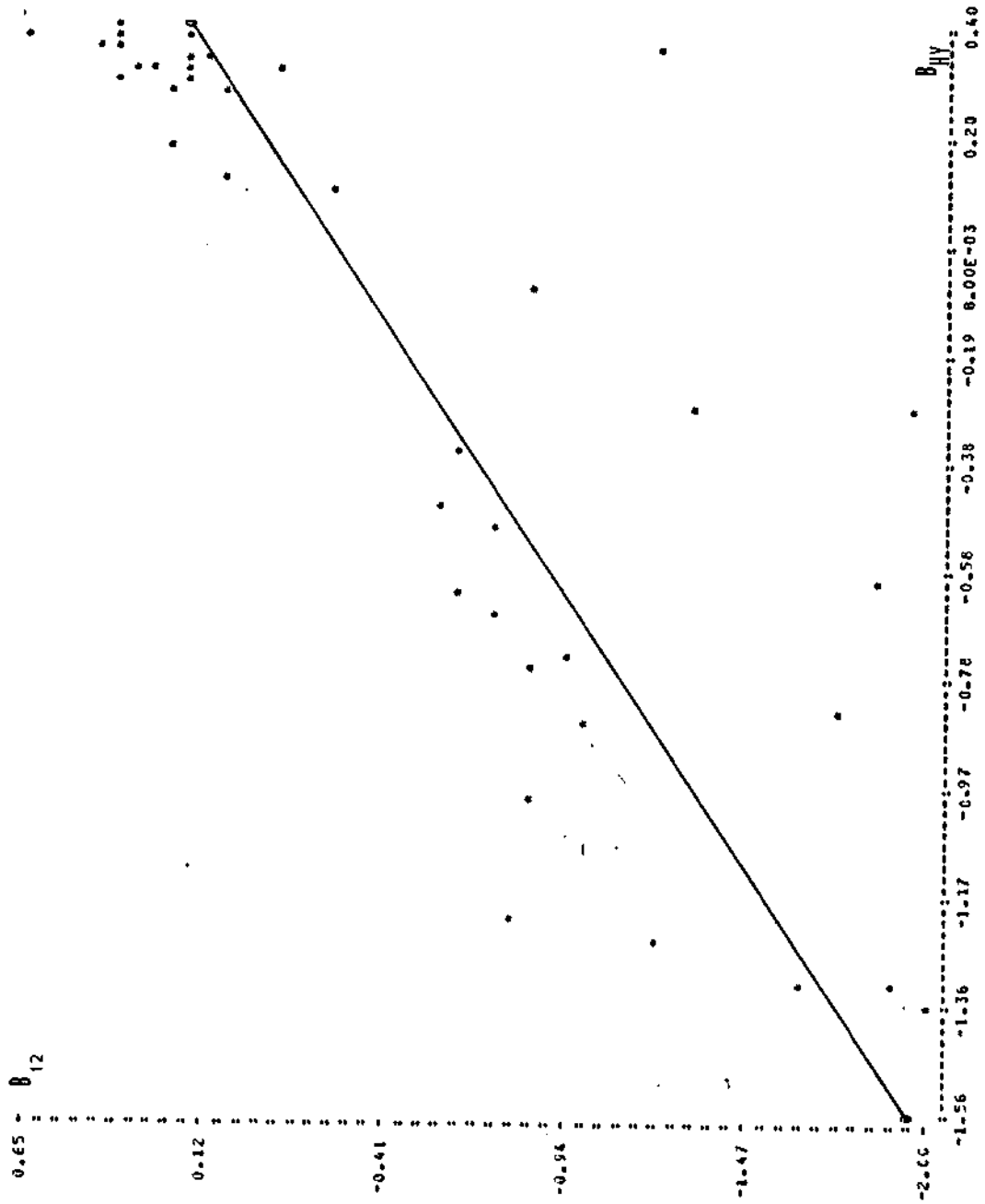


Fig. 2b - Comparação entre razão de Bowen calculada pelo método dos gradientes (B_{12}) e das covariâncias (B_{Hy}). B_{12} corresponde aos níveis 1 e 2.

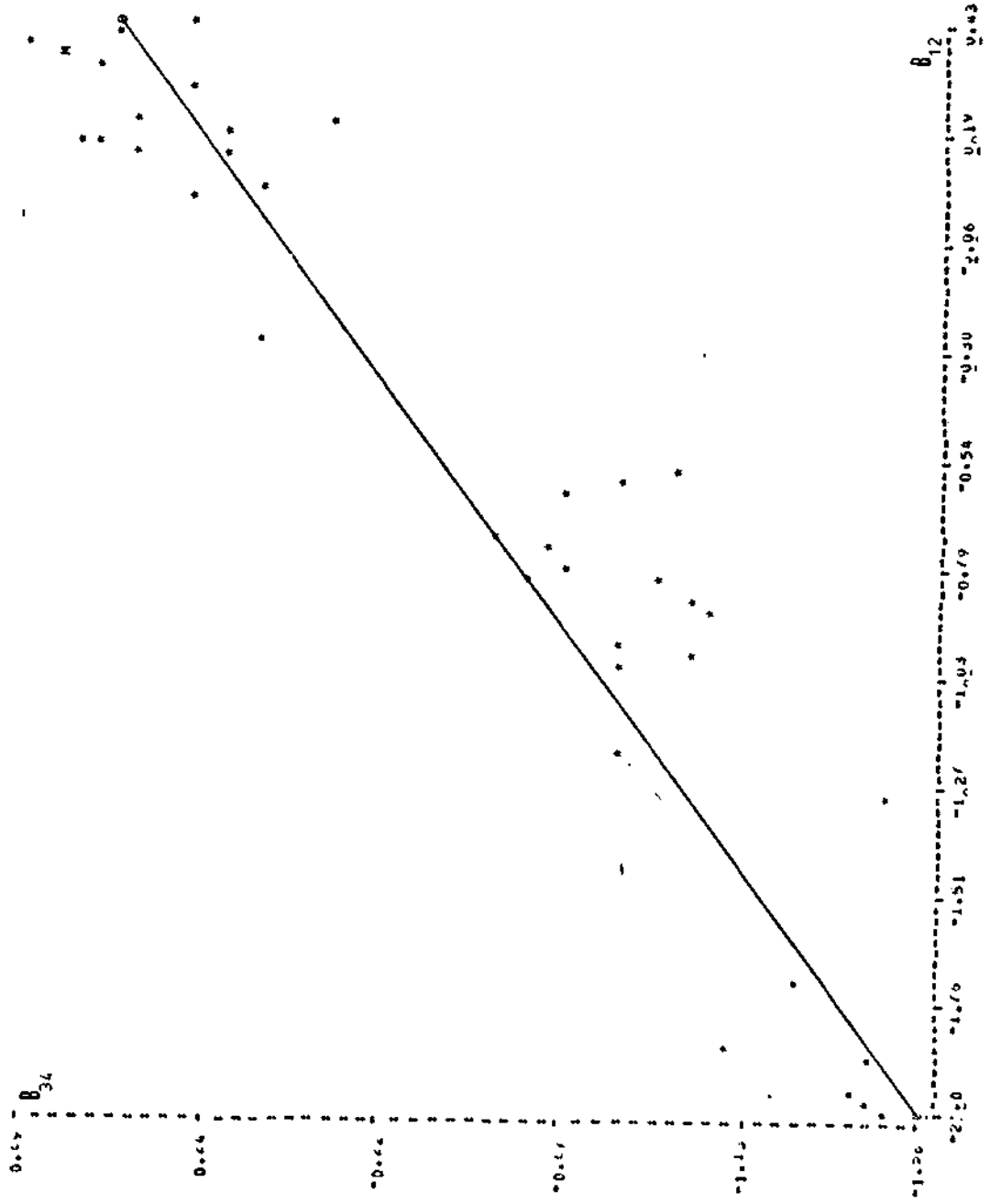


Fig. 2c - Comparação entre razões de Bowen calculadas pelo método dos gradientes para diferentes níveis.

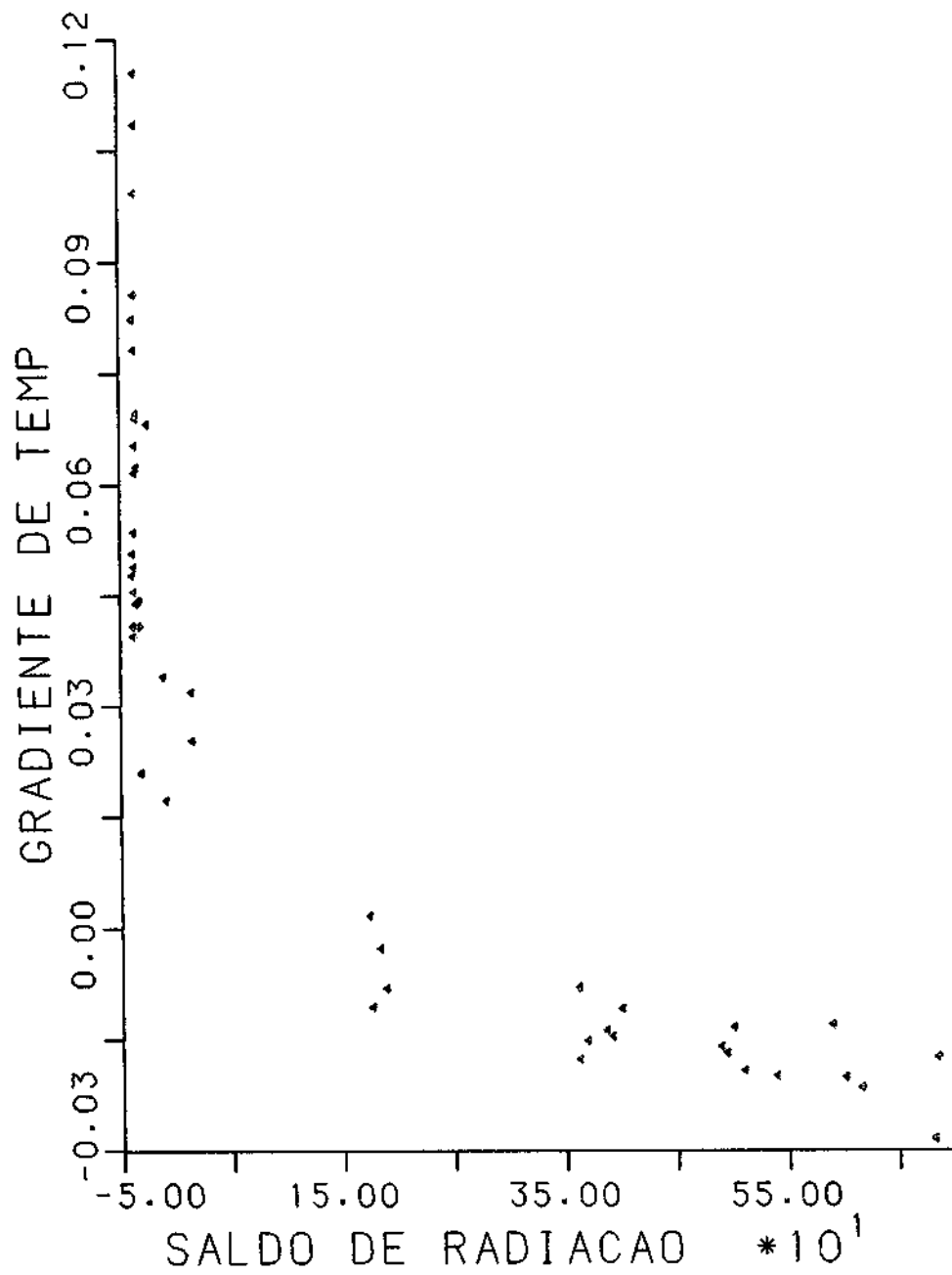


Fig. 3 - Relação entre saldos de radiação e gradientes verticais de temperatura potencial.

•
• •

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.
- BRADLEY, E. F. A micrometeorological study of velocity profiles and surface drag in the region modified by change in surface roughness. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 94:361-379, 1968.
- GARRATT, J. R. Surface influence upon vertical profiles in the atmospheric near-surface layer. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 106:803-819, 1980.
- LINDROTH, A. Gradient distribution and flux profile relations above a rough forest. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 110:553-563, 1984.
- LUMLEY, J. L.; PANOFSKY, H, A. *The structure of atmospheric turbulence*. New York, Wiley, 1964.
- MCCAUGHEY, J. H. A radiation and energy balance study of mature forest and clear-cut sites. *Boundary-Layer Meteorology*, 32:1-24.
- MOLION, L. C. B. A interação floresta-clima. *Ciência Hoje*, 3(17):14, mar/abr, 1985.
- MOLION, L. C. B.; KOUSKY, V. E. *Climatologia da dinâmica da troposfera sobre a Amazônia*. São José dos Campos, INPE, 1985 (INPE)-3560-RPE/480).
- NOBRE, C. A. *The Amazon and climate*. São José dos Campos, INPE, 1984 (INPE-2999-PRE/451).
- SELLERS, P. L. Do the flowers bring the showers? *Work in Progress*, 9, 2:9.
- SHUTTLEWORTH, W. L.; GASH, J. H. L.; LLOYD, C. R.; MOORE, C. J.; ROBERTS, J.; MARQUES FILHO, A. O.; FISH, 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. Observations of radiation exchange above and below Amazonian Forest. *Quarterly Journal Royal Meteorological Society*, 110:1163-1169, 1984a

- VIRJI, H. A preliminary study of summertime tropospheric circulation patterns over South America estimated from cloud winds. *Monthly Weather Review*, 109:559-610, 1981.
- VISWANADHAM, Y.; ANDRÉ, R. G. B. Energy balance of soybeans grown in Brazil. *Archiv für Meteorologie, Geophysik un Bioklimatologie*, série B, 33:141-157, 1983.