



ANÁLISE DO SALDO DE RADIAÇÃO E DO FLUXO DE CALOR NO SOLO DURANTE O CICLO DO FEIJÃO CAUPI

VIVIAN M. B. DA ENCARNAÇÃO¹, GILBERTO M. TAKAKURA², JARDEL D. B. RODRIGUES³, AFONSO C. Q. JÚNIOR⁴, MARCUS J. A. DE LIMA⁵, PAULO J. O. P. DE SOUZA⁶.

¹Estudante de graduação em Agronomia, bolsista PIBIC/CNPQ, Universidade Federal da Amazônia - UFRA, Belém – PA. E-mail: brilhante.vivian@gmail.com

²Estudante de graduação em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

³Estudante de graduação em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

⁴Mestrando em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

⁵Doutorando em Agronomia, UFRA, Belém-PA.

⁶Meteorologista, Prof. Dr., UFRA, Belém-PA.

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Pará, Belém, PA.

RESUMO: Neste trabalho objetivou-se analisar o saldo de radiação (Rn) e o fluxo de calor no solo (G) em um cultivo de feijão caupi irrigado no município de Castanhal-PA. O experimento foi conduzido na estação experimental da UFRA em Castanhal no período de setembro a dezembro de 2012. Os dados utilizando para fazer esta análise estão no intervalo das 08h00 as 16h00 (hora local), ou seja, quando os valores de Saldo de radiação (Rn) e do fluxo de calor no solo (G) são positivos. Os Resultados mostraram que durante as fases fenológicas de desenvolvimento da cultura os valores extremos da relação G/Rn foram de 10,53% para a fase I (V0 – V2), 4,42% para a fase II (V3 – V4) em que ocorre o rápido desenvolvimento vegetativo e a fase V (R9) em que ocorre a maturidade fisiológica da cultura. O saldo de radiação atingiu uma média de 10,31 MJ m⁻² d⁻¹ sendo que 5,33% do saldo de radiação utilizado para o aquecimento do solo. O comportamento dos fluxos de energia encontram-se semelhantes para o saldo de radiação (Rn) e fluxo de calor no solo (G) podendo ser verificado os valores máximo e mínimo ao longo do ciclo da cultura.

PALAVRAS-CHAVE: Feijão-caupi, Fluxo de calor no solo, Saldo de radiação.

ANALYSIS OF THE BALANCE OF RADIATION AND HEAT FLOW IN SOIL DURING THE CYCLE BEAN COWPEA

ABSTRACT: This study aimed to analyze the net radiation (Rn) and soil heat flux (G) on a cultivation of irrigated cowpea in the city of Fortaleza-PA. The experiment was conducted at the experimental station of the Castlebay UFRA in the period September to December 2012.





Using the data to make this analysis are in the range from 08:00 to 16:00 (local time), or when values of Net radiation (R_n) and the heat flow in the ground (G) is positive. Results showed that during the phenological stages of crop development the extreme values of the ratio G / R_n was 10.53% for stage I ($V_0 - V_2$), 4.42% for stage II ($V_3 - V_4$) in occurring rapid vegetative growth and phase V (R_9) that occurs at physiological maturity of the crop. The net radiation averaged $10.31 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ where 5.33% of net radiation used to heat the soil. The behavior of energy flows are similar to the net radiation (R_n) and soil heat flux (G) can be checked the maximum and minimum values over the cycle.

KEYWORDS: Cowpea, soil heat flux, radiation balance.

INTRODUÇÃO: O cultivo de Feijão Caupi (*Vigna unguiculata* L.) é uma importante fonte de proteínas para a população da região Norte do Brasil. No estado do Pará esta cultura se destaca por gerar mais de 70 mil empregos diretos e um volume de negócios em torno de 30 milhões de dólares por ano (SAGRI, 2010). Segundo Barbosa et al. (2010), Santos (2010), Santos et al. (2008) entre outros, destacam a relevância da produção de feijão-caupi na composição da renda e para elevar o padrão de vida das famílias envolvidas com o seu cultivo. O clima é o único fator incontrolável inerente à produção agrícola e dentre ele os fatores climáticos como o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo são variáveis de utilidade em estudos envolvendo necessidades hídricas para a cultura. Segundo VAREJÃO-SILVA (2006), o saldo de radiação seria a diferença entre os ganhos (fluxos descendentes) e as perdas (fluxos ascendentes) radiativas, já o fluxo de calor no solo segundo GALVANI et al. (2001) representa a fração do saldo de radiação que foi transferida para os níveis inferiores do solo resultando em acréscimo de energia para o meio à noite ou diminuição de dia. O uso da irrigação tem contribuído para a melhoria da agricultura, principalmente em locais desprovidos de oferta de água além de favorece o maior consumo da energia do ambiente, reduzir a temperatura tanto do ar como do solo, evitando danos à planta pelo excesso de calor no sistema radicular. O presente trabalho então tem por finalidade a análise do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo em cultivo de Caupi irrigado.

MATERIAL E MÉTODOS: O experimento foi realizado na fazenda experimental da UFRA localizada no município de Castanhal-PA nas coordenadas geográficas de latitude $1^\circ 19' 24,48''\text{S}$ e longitude $47^\circ 57' 38,20''\text{W}$. Segundo TENÓRIO et al. (1999), o clima da região foi classificação pelo método de Köppen como sendo do tipo Ami. A área foi preparada no sistema convencional onde foi plantado o feijão caupi cv. BR3-Tracuateua seguindo o delineamento experimental em blocos ao acaso com tratamentos irrigado e não irrigado no período de setembro a dezembro de 2012, o sistema de irrigação foi montado onde se iniciou com aspersores por toda área e posteriormente por gotejamento no tratamento irrigado, a lamina de água a ser aplicada foi definida em função da evapotranspiração de referência e o coeficiente de cultura do feijão caupi conforme trabalho realizado por SOUZA et al., (2005). A identificação das fases fenológicas foi avaliada continuamente usando a escala fenológica proposta pelo Centro Interamericano de Agricultura Tropical (CIAT, 1983). Foi montada uma





estação meteorológica na área contendo um datalogger (Campbell Scientific, Inc.) e um multiplexador (Campbell Scientific, Inc.) para o monitoramento das variáveis. O fluxo de calor no solo será monitorado com uma placa de fluxo de calor (Modelo HFP01) nos tratamentos e o Saldo de radiação monitorado com tubos solarímetro colocados de forma transversal entre as linhas da cultura. Os dados serão monitorados a cada 10 segundos e as médias armazenadas a cada 10 minutos ao longo do ciclo cultural durante o período de 26 de setembro a 04 de dezembro de 2012, sendo as medidas de R_n e G foram amostradas em Wm^{-2} e transformados para $MJ m^{-2} d^{-1}$ para se calcular as médias no período em que o saldo de radiação e o fluxo de calor no solo são positivos, ou seja, entre o intervalo de 08h00 a 16h00 para cada fase que correspondente a um intervalo entre os estádios fenológicos da cultura do feijão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Os valores de saldo de radiação (R_n , $MJ m^{-2} d^{-1}$) e fluxo de calor no solo (G , $MJ m^{-2} d^{-1}$) médios além da relação percentual entre G/R_n , para cada fase fenológica da cultura do feijoeiro cv. BR3-Tracuateua está expresso na tabela 1. Conforme os dados observados o saldo de radiação (R_n) diário apresentou seu valor máximo de ($12,46 MJ m^{-2} d^{-1}$) na Fase III que corresponde aos estádios fenológicos de início de floração e florescimento pleno, respectivamente R5 e R6, passando a decrescer nas demais fases até o estádio R9 da Fase V. No caso do fluxo de calor no solo, o maior valor foi referente à Fase I com ($0,99 MJ m^{-2} d^{-1}$) em que se encontrava entre os estádios fenológicos V0 a V2, sendo menores nas demais fases em que o menor valor encontrado foi na Fase IV de desenvolvimento reprodutivo correspondente ao início do aparecimento das vagens tipo canivete (R7) e enchimento de grãos (R8). Ainda na tabela 1 podemos observar a relação da variação percentual do fluxo de calor no solo para cada intervalo de fase fenológica em relação ao saldo de radiação (G/R_n), os valores extremos encontrados para a relação G/R_n foram de 10,53% para a fase I (V0 – V2), 4,42% para a fase II (V3 – V4) em que ocorre o rápido desenvolvimento vegetativo e a fase V (R9) em que ocorre a maturidade fisiológica da cultura. Durante o desenvolvimento da cultura que durou 65 dias observou-se que 5,33% do saldo de radiação médio de ($10,31 MJ m^{-2} d^{-1}$) foi utilizado para o aquecimento do solo na forma de fluxo de calor (G).

Tabela 1: Valores médios de saldo de radiação (R_n), fluxo de calor no solo (G) e da relação entre G e R_n (%) para as fases fenológicas do feijão caupi cultivar BR3-Tracuateua, em Castanhal-PA, 2012.

FASES FENOLÓGICAS	DURAÇÃO (dias)	R_n ($MJ m^{-2} d^{-1}$)	G ($MJ m^{-2} d^{-1}$)	G/R_n (%)
Fase I (V0 – V2)	8	9,38	0,99	10,53
Fase II (V3 – V4)	25	10,01	0,44	4,42
Fase III (R5 – R6)	8	12,46	0,41	3,26
Fase IV (R7 – R8)	15	10,71	0,34	3,18
Fase V (R9)	9	9,00	0,47	5,23
Ciclo	65	10,31	0,53	5,33



Na Figura 1, observamos o comportamento dos valores totais do saldo de radiação e do fluxo de calor no solo entre os horários de 08h00 a 16h00 durante o ciclo de 65 dias do ciclo da cultura do feijão caupi cv. BR3-Tracuateua. Verificou-se então que os valores máximo e mínimo absolutos do Saldo de radiação (R_n) ocorreram respectivamente nos dias 30/10/2012 ($14,06 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e 29/10/2012 ($4,17 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$), enquanto que para o fluxo de calor no solos (G) foram verificados os valores máximo e mínimo nos dias 27/09/2012 de ($1,14 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) e 26/10/2012 de ($-0,05 \text{ MJ m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) respectivamente. Ainda na figura 1 observa-se que o saldo de radiação tem uma tendência a aumentar ao longo do ciclo da cultura, porem com algumas oscilações variantes, diminuindo posteriormente conforme esta chegue à maturidade fisiológica, comportamento inverso ao do fluxo de calor no solo uma vez que este é influenciado pela cobertura do solo, sendo que o menor valor alcançado pelo fluxo de calor no solo encontra-se negativo no período do estágio fenológico V4 até mesmo para o horário em que este deveria ser positivo, provavelmente devido ao não fechamento da cultura entre as linhas.

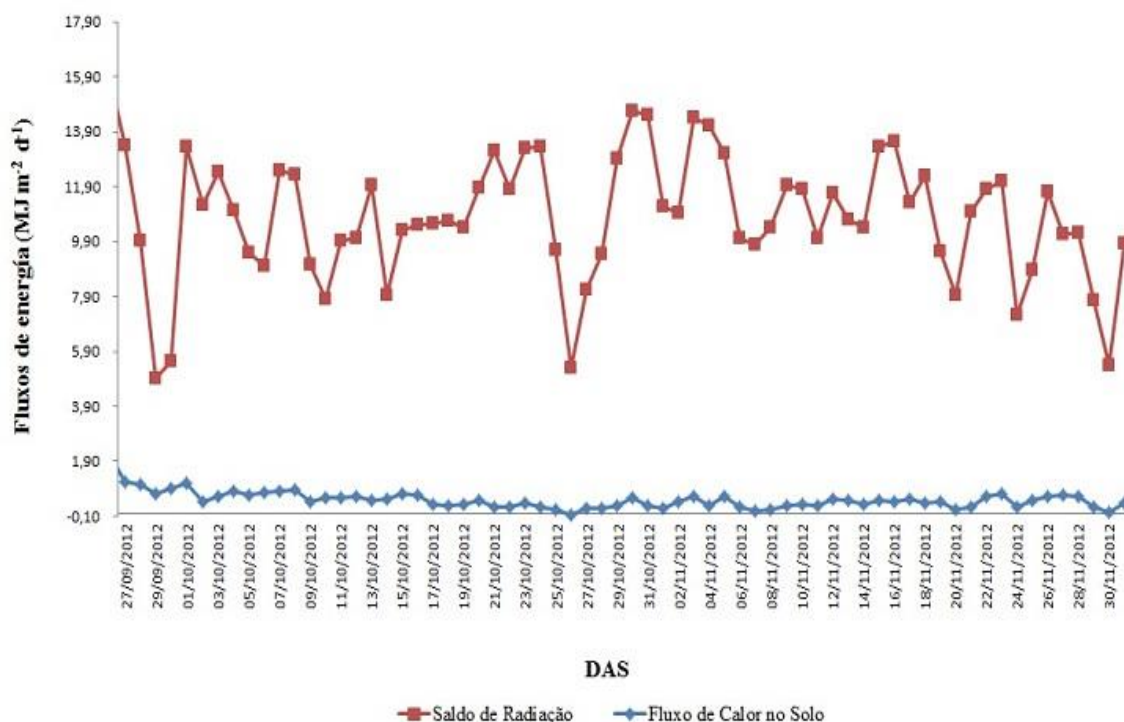


Figura 1: Comportamento dos totais diários dos valores de Saldo de radiação (R_n) e do fluxo de calor no solo (G) ao longo do ciclo da cultura do feijão caupi BR3- Tracuateua em Castanhal-PA, 2012.

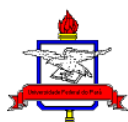


CONCLUSÃO

Os resultados mostraram que durante as fases fenológicas de desenvolvimento da cultura do Feijão caupi cultivar BR3-Tracuateua, o saldo de radiação médio variou entre 9,00 e 12,46 MJ m⁻² d⁻¹, com valor médio de 10,31 MJ m⁻² d⁻¹ e que ao longo de todo o ciclo vegetativo, já o fluxo de calor no solo variou de 0,34 MJ m⁻² d⁻¹ a 0,99 MJ m⁻² d⁻¹ com valor médio de 0,53 MJ m⁻² d⁻¹. O percentual usado dessa energia para aquecer o solo variou entre 10,53% na Fase I em que corresponde aos estádios fenológicos V0 a V2 quando o solo encontrava-se praticamente descoberto, a 3,18% na Fase IV que corresponde aos estádios reprodutivos R7 a R8 em que o solo encontrava-se sombreado e com máximo de índice de área foliar. Em média o percentual de (G/Rn) encontrava-se em torno 5,33% valor razoável, quanto algumas literaturas que tratam do balanço de energia em superfícies vegetadas aconselham a rejeitar este parâmetro por ser pequeno e citarem valores de no máximo 5%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARBOSA, M. S.; SANTOS, M. A. S.; SANTANA, A. C. Análise socioeconômica e tecnológica da produção de feijão-caupi no município de Tracuateua, Nordeste Paraense. Amazônia: Ciência & Desenvolvimento, Belém, v. 5, n. 10, p. 7-26, 2010.
- ROLIM, G. S.; ESCOBEDO, J. F.; OLIVEIRA, A. P. *Validation of the Deardoff model for estimating energy balance components for a sugarcane crop*. Scientia Agricola, v.65, p.325-334, 2008.
- SAGRI. 2010. *Evolução da safra de grãos no estado do Pará*. Disponível em (www.sagri.pa.gov.br/documents/EvolucaoDaSafradeGraosnoPara.xls).
- SANTOS, M. A. S. Perfil socioeconômico e tecnológico dos pequenos produtores de feijão-caupi do município de Primavera, estado do Pará. In: CONGRESSO NACIONAL DE FEIJÃO-CAUPI, 2., 2010, Belém. Anais... Belém: Embrapa, 2010. p. 692-697.
- TENÓRIO, A.R.M. “**Serviço de documentação e informação.**” In Mapeamento dos solos da Estação de Piscicultura de Castanhal. Belém: FCAp. 1999.
- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F.; PEREIRA, A. B. Balanço de radiação e fluxo de calor no solo em ambiente natural e protegido cultivado com pepineiro. *Bragantina*, Campinas, v. 60, n. 2, p. 139-147, 2001.
- GUERREIRO FILHO, M. C. S.; CRUZ, M. S.; AGUIAR, C. G. G.; NEVES, P. R. S. Análise socioeconômica e tecnológica da pequena produção de feijão-caupi no município de Capanema, estado do Pará. *Movendo Idéias*, Belém, v. 13, n. 1, p. 21-33, 2008.





**XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia**
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



SENA, A. E. S.; BEZERRA, J. V. *Eficiência e economicidade da irrigação por aspersão na cultura do feijão de corda (Vigna unguiculada (L) Walp)*. Produção Científica do PCDT/NE do Ceará, v. 2, p. 588- 603, 1991.

SOUZA, M. S. M.; BEZERRA, F. M. L.; TEÓFILO, E. M. *Coeficientes da cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará*. Irriga, Botucatu, v. 10, n. 3, p. 241-248, agosto-outubro, 2005.

VAREJÃO-SILVA, M.A. *Meteorologia e Climatologia*. Versão digital, Recife, 2006. 463p.

