

## Balanco de Energia de uma Pastagem Cultivada no Cerrado



# ***Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 81***

## **Balanço de Energia de uma Pastagem Cultivada no Cerrado**

Maria Lucia Meirelles  
Sylvia Elaine Marques de Farias  
Augusto Cesar Franco

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa Cerrados**

BR 020, Km 18, Rod. Brasília/Fortaleza

Caixa Postal 08223

CEP 73310-970 Planaltina - DF

Fone: (61) 388-9898

Fax: (61) 388-9879

http\www.cpac.embrapa.br

sac@cpac.embrapa.br

**Comitê de Publicações**

Presidente: *Dimas Vital Siqueira Resck*

Editor Técnico: *Carlos Roberto Spehar*

Secretária-Executiva: *Nilda Maria da Cunha Sette*

Supervisão editorial: *Jaime Arbués Carneiro*

Revisão de texto: *Jaime Arbués Carneiro*

Normalização bibliográfica: *Shirley da Luz Soares*

Capa: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Editoração eletrônica: *Leila Sandra Gomes Alencar*

Impressão e acabamento: *Divino Batista de Souza*

*Jaime Arbués Carneiro*

Impresso no Serviço Gráfico da Embrapa Cerrados

**1ª edição**

1ª impressão (2003): tiragem 100 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação.

Embrapa Cerrados.

---

M514b Meirelles, Maria Lucia.

Balanço de energia de uma pastagem cultivada no cerrado / Maria Lucia Meirelles, Sylvia Elaine Marques de Farias, Augusto Cesar Franco. – Planaltina, DF : Embrapa Cerrados, 2003.

14 p. – (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X ; 81)

1. Pastagem - Cerrado. 2. Evapotranspiração. I. Farias de, Sylvia Elaine Marques. II. Franco, Augusto Cesar. III. Título. IV. Série.

633.202 - CDD 21

---

© Embrapa 2003

# Sumário

Resumo .....	5
Abstract .....	6
Introdução .....	7
Material e Métodos .....	7
Resultados e Discussão .....	10
Conclusão .....	13
Referências Bibliográficas .....	13

# Balanço de Energia de uma Pastagem Cultivada no Cerrado

*Maria Lucia Meirelles<sup>1</sup>*

*Sylvia Elaine Marques de Farias<sup>2</sup>*

*Augusto Cesar Franco<sup>3</sup>*

**Resumo** – O Cerrado possui aproximadamente 208 milhões de hectares sendo 49 milhões de pastagens cultivadas. O objetivo deste trabalho foi apresentar o balanço de energia na superfície de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu localizada na Região Central do Cerrado (Planaltina-GO). O estudo foi realizado de 15/11 a 9/12/2001, início da estação chuvosa. Foram instaladas, na área, uma estação micrometeorológica automática e um sistema de correlação dos vórtices. Foram obtidas as densidades dos fluxos dos principais componentes do balanço de energia: saldo de radiação (Rn), calor latente (LE), utilizadas nos processos evapotranspirativos, e calor sensível (responsável por variações na temperatura) no ar (H) e no solo (G). H e LE foram calculadas pelo método de correlação dos vórtices. A pastagem apresentou, no período, um índice de área foliar de 0,4 a 1,1 e uma evapotranspiração média diária de  $5,19 \pm 1,9$  mm dia<sup>-1</sup>. A razão de Bowen (relação entre H e L) média diurna foi de  $0,54 \pm 0,12$  demonstrando que a pastagem de *Brachiaria brizantha*, na época das chuvas, no Cerrado, utilizou maior quantidade da energia disponível nos processos evapotranspirativos.

Termos para indexação: *Brachiaria brizantha*, evapotranspiração, correlação dos vórtices, razão de Bowen.

<sup>1</sup> Biol., Dra., Embrapa Cerrados, lucia@cpac.embrapa.br

<sup>2</sup> Meteorol., M.Sc., Doutoranda em meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). sylvia@cptec.inpe.br

<sup>3</sup> Biol., Ph.D., Universidade de Brasília, Departamento de Botânica, acfranco@unb.br

# Energy Balance of a Crop Pasture in the Brazilian “Cerrado”

---

**Abstract** - *The “Cerrado” cover about 208 million hectares in central Brazil with 49 million converted to planted pastures. The aim of this paper was to determine the energy balance of a cultivated pasture of *Brachiaria brizantha* cv Marandu in the Central Cerrado (Goiás-Brasil). The study was undertaken from 15 November to 9 December 2001, which corresponds to the early rainy season. An automated micrometeorological station and an eddy covariance system were used to determine the main flux densities of the energy balance components, net radiation ( $R_n$ ), latent heat ( $LE$ ), to the evapotranspiration, and sensible heat ( $H$ ) and soil heat ( $G$ ) to the temperature variations.  $H$  and  $LE$  were calculated by the eddy covariance method. Averaged daily evapotranspiration was  $5.19 \pm 1.9 \text{ mm day}^{-1}$  for a LAI from 0,4 to 1,1. The averaged diurnal Bowen ratio (ratio between the sensible heat and latent heat fluxes) was  $0,54 \pm 0,12$ , thus, in a pasture of *Brachiaria brizantha* in the “Cerrado” rainy season, a larger amount of energy was dissipated by evapotranspiration.*

Index terms: *Brachiaria brizantha*, eddy covariance, evapotranspiration, Bowen ratio.

## Introdução

O Cerrado corresponde à região das Savanas Neotropicais no Brasil ocupando aproximadamente 208 milhões de hectares. Nos últimos 40 anos, ocorreu ampla ocupação agropecuária no Cerrado com o uso de tecnologias como calagem, adubação, maquinários e irrigação ([Alho & Martins, 1995](#); [Klink & Moreira, 2002](#)). Estima-se que no Cerrado encontra-se aproximadamente 44% do rebanho bovino brasileiro ([Barcellos, 1996](#)) e cerca de 49 milhões de hectares de pastagens cultivadas ([Sano et al., 2000](#)) onde predomina a espécie *Brachiaria decumbens* ([Cardoso, 1996](#)). A partir da década de 1990, têm aumentado gradativamente as áreas plantadas com *Brachiaria brizantha* que passou a ser a forrageira perene tropical com maior volume de sementes comercializadas no Brasil ([Alves & Soares Filho, 1996](#)).

Um dos principais objetivos da micrometeorologia é o estudo dos processos das trocas de energia entre a vegetação e a atmosfera ([Arya, 2001](#)). A quantificação da densidade dos fluxos dos componentes do balanço de energia no nível do dossel permite avaliar importantes interações vegetação-atmosfera. Podemos destacar para uma vegetação sobre determinadas condições ambientais, os processos de transferência da energia disponível para a evapotranspiração (calor latente) e mudanças da temperatura (calor sensível) do ar e do solo.

Este estudo teve como objetivo quantificar os principais componentes do balanço de energia no período das chuvas de uma pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu localizada na Região Central do Cerrado (Planaltina, GO). Espera-se que esses resultados possam contribuir para a modelagem dessas pastagens e para análises comparativas com outros ecossistemas naturais e agrícolas do Cerrado em relação às trocas de massa e energia entre a vegetação e a atmosfera.

## Material e Métodos

A área de estudo encontrava-se na Fazenda Rio de Janeiro (15°14'24" S, 47°41'06" W), a 909 m de altitude e localizada a 30 km ao norte da cidade de Planaltina (Goiás). O estudo foi realizado em uma área de aproximadamente 40 hectares de pastagem de *Brachiaria brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Stapf. cv. Marandu semeada em 1990. O pasto não tinha recebido tratamentos culturais nos últimos dois anos. O clima, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Aw, tropical com chuvas no verão e seca no inverno. O período de estudo, que correspondia ao início da época das chuvas, foi de 15 de novembro a 9 de dezembro de 2001 apresentando médias diárias de 28,0 °C de temperatura máxima, 18,7 °C de temperatura mínima, 98,9% de umidade relativa máxima,

55,3% de umidade relativa mínima e 7,8 mm de precipita o total diária ([Figura 1](#)). O solo, de acordo com o atual Sistema Brasileiro de Classifica o de Solos ([Embrapa, 1999](#)) corresponde a um LATOSSOLO VERMELHO A moderado distrófico endo lico textura muito argilosa relevo plano a suave-ondulado fase Cerrad o. Observaram-se, na camada superficial (0 a 20 cm) níveis de matéria orgânica de apenas 2,16% que   considerado um valor baixo para esse tipo de solo ([Sousa & Lobato, 2002](#)).

O  ndice de área foliar (IAF) foi obtido antes do início (10/11/2001) e no final (3/12/2001) da tomada de dados, com cinco repeti es, por meio do corte das folhas presentes em 1 m<sup>2</sup> com posterior medi o da área foliar verde em planímetro de mesa. O material vegetal verde e seco foi separado e pesado depois da secagem para obten o da biomassa viva e morta.

Foram fincados, no centro da área de estudo, dois mastros (modelo CM6 da marca Campbell) onde foram instalados uma Esta o Micrometeorológica Automática e um Sistema de Correla o dos Turbilhões para a obten o dos fluxos turbulentos. Os mastros distavam entre si cerca de 2 m. Os sensores foram instalados a 2 m acima do solo sendo as esta es alimentadas por duas baterias de 100 W acopladas a dois painéis solares (Siemens) de 75 W cada.

A Esta o Micrometeorológica Automática possuía os seguintes sensores com os respectivos modelos e marcas: velocidade (O14A – Met One) e dire o do vento (O24A – Met One); saldo de radia o (Q7 – REBS); radia o solar incidente (CM3 – Kipp & Zonen); temperatura e umidade do ar (HMP45C – Vaisala); calor do solo (HFT3 – REBS); temperatura (TCAV – Campbell) e umidade do solo (CS615 – Campbell). Esses sensores estavam acoplados a um sistema de aquisi o de dados (CR23X *micrologger*, Campbell) que continha o software de gerenciamento sendo coletados dados a cada minuto e armazenadas as m dias de 30 min que eram recolhidas semanalmente por meio de um módulo de armazenagem (SM4M – Campbell). Foram instalados próximos aos mastros um pluviógrafo e um bar grafo para a coleta horária de valores de precipita o e pressão atmosférica.

O Sistema de Correla o dos Turbilhões possuía um anem metro s nico tridimensional (CSAT3 – Campbell) que media as flutua es da velocidade do vento nas três dire es e a temperatura s nica, e um higr metro Krypton (KH<sub>2</sub>O – Campbell) medindo a densidade do vapor d' gua. Os aparelhos estavam acoplados a um *datalogger* (CR23X – Campbell) que gerenciava a coleta dos dados em uma freq ncia de 20 Hz. Esses dados eram enviados a um *notebook* e   armazenados em arquivos de 30 minutos.

Foram obtidas as densidades dos fluxos dos principais componentes do balanço de energia na superfície:

$$R_n = LE + H + G$$

Sendo:  $R_n$ , saldo de radiação;  $LE$ , calor latente;  $H$ , calor sensível no ar e  $G$ , fluxo de calor no solo.

$R_n$  foi obtida por um saldo radiômetro com os valores sendo corrigidos em relação à velocidade do vento.  $G$  foi calculada a partir da média das duas placas de solos colocadas a 8 cm de profundidade acrescida da energia armazenada no solo ( $S$ ) obtida por [\(OKE, 1987\)](#):

$$S = C_v \left( \frac{\Delta T}{\Delta t} \right) dZ$$

Sendo:  $C_v$ , calor específico do solo úmido e  $\Delta T/\Delta t$ , variação média de temperatura do solo cujos sensores foram instalados a 2 e 6 cm de profundidade. Foram utilizados, para o cálculo de  $C_v$ , os valores de umidade do solo a 3 cm de profundidade.

No Sistema de Correlação dos Turbilhões, foram obtidos os dados relativos aos cálculos da densidade dos fluxos turbulentos de calor latente ( $LE$ ) e de calor sensível do ar ( $H$ ) utilizando-se o Método de Correlação dos Turbilhões [\(SWINBANK, 1951\)](#). Esse método possibilita medidas diretas das densidades dos fluxos turbulentos necessitando para isso de instrumentos de resposta rápida com os dados devendo ser tomados em uma freqüência entre 10 e 100 Hz (dados por segundo), dependendo das características da superfície [\(Arya, 2001\)](#).  $H$  e  $LE$  foram obtidas a partir das seguintes equações [\(Oke, 1987\)](#):

$$H = C_a \overline{w' T'}$$

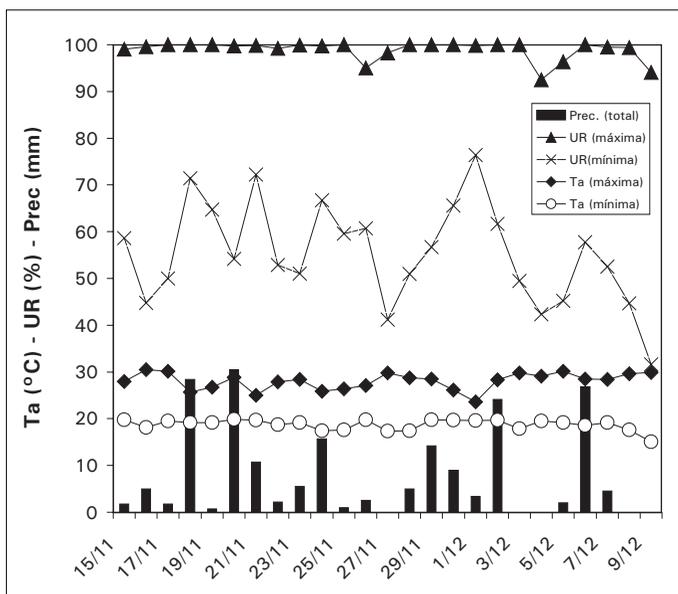
$$LE = L_v \overline{w' q'}$$

Sendo:  $C_a$ , calor específico do ar;  $w'$ , desvio da média da velocidade vertical do vento;  $T'$ , desvio da média da temperatura sônica;  $L_v$ , calor latente de evaporação e  $q'$ , desvio da média da densidade de vapor de água.

Para o cálculo dos fluxos, foi utilizado o software Eddy2, adaptação do programa *EDDYWSC* (ALTEERRA – Holanda) realizada pela equipe de micrometeorologia do CPTEC/INPE.

## Resultados e Discussão

A pastagem de *Brachiaria brizantha* apresentava, no início da tomada de dados, (10/11/2001); 0,4 de IAF;  $30,5 \pm 9,5$  g m<sup>-2</sup> de biomassa viva;  $360,4 \pm 71,6$  g m<sup>-2</sup> de biomassa morta. Apresentava, ainda, baixo IAF e cerca de doze vezes mais biomassa morta que viva, pois sofreu pastoreio contínuo e baixa precipitação durante o período anterior de seca. Em 3/12/2001 foram obtidos 1,1 de IAF;  $99,9 \pm 28,5$  g m<sup>-2</sup> de biomassa viva e  $285,9 \pm 41,3$  g m<sup>-2</sup> de biomassa morta. O não pastoreio e a forte precipitação no período de estudo (Figura 1) permitiram que os valores de IAF e biomassa verde triplicassem, e a quantidade de biomassa morta fosse reduzida.



**Figura 1.** Valores diários de temperatura do ar máxima (Ta máxima) e mínima (Ta mínima), umidade relativa do ar máxima (UR máxima) e mínima (UR mínima) e total diário de precipitação em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* (Planaltina, GO) no período de 15/11 a 9/12/2001.

Na [Figura 2](#), nota-se o balanço de energia para dois dias em que não choveu e em que se observa, a partir da análise da curva de Rn, maior nebulosidade no dia 3/12 do que em 9/12. Esses dois dias apresentaram para o período diurno (das

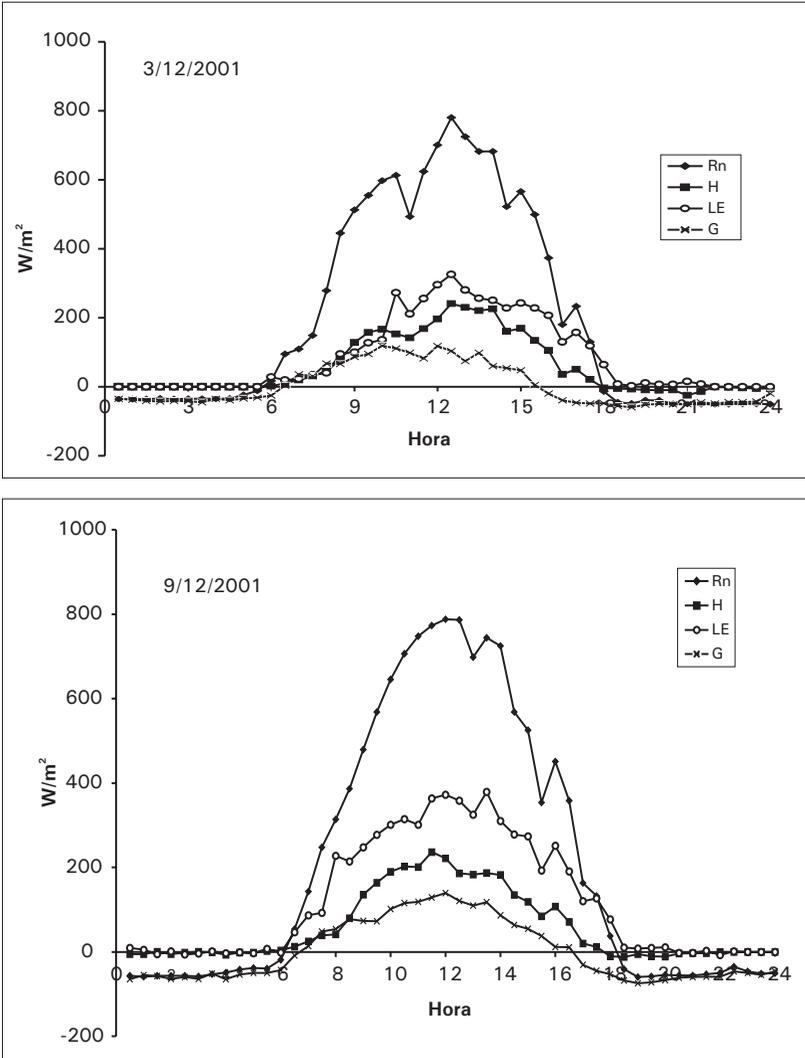
6 h às 18 h) um fechamento do balanço de energia (o somatório de LE, H e G em relação ao Rn total) de aproximadamente 86%. Esse valor está dentro do patamar considerado confiável para valores de LE e H obtidos pelo método de correlação dos vórtices ([Aubinet et al., 2000](#)). A razão de Bowen ( $\beta$ ) que corresponde a relação entre os fluxos de calor sensível e latente ([Bowen, 1926](#)) foi, no período diurno, de 0,70 em 3/12 e 0,49 em 9/12, demonstrando que nesses dois dias maior quantidade da energia disponível foi utilizada na evapotranspiração (ET). Em 3/12, foi obtido um ET de 6,1 mm e, em 9/12, um ET de 8,4 mm. O maior ET em 9/12 pode ter ocorrido devido a menor nebulosidade e, conseqüentemente, maior demanda evaporativa do ar. A evaporação da água na superfície deve ter contribuído fortemente para esses altos valores de ET observados já que a transpiração ocorria em um IAF de 1,1. Acredita-se que depois de eventos de chuva, ocorridos com freqüência na época de estudo ([Figura 1](#)), a evaporação tenha predominado em relação à transpiração conforme é previsto em situações de baixo IAF ([Allen et al., 1998](#)).

A média diária de ET obtida na pastagem de *Brachiaria brizantha*, para todo o período de estudo, foi de  $5,19 + 1,9 \text{ mm dia}^{-1}$ , com um  $\beta$  médio diurno de  $0,54 + 0,12$  e um Et máximo de  $8,5 \text{ mm dia}^{-1}$ . [Grace et al. \(1998\)](#) em uma pastagem de *Brachiaria brizantha* com LAI d 3,9 localizada na Região Amazônica, obteve um  $\beta$  médio diurno de 0,56 e um ET médio de  $2,7 \text{ mm dia}^{-1}$ . Kelliher et al. (1993), em diferentes ecossistemas campestres (IAF de 0,5 a 1,5), localizados entre os paralelos 39° e 50°N, obtiveram valores máximos de ET entre  $4,1$  e  $4,8 \text{ mm dia}^{-1}$ . San José et al. (1998), em uma pastagem de *Brachiaria decumbens*, nos Llanos do Orinoco (Venezuela), com IAF de 1,6 durante a estação chuvosa, obtiveram um ET máximo de  $6,2 \text{ mm dia}^{-1}$  e um  $\beta$  médio diurno de 0,3. Os valores maiores de ET, obtidos na pastagem de *Brachiaria brizantha*, no Cerrado, em comparação com os obtidos nos estudos citados, foram, provavelmente devidos a diferenças ecofisiológicas entre espécies e a alta demanda evaporativa local.

Os Ets diários foram significativamente correlacionados com os valores de radiação solar incidente média ( $r^2 = 0,57$ ), precipitação total ( $r^2 = -0,60$ ) e *deficit* de pressão de vapor máximo ( $r^2 = 0,67$ ). Foi obtida por regressão múltipla a seguinte equação para a estimativa do ET diário ( $r^2 = 0,88$ ):

$$ET = 1,21 + 0,03 Rs - 0,07 Prec + 2,13 DPV$$

Sendo: ET, evapotranspiração total (mm); Rs, radiação solar incidente média ( $\text{W m}^{-2}$ ); Prec, total diário de precipitação (mm) e DPV, *deficit* de pressão de vapor máximo (Kpa).



**Figura 2.** Densidades dos fluxos horários dos componentes do balanço de energia: saldo de radiação (Rn), calor sensível do ar (H), calor latente (LE) e calor do solo (G) de uma pastagem de *Brachiaria brizantha*, Planaltina (GO) nos dias 3 e 9/12/2001.

## Conclusão

1. A pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu, com IAFs entre 0,4 e 1,1, no início da época das chuvas na Região do Cerrado, utiliza maior quantidade da energia disponível nos processos evapotranspirativos apresentando taxa média de evapotranspiração de  $5,19 \pm 1,9$  mm dia<sup>-1</sup>.

## Agradecimentos

Aos técnicos da Embrapa Cerrados, João Batista dos Santos, Lúcio Feitoza, Nelson de Oliveira Pais e Valdeci de Matos Lima pelo auxílio nas diferentes etapas de trabalho de campo. Pelo auxílio financeiro concedido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio do Programa Centro-Oeste de Pesquisa e Pós-graduação.

## Referências Bibliográficas

ALHO, C. R. A.; MARTINS, E. S. **De grão em grão, o Cerrado perde espaço**. Brasília: WWF, 1995. 66 p.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ALVES, S. J.; SOARES FILHO, C. V. Braquiária. In: CPAF. **Espécies forrageiras recomendadas para o Paraná: forraginocultura no Paraná**. Londrina: CPAF, 1996. p. 181-195.

ARYA, S. P. **Introduction to micrometeorology**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 2001. 420 p.

AUBINET, M.; GRELE, A.; IBROM, A.; RANNIK, Ü.; MONCRIEFF, J.; FOKEN, T.; KOWALSKI, A.S.; MARTIN, P.H.; BERBIGIER, P.; BERNHOFER, C.; CLEMENT, R.; ELBERS, J.; GRANIER, A.; GRÜNWALD, T.; MORGENSTERN, K.; PILEGAARD, K.; REBMANN, C.; SNIJDERS, W.; VALENTINI, R.; VESALA, T. Estimatives of the annual net carbon and water exchange of forests: the euroflux methodology. **Advances in Ecological Research**, New York, v. 30, p. 113-175, 2000.

BARCELLOS, A. O. Sistemas extensivos e semi- intensivos de produção: pecuária bovina de corte nos Cerrados. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. p. 130-136.

BOWEN, I. S. The ratio of heat losses by conduction and by evaporation from any water surface. **Physical review**, College Park, v. 27, p. 779-787, 1926.

CARDOSO, F. P. Santa Brachiaria. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 73, p. 7-8, 1996.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, 1999. 412 p.

GRACE, J.; LLOYD, J.; MIRANDA, A. C.; MIRANDA, H.; GASH, J. H. C. Fluxes of carbon dioxide and water vapour over a C<sub>4</sub> pasture in south-western Amazonia (Brasil). **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 25, p. 519-553, 1998.

KELLIHER, F. M.; LEUNING, R.; SCHULZE, E. -D. Evaporation and canopy characteristics of coniferous forests and grasslands. **Oecologia**, Berlin, v. 95, p. 153-163, 1993.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. Past and current human occupation and land use. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Ed.). **The Cerrado of Brazil**. New York: Columbia University Press, 2002. p. 69-88.

OKE, R. **Boundary layer Climates**. 2. ed. London: Routledge, 1987. 435 p.

SAN JOSÉ, J. J.; BRACHO, R.; NIKONOVA, N. Comparison of water transfer as a component of the energy balance in a cultivated grass (*Brachiaria decumbens* Stapf.) field and a savanna during the wet season of the Orinoco Llanos. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 90, p. 65-79, 1998.

SANO, E. E.; BARCELLOS, A. O.; BEZERRA, H. S. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian savanna. **Pasturas Tropicales**, Cali, v. 22, n. 3, p. 2-15, 2000.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. (Ed.). **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 416 p.

SWINBANK, W. C. The measurement of vertical transfer of heat and water vapor by eddies in the lower atmosphere. **Journal of Meteorology**, Boston, v. 8, n. 3, p. 135-145, 1951.