

ISSN 0104-1347

Balanço de energia da *Crotalaria juncea* L. no período seco e no período úmido do ano, em condições de cerrado

Energy balance of *Crotalaria juncea* L. in dry and wet seasons in savanna conditions

Mauro Massao Shiota Hayashi¹, José Holanda Campelo Júnior², Nicolau Priante Filho³,
José de Souza Nogueira³ e George Louis Vourlitis⁴

Resumo - O objetivo do presente trabalho foi determinar o balanço de energia da cultura da Crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), no período seco e no período úmido, em condições de cerrado, utilizando o método da razão de Bowen. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, nas proximidades do marco de 15°47'11" de latitude Sul e 56°04'47" longitude Oeste e altitude de 95,1m acima do nível do mar, em Santo Antônio do Leverger, distante 33km de Cuiabá, MT. Foram realizadas ao longo de dois ciclos de cultura, coletas de amostras de plantas para acompanhar o desenvolvimento da cultura e efetuadas medidas de saldo de radiação, de fluxo de calor no solo e de temperaturas dos bulbos secos e dos bulbos úmidos, a três níveis de altura acima do dossel. Os componentes do balanço de energia foram estimados pelo método da razão de Bowen aplicado a três alturas de medida de temperatura e umidade do ar (níveis 1, 2 e 3 acima do dossel). Os resultados obtidos demonstraram que as estimativas de fluxo de calor latente obtidas entre os níveis 1 e 2 foram validadas, ou pelas estimativas obtidas entre os níveis 1 e 3, ou pelas obtidas entre os níveis 2 e 3. O saldo de radiação foi usado principalmente como calor latente em proporções que foram afetados pela disponibilidade de água no solo e pelas condições meteorológicas regionais.

Palavras-chave: evapotranspiração, razão de Bowen, cerrado.

Abstract - The objective of the present work was to determinate the energy balance of (*Crotalaria juncea* L.) in dry and wet seasons, in savanna conditions, using the Bowen ratio method. The experiment was conducted in Experimental Farm of the Federal University of Mato Grosso, near the geographical coordinates of South latitude 15°47'11 " , longitude West 56°04'47 " and altitude 95.1m above of the sea level, located in Santo Antônio do Leverger, 33km from Cuiabá, MT (Brazil). In the two crop growth periods, plants samples were collected to determinate the crop development, and were measured net radiation, soil heat flow and dry and wet temperatures, at 3 different levels (1, 2 e 3 above canopy). The components of the energy balance were obtained by the Bowen ratio method applied to three temperatures and humidities measure levels. The results showed that the latent heat fluxes estimated between levels 1 and 2 were validated by estimates between 1 and 3, or 2 and 3. The net radiation was mostly used for latent heat. The portion of net radiation used for latent heat was affected by the available soil water and by regional weather conditions.

Key words: evapotranspiration, Bowen ratio, savanna.

¹Engenheiro Eletricista, Núcleo de Tecnologia em Armazenagem/FAMEV/UFMT.

²Professor Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Rural/FAMEV/UFMT.

³Professor Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Rural/FAMEV/UFMT.

⁴Professor Adjunto, Departamento de Solos e Engenharia Rural/FAMEV/UFMT.

Introdução

A expansão da área ocupada pela agricultura na região do cerrado tem acarretado o surgimento de áreas que, após alguns anos de uso, podem se degradar e, muitas vezes, são abandonadas por se tornarem improdutivas. A recuperação das áreas degradadas pode ser feita através da adubação verde, buscando não apenas a reposição dos elementos como o nitrogênio, o fósforo e o potássio, como também a melhoria das propriedades físicas do solo, como a permeabilidade e a estabilidade de agregados, aumentando a resistência à erosão.

Entre as espécies de plantas que podem ser utilizadas como adubo verde, a crotalária (*Crotalaria juncea* L.) é uma espécie adaptada à região do cerrado (CAMPELO JÚNIOR & SANTOS, 2001). Entre as vantagens da utilização desta leguminosa como adubo verde, destaca-se o grande potencial de produção de massa verde com alto teor de Nitrogênio, que é de fácil incorporação ao solo e decomposição. Além disso, pelas suas características fisiológicas, a crotalária é de crescimento rápido suficiente para vencer a competição com as ervas daninhas, mas não é invasora da cultura seguinte (ARANTES *et al.*, 1995).

A eficácia da crotalária como adubo verde depende essencialmente da produção de biomassa pela planta nas condições da região (WUTKE *et al.*, 1993). Portanto, assim como para as demais culturas, a disponibilidade de água no solo para as plantas suprirem a demanda evaporativa atmosférica deve ter um papel fundamental para a crotalária (DOORENBOS & KASSAN, 1979).

A radiação solar interceptada por um cultivo e ainda, o saldo do balanço de radiação na cultura, desempenham um papel fundamental no microclima em que as plantas crescem, determinando qual a energia disponível para os processos fisiológicos associados com a produção de biomassa, como a evapotranspiração.

O saldo de radiação, ao longo do ano para culturas agrícolas desenvolvidas na região do cerrado, é relativamente estável, quando comparado ao de outras regiões. Entretanto, a distribuição da energia disponível incluindo o montante utilizado na evapotranspiração pode estar sujeita a oscilações significativas, em função da existência de um período seco e um período úmido, característicos do cerrado.

No Brasil, diversos estudos sobre o balanço de energia das culturas vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de procurar descrever o microclima em que são cultivadas, e buscar um maior entendimento dos processos que afetam a produção (VILLA NOVA, 1973; CAMPELO JÚNIOR, 1978; CUNHA *et al.*, 1993; CUNHA & BERGAMASCHI, 1994; ALVES *et al.*, 1998).

O presente trabalho teve como objetivo determinar as proporções em que o saldo de radiação é distribuído ao longo do ciclo da cultura da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), na época seca e na época chuvosa, em condições de cerrado.

Material e métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Federal de Mato Grosso, situada no município de Santo Antônio do Leverger - MT, distante 33km de Cuiabá - MT. O solo da área foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo Eutrófico (Alfisol).

Foram analisados dois cultivos de crotalária sendo um em período seco e sem irrigação complementar às chuvas (entre 10/03/00 e 08/06/00) e outro em um período com irrigação complementar às chuvas (entre 13/09/00 e 18/11/00). A irrigação no segundo cultivo foi realizada por aspersão, aplicando-se uma dose de 30mm sempre que a umidade do solo medida a 0,15m estivesse abaixo de 10%, com base na massa seca (metade da capacidade de armazenamento do solo nessa profundidade).

O preparo do solo da cultura nos dois cultivos consistiu de roçagem, aração profunda, duas gradagens e abertura dos sulcos.

As sementes foram realizadas em 30/03/00 e em 13/09/00, respectivamente, com espaçamento entre linhas de 0,5m e 20 sementes por metro linear numa área de 30m x 130m.

O crescimento da cultura foi acompanhado ao longo do experimento, por amostragem da altura das plantas, área foliar e peso da matéria seca acumulada em raízes, caules, folhas e órgãos reprodutivos. As amostras foram coletadas aleatoriamente, e consistiram de todas as plantas existentes em uma parcela de 1,0m² na área de cada época de semeadura. As amostragens foram realizadas quinzenalmente ou nos dias de medição das condições micrometeorológicas.

Para a determinação da área foliar das plantas foi separada uma sub-amostra de folhas na qual se obteve, em separado, a matéria seca e a área foliar. A área foliar total foi estimada como o resultado do produto de dois fatores: matéria seca total das folhas e relação área/matéria seca das folhas da sub-amostra. A área foliar da sub-amostra foi obtida com as medidas de comprimento e maior largura das folhas e uma equação de regressão determinada previamente entre a área foliar (obtida por integração numérica a intervalos de 1,0cm) e o produto comprimento x maior largura das folhas.

As condições macrometeorológicas do local foram acompanhadas diariamente, através das observações de rotina, obtidas na Estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remetter, localizada a aproximadamente 1500m do local de semeadura, com coordenadas geográficas de 15°47'11" de latitude Sul e 56°04'47" de longitude Oeste e altitude 95,1m acima do nível do mar.

Os dados micrometeorológicos foram coletados em cinco dias diferentes em cada ciclo da cultura, com sensores instalados em três níveis acima do dossel, em um mastro de 4m de altura. Os níveis de medida 1, 2 e 3, utilizados em todos os dias de observação, corresponderam a 0,1m, 0,5m e 1,0m acima do dossel da cultura, respectivamente.

Para a coleta e armazenamento dos dados, foram utilizados um Datalogger ELE modelo MM900, três psicrômetros com sensores de fio de platina, um Saldo-Radiômetro, instalados acima do dossel da cultura e um Fluxímetro de calor no solo a 2cm de profundidade, a 1,0m do mastro.

As calibrações dos psicrômetros foram efetuadas em relação a um psicrômetro construído com termopares de cobre-constantan.

Os dados micrometeorológicos instantâneos foram coletados a cada minuto, e as médias foram calculadas para cada 30 minutos.

A partir dos valores de saldo de radiação, fluxo de calor no solo e das temperaturas dos bulbos seco e úmido, medidas nas três alturas acima do dossel, procedeu-se o cálculo da razão de Bowen e dos valores dos componentes do balanço de energia.

A razão de Bowen foi determinada utilizando-se a equação:

$$b = \left(\frac{s + \gamma}{\gamma} \cdot \frac{\Delta T_u}{\Delta T} - 1 \right)^{-1} \quad (1)$$

onde: s é a tangente à curva de pressão de vapor saturante; γ é a constante psicrométrica; ΔT é a diferença de temperatura do bulbo seco, entre dois níveis de medida; ΔT_u é a diferença de temperatura do bulbo úmido, entre dois níveis de medida;

O fluxo de calor latente (LE) foi obtido a partir da equação:

$$LE = \frac{R_n - G}{1 + b} \quad (2)$$

onde: R_n é o saldo de radiação de onda curta e de onda longa; G é a densidade de fluxo de calor no solo.

O fluxo de calor sensível (H) foi obtido a partir da equação:

$$H = R_n - G - LE \quad (3)$$

Os fluxos de calor sensível e latente foram determinados pelo método de Bowen, considerando-se os gradientes obtidos entre as alturas 1 e 2, 1 e 3 e 2 e 3, de modo a permitir a verificação da consistência dos resultados.

Resultados e discussão

A crotalaria semeada em 30/03/2000 iniciou o florescimento em 15/05/2000, com apenas 45 dias após o plantio. Para as plantas do cultivo iniciado em 13/09/2000 o florescimento não ocorreu até 12/12/2000, com uma idade duas vezes maior do que na primeira semeadura. Provavelmente essa diferença se deve ao comportamento fotoperiódico da cultura, face às variações de comprimento do dia ao longo dos dois ciclos (WUTKE et al. 1993). CAMPELO JÚNIOR (1998) obteve resultados semelhantes para o ciclo da crotalaria em cultivo irrigado conduzido no mesmo local.

A produção de biomassa do cultivo iniciado em 30/03/2000 foi de 4,5t de matéria seca/ha, em contraste com a produção de 8,0t de matéria seca/ha obtida na segunda semeadura.

As condições pluviométricas entre a semeadura e a última observação nos dois ciclos de cultivo estão representadas na Figura 1. Nota-se, a partir desta

figura, que, para o primeiro ciclo, as duas maiores precipitações ocorreram logo após a semeadura, mas a precipitação foi diminuindo ao longo do período do primeiro cultivo, perfazendo um total de 50mm nos 69 dias em que a cultura foi observada nesse período. A irrigação efetuada no cultivo iniciado em setembro resultou na aplicação de três doses de rega, de 30mm cada uma. Além disso, a precipitação registrada nas proximidades, nos primeiros 69 dias foi de 372,9mm.

PACHECO (2000) obteve na mesma área experimental, entre setembro e dezembro do ano anterior, o equivalente a 13,6t/ha nos primeiros 70 dias de cultivo de crotalária. O consumo de água da crotalária medido, durante os primeiros 69 dias de cultivo, no mesmo local, a partir de setembro de 1998, foi equivalente a 232,8mm.

CAMPELO JÚNIOR (1999) registrou produção de biomassa pela crotalária nos primeiros 69 dias, de 18t/ha e de 9t/ha cultivada sem irrigação, a partir do início de outubro, e do início de novembro de 1988, respectivamente, no mesmo local. Em ambos os casos, a precipitação acumulada nesses primeiros 69 dias foi superior a 200mm.

Desse modo, no presente estudo, além das limitações ao crescimento decorrentes do floração de plantas mais novas, a deficiência hídrica deve ter sido a principal causa de restrição ao crescimento da crotalária semeada no final de março.

Assim sendo, a comparação com outros resultados obtidos no mesmo local evidenciam que a matéria seca produzida pela cultura na primeira semeadura realizada no presente estudo, foi reduzida

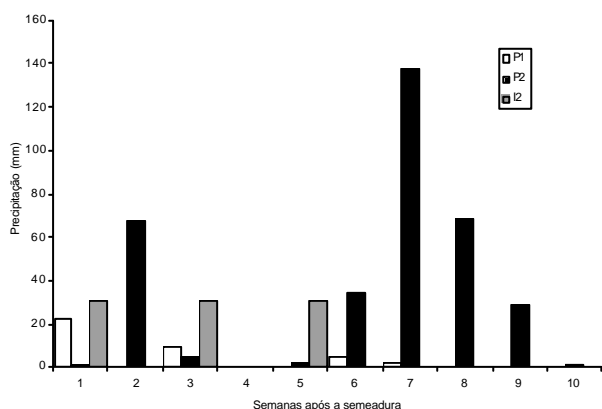


Figura 1. Precipitação (P) e irrigação (I) durante o cultivo da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), na Fazenda Experimental da UFMT, em Santo Antônio do Leverger, em 2000, (período seco=1; período úmido=2).

pela deficiência hídrica. No segundo ciclo, o crescimento da cultura não deve ter sido afetado significativamente por deficiência hídrica.

Em 28/04/00, após 28 dias da semeadura, foram efetuadas as primeiras medições micrometeorológicas no primeiro cultivo na área experimental. Nesse primeiro cultivo, essas medições foram repetidas nas datas de 10/05/00, 20/05/00, 27/05/00 e 08/06/00, compreendendo apenas uma medição na fase vegetativa e quatro medições na fase reprodutiva da cultura.

Nos dias em que se procederam essas medições, as condições macrometeorológicas se caracterizaram como dias de pouca ou nenhuma nebulosidade e as observações foram conduzidas somente no período diurno. Em consequência disso, o saldo de radiação acumulado nesses dias variou entre 8,9 e 11,8MJ/m².dia. No dia 20/05/2000 a temperatura máxima foi de 26,7°C e a mínima foi de 14,6°C, um dia relativamente frio no local. Nos outros dias, prevaleceram as condições diárias típicas da época de cultivo agrícola na região, com máximas entre 35,5 e 32,9°C e mínimas de 21,6 a 18,3 °C, com uma tendência geral de redução ao longo do tempo de observação.

O fluxo de calor no solo registrado em todos os dias no decorrer do estudo se mostrou predominantemente descendente, representando uma perda efetiva de energia do sistema nos períodos de observação.

O primeiro dia de medição foi nublado apenas no início da manhã e ao meio dia. A cultura apresentou uma altura média de 0,5m, estando em fase de crescimento. Nesse dia, os fluxos de calor latente estimados entre os níveis 1 e 2 e entre os níveis 1 e 3, apresentaram a mesma tendência, não diferindo significativamente entre si pelo teste t com dados pareados. Entretanto, considerando o mesmo critério estatístico, os fluxos estimados entre os níveis 2 e 3 se mostraram diferentes, mostrando-se superiores aos outros no período da manhã e inferiores no período da tarde (Tabela 1).

No interior da camada limite, os gradientes diminuem à medida que aumenta a distância da superfície, enquanto que os coeficientes de difusão diminuem no mesmo sentido, de modo a manter os fluxos constantes. Como as estimativas do calor latente entre os pontos 1 e 2 e entre os pontos 1 e 3 foram semelhantes, é possível admitir que, quando os gra-

Tabela 1 Resultados do teste t para dados pareados aplicado a valores de fluxo de calor latente (LE) estimados através do método da razão de Bowen, a cada 30 minutos, usando diferenças de temperatura e umidade médias obtidas a 0,1, a 0,5 e a 1,0 m acima do dossel (níveis 1, 2 e 3), na cultura da crotalária, ao longo de dois ciclos de cultivo.

Dia	$N_{1,2,3}$	$N_{1,2}$	$N_{1,3}$	$N_{2,3}$	N	t
28/04/00	23	23	23	-	23	0,93
10/05/00	23	23	23	-	23	0,17
20/05/00	22	22	22	-	22	1,33
27/05/00	21	12	5	7	12	0,33
08/06/00	22	22	11	11	22	1,44
09/10/00	18	18	18	-	18	1,46
10/10/00	16	16	16	-	16	1,45
27/10/00	12	10	7	3	10	0,87
08/11/00	18	15	15	-	15	0,29

$N_{1,2,3}$ =Número total de estimativas de LE obtidas ao longo do dia, a cada dois níveis.

$N_{1,2}$ =Número de estimativas validadas no intervalo entre os níveis 1 e 2.

$N_{1,3}$ =Número de estimativas do intervalo entre os níveis 1 e 3 usadas para validação.

$N_{2,3}$ =Número de estimativas do intervalo entre os níveis 2 e 3 usadas para validação.

N=Número de pares de valores considerado para aplicação do teste t

*significativo ao nível de 5% de probabilidade.

dientes foram obtidos entre o ponto mais próximo da superfície e qualquer um dos outros dois pontos de medida, eles refletiram as condições da cultura. Quando esses gradientes foram obtidos com os dados dos dois pontos mais distantes da superfície eles se mostraram menores e portanto mais sujeitos a erros inerentes às próprias medidas. Além disso, os dados obtidos nos pontos mais altos acima do dossel poderiam estar fora da camada limite da crotalária (relações de 1:30 e 1:14, respectivamente, entre a altura do sensor e a distância da bordadura). Nesse caso, eles estariam refletindo características de uma camada de transição associada às superfícies vizinhas ou praticamente não apresentam variações com a altura. É importante também salientar que, em alguns momentos, os valores das razões de Bowen calculados entre os níveis 2 e 3 para o dia 28/04/00 foram inferiores a -0,5, que foi o limite de confiança sugerido por PEREIRA et al.(1997).

Considerando que as estimativas de LE com base nos gradientes entre 1 e 2 e entre 1 e 3 não apre-

sentaram diferenças estatisticamente significativas, é possível inferir que, nas condições do presente estudo, as limitações de altura de medida impostas pela extensão da superfície podem ser flexibilizadas, desde que se assegure que a primeira altura obedeça à proporção 1:50 e a segunda não ultrapasse 1:14. Além disso, é importante levar em consideração que as duas estimativas independentes podem ser usadas como validação dos resultados alcançados.

A Figura 2a apresenta os fluxos de energia em 28/04/00, calculados a partir das diferenças entre os níveis 1 e 2. Nota-se nesta figura que os fluxos de calor latente foram sistematicamente maiores que os de calor sensível, perfazendo cerca de 63% do saldo de radiação acumulado no dia, de modo similar aos resultados obtidos em outros trabalhos realizados sobre o balanço de energia de uma área agrícola.

Os resultados obtidos para os valores dos fluxos de calor latente para o dia 10/05/00 se mostraram semelhantes àqueles obtidos em 28/04/00. A cultura apresentava uma altura média de 1,10m e em início da fase de floração. Os resultados do teste t com dados pareados indicaram diferenças significativas entre os valores calculados com os gradientes obtidos entre os pontos 1 e 2 e entre os pontos 1 e 3 (Tabela 1). Os valores da razão de Bowen calculadas para esse dia podem ser a causa desse comportamento, pois somente os resultados obtidos a partir das diferenças entre os níveis 1 e 2 apresentaram valores de razão de Bowen superiores a -0,5 (PEREIRA et al., 1997).

A Figura 2b apresenta as densidades dos fluxos de energia em 10/05/00, calculadas a partir das diferenças entre os níveis 1 e 2. Nota-se nesta figura que os fluxos de calor latente foram sistematicamente maiores que os de calor sensível. Desconsiderando-se os valores do final da tarde, nos quais a razão de Bowen foi inferior a -0,5, o calor latente correspondeu a aproximadamente 69% do saldo de radiação acumulado ao longo do período de registro nesse dia.

A cultura apresentava uma altura média de 1,40m estando em fase de floração. O solo apresentava uma umidade de 3,10% (em massa).

As estimativas de LE no dia 10/05/00 se mostraram semelhantes àquelas do dia 28/04/00, ao se comparar os valores calculados a partir de todas as combinações possíveis entre as três alturas de medida empregadas. Os valores estimados a partir das diferenças entre os níveis 1 e 2 e 1 e 3 não apresentaram diferenças significativas entre si.

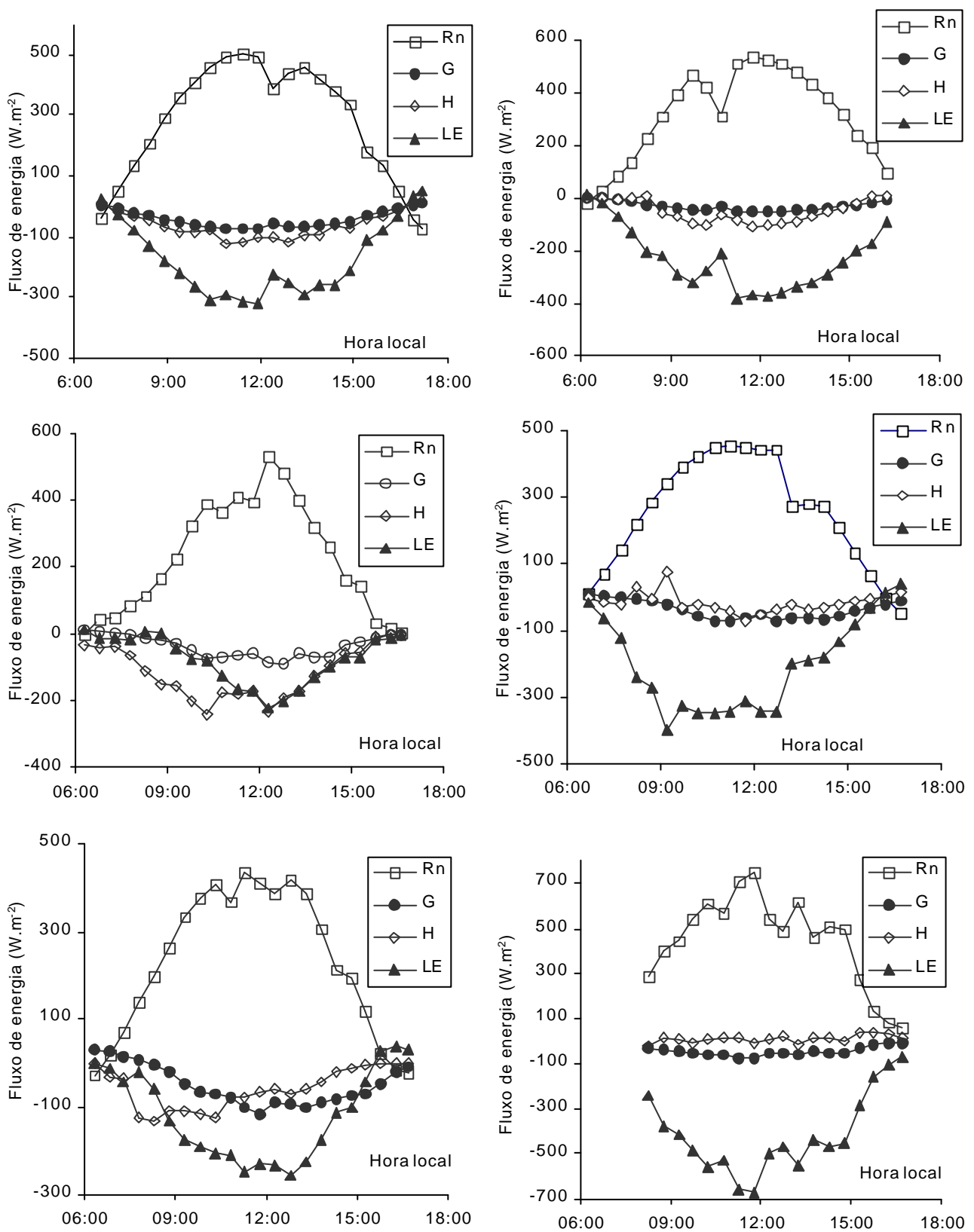


Figura 2. Fluxos de energia de saldo de radiação (Rn), calor latente (LE), sensível (H) e para o saldo (G) em 28/04/00 (a), 10/05/00 (b), 20/05/00 (c), 27/05/00 (d), 08/06/00 (e), e 09/10/00 (f), na cultura da crotalaria (*Crotalaria juncea* L.), cultivada na Fazenda Experimental da UFMT, em Santo Antônio do Leverger, em 2000.

O dia 20/05/00 fez parte de uma série de quatro dias em que a região do experimento se encontrava sob o domínio de uma massa polar. A entrada da massa polar ocorreu no dia 17, quando a velocidade do vento aumentou e a direção foi Sul praticamente constante, e a pressão barométrica apresentou um aumento de aproximadamente 6mb em relação às semanas anteriores e posteriores. O brilho solar que, desde o dia anterior de observação micrometeorológica (10/05), foi igual ou superior a 8,8 horas de brilho solar, caiu para zero no dia 17/05 e subiu para 7,7 horas no dia 18/05 e valores praticamente nulos nos dias seguintes. As temperaturas mínimas registradas diariamente na estação Agroclimatológica Padre Ricardo Remetter foram diminuindo dia após dia, desde 17/05, até alcançar 12,6°C no dia 19/05, elevando-se em seguida progressivamente, até alcançar 18,5°C no dia 23/05.

Assim sendo, em função das condições meteorológicas regionais, o dia 20/05/00 foi um dia caracteristicamente de aquecimento do ar. Nessas condições, os gradientes de temperatura do ar aumentaram significativamente, em função da temperatura do ar além da camada limite superficial existente sobre o dossel. Provavelmente essa foi a principal causa da distribuição do saldo de radiação na cultura da crotalária nesse dia. Na Figura 2c nota-se que, durante a maior parte do tempo, a densidade de fluxo de calor sensível foi maior que a do calor latente, contrariando assim os resultados de trabalhos semelhantes para outros tipos de culturas e mesmo os demais resultados obtidos no presente trabalho.

Nos dias 27/05/00 e 08/06/00 a cultura apresentava uma altura média de 1,60m e no início da fase de formação de vagens. Foram dias praticamente sem núvens e com condições meteorológicas semelhantes às dos dois primeiros dias de observação do primeiro ciclo. Os fluxos de calor latente determinados a partir dos níveis 1 e 2, ora foram semelhantes aos fluxos calculados entre os pontos 1 e 3, ora foram semelhantes aos fluxos calculados entre os pontos 2 e 3. Efetuando-se uma comparação estatística de todos os pares de valores durante o dia, eles foram diferentes entre si, mas uma comparação restrita aos períodos de semelhança observados nesses dias foi possível verificar que a estimativa obtida entre os pontos 1 e 2 pode ser validada, ora por uma, ora por outra, das duas outras estimativas (Tabela 1), podendo portanto ser considerada satisfatória.

Desse modo, para os dias 27/05/00 e 08/06/00, a distribuição da energia proveniente do saldo de radiação foi estimada considerando-se as densidades de fluxos de energias calculadas a partir das diferenças entre os níveis 1 e 2. Os valores estimados podem ser observados nas Figuras 2d e 2e e confirmaram os resultados encontrados na bibliografia consultada, em que os fluxos de calor latente obtidos pelo método da razão de Bowen mostraram-se sistematicamente maiores que os de calor sensível.

No segundo ciclo da cultura, os valores dos fluxos de calor latente para os dias 09/10/00, 10/10/00 e 08/11/00, calculados entre os três níveis onde foram instalados os sensores, apresentaram a mesma tendência encontrada quando foram analisados os três primeiros dias de observação do balanço de energia da crotalária plantada em 30/03/00, na qual os valores calculados entre os níveis 1 e 2 foram validados pelos valores calculados com as diferenças entre os níveis 1 e 3 (Tabela 1), reforçando assim a hipótese anterior de que pelo menos um dos níveis em que os sensores foram instalados deve obedecer a relação 1:50 (Figuras 2f, 3a e 3c).

Por outro lado, verificou-se que a tendência observada dos valores dos fluxos de calor latente calculados entre os diferentes níveis no dia 27/10 (Figura 3b) foram semelhantes ao que havia sido observado no primeiro ciclo da cultura nos dias 27/05 e 08/06. Os fluxos de calor latente determinados a partir dos níveis 1 e 2, foram semelhantes aos fluxos calculados entre os pontos 1 e 3 durante a maior parte do dia. Do mesmo modo que no dia 08/06, efetuando-se uma comparação estatística de todos os pares de valores durante o dia, eles foram diferentes entre si, mas uma comparação restrita aos períodos de semelhança observados permitiu verificar que a estimativa obtida entre os pontos 1 e 2 pode ser validada, ora por uma, ora por outra, das duas outras estimativas (Tabela 1).

Na Figura 4 constata-se que, durante o primeiro ciclo da cultura, que ocorreu no período seco do ano, em média, 68% da radiação líquida foi particionada em fluxo de calor latente, 15% em fluxo de calor sensível e 17% em fluxo de calor no solo. No segundo ciclo, no período úmido do ano, observa-se que, em média, 81% da radiação líquida foi particionada em fluxo de calor latente, 4% em fluxo de calor sensível e 15% em fluxo de calor no solo.

Em média, considerando-se os resultados obtidos nos dias de observação no segundo ciclo da

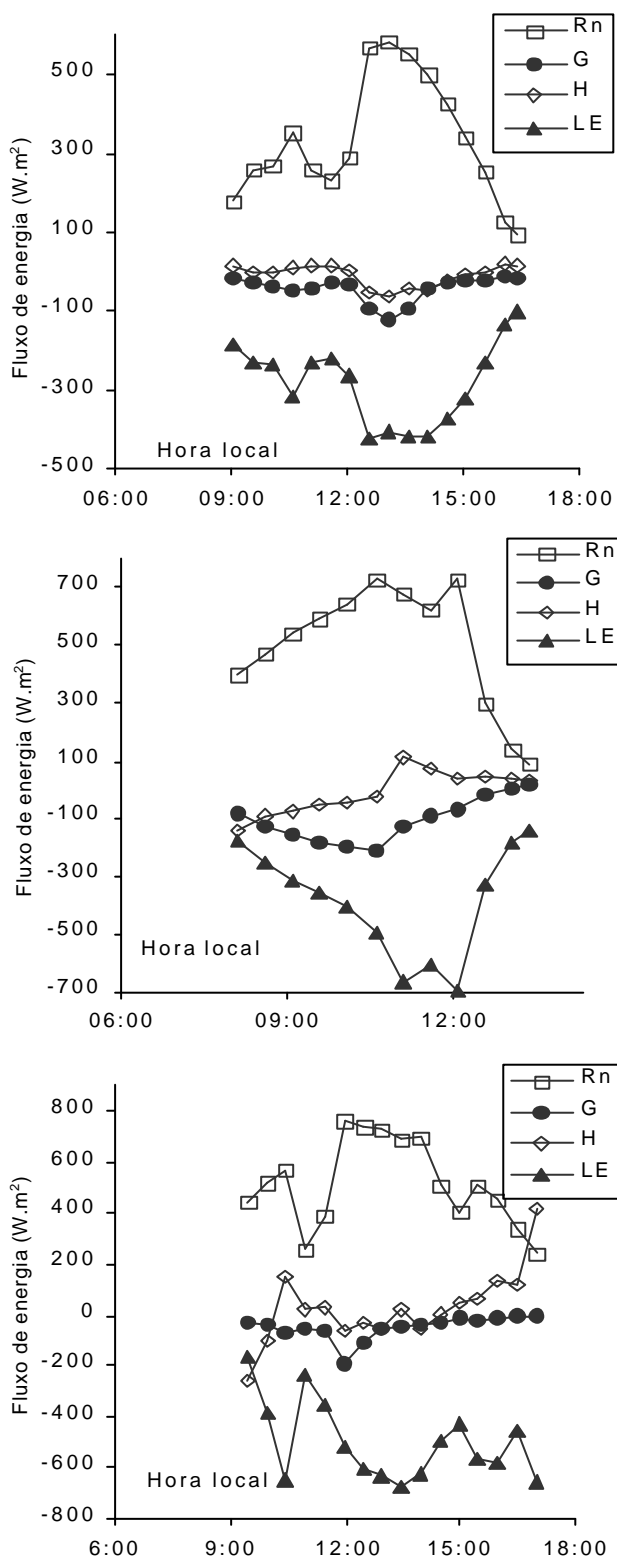


Figura 3 Fluxos de energia de saldo de radiação (Rn), calor latente (LE), sensível (H) e para o saldo (G) em 10/10/00 (a), 27/10/00 (b), e 08/11/00 (c), na cultura da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), cultivada na Fazenda Experimental da UFMT, em Santo Antônio do Leverger, em 2000.

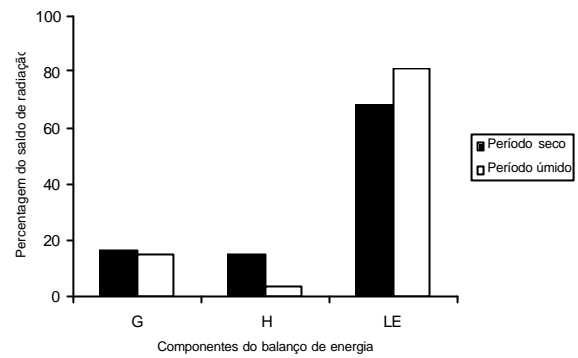


Figura 4. Valor médio das proporções de partição do saldo de radiação em fluxo de calor latente (LE), fluxo de calor sensível (H) e fluxo de calor para o solo (G) no período seco e no período úmido do ano, na cultura da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), cultivada na Fazenda Experimental da UFMT, em Santo Antônio do Leverger, em 2000.

cultura, o saldo de radiação foi utilizado como calor latente numa proporção média superior à obtida na crotalária do primeiro ciclo, mesmo desconsiderando-se o dia em que o balanço de energia foi afetado pelas condições macrometeorológicas. Por outro lado, as proporções médias em que a energia foi utilizada no segundo ciclo foram semelhante às proporções encontradas por outros autores e apresentadas na literatura para as mais diferentes culturas (VILLA NOVA, 1973; CUNHA & BERGAMASCHI, 1994; CUNHA et al., 1996; TEIXEIRA et al., 1997). Nesse segundo cultivo realizado em Santo Antônio do Leverger, assim como nos demais estudos relatados na literatura, a disponibilidade de água no solo permitiu uma evolução satisfatória das respectivas culturas, aumentando proporcionalmente a energia utilizada como calor latente.

Conclusões

O saldo de radiação na cultura da crotalária (*Crotalaria juncea* L.) foi utilizado prioritariamente como calor latente (evapotranspiração), em proporções que foram afetadas pela disponibilidade de água no solo e pelas condições meteorológicas regionais.

O balanço de energia de uma cultura pode ser modificado por mudanças no tempo atmosférico, em função das condições meteorológicas a nível regional.

A validação dos resultados de estudos de balanço de energia, empregando o método da razão de Bowen pode ser obtida quando os gradientes de temperatura e de umidade são determinados através de medidas efetuadas em mais de dois pontos no interior da camada limite superficial.

Referências bibliográficas

- ALVES, A.V.; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B. B. Balanço de energia e reflectância de um cultivo de melão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 2, p. 39-46. 1998.
- ARANTES, E. M.; CARVALHO Jr, A. G. de; MORAES, L. F. **Principais leguminosas utilizadas como adubo verde**. Cuiabá: EMPAER-MT, 1995. 13 p.
- CAMPELO JÚNIOR, J.H. **Determinação de evapotranspiração pelo método do balanço de energia – Análise de erros instrumentais**. Piracicaba: USP, 1978. 79 p. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) - Programa de Pós-Graduação em Agrometeorologia. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1978.
- CAMPELO JÚNIOR, J. H. **Produção de sementes de leguminosas utilizadas como adubo verde**. Cuiabá: DSER/FAMEV/UFMT. 1998. 21 p. (Relatório de Pesquisa).
- CAMPELO JÚNIOR, J.H. **Efeitos climáticos na produção de biomassa com adubos verdes**. Cuiabá: DSER/FAMEV/UFMT, 1999. 29 p. (Relatório de Pesquisa).
- CAMPELO JÚNIOR, J.H.; SANTOS, V.S. Limitações fotoperiódicas ao cultivo da crotalária em Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12. e REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGROMETEOROLOGIA, 3., **2001, Fortaleza, Resumos...**, Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/ Fundação Cearense de Meteorologia. 2001 p. 789-790.
- CUNHA, G.R. et al. Balanço de radiação em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 1-10. 1993.
- CUNHA, G.R. et al. Balanço de energia em cultura de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-14. 1996.
- CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. Balanço de energia em alfafa. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 2, p. 9-16, 1994.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.M. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).
- PACHECO, J.M. **Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo da crotalária (*Crotalaria juncea* L.), em Santo Antônio do Leverger - MT**. Cuiabá: UFMT, 2000. 72 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso. 2000.
- PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SEDIYAMA, G.C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, SP, 1997. 183 p.
- TEIXEIRA, A.H.C. et al. Balanço de energia na cultura da videira, CV. "Itália". **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 2, p. 137-141. 1997.
- VILLA NOVA, N.A. **Estudos sobre o balanço de energia em cultura de arroz**. Piracicaba: USP, 1973. 89 p. Tese (Livre Docência). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1973.
- WUTKE, E.B., BULISANI, E.A., MASCARENHA H.A.A. **Adubação verde: Manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. I Curso sobre adubação verde**. Campinas: Instituto Agrônomico de Campinas, 1993. 121 p.