

VARIAÇÃO HORÁRIA E SAZONAL DA RADIAÇÃO SOLAR INCIDIDA E REFLETIDA E SUAS RELAÇÕES COM VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS NO PANTANAL NORTE MATO-GROSSENSE

HOURLY AND SEASONAL VARIATION OF INCIDENT AND REFLECTED SOLAR RADIATION AND THEIR
RELATIONS WITH MICROMETEOROLOGICAL VARIABLES IN NORTH PANTANAL OF MATO GROSSO

Jonathan Willian Zangeski Novais

Doutor em Física Ambiental pela Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT). Professor do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá (UNIC) – Cuiabá (MT), Brasil.

Luciana Sanches

Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidad de Cantabria (UC), Espanha. Professora do Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMT – Cuiabá (MT), Brasil.

Nadja Gomes Machado

Doutora em Física Ambiental pela UFMT. Professora do Instituto Federal de Mato Grosso (IFMT) – Cuiabá (MT), Brasil.

Ludymilla Barboza da Silva

Doutora em Física Ambiental pela UFMT. Coordenadora do Laboratório Morfofuncional da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) – Cáceres (MT), Brasil.

Aryadne Márcia Aquino

Doutora em Física Ambiental pela UFMT. Pesquisadora do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da UFMT – Cuiabá (MT), Brasil.

Thiago Rangel Rodrigues

Doutor em Física Ambiental pela UFMT. Professor do Programa de Pós-graduação em Física Ambiental da UFMT, Cuiabá (MT), Brasil.

Endereço para correspondência:

Jonathan Willian Zangeski Novais
– Rua Barão de Melgaço, 222 –
Porto – 78005-300 – Cuiabá (MT),
Brasil – E-mail:
jonathan.novais@kroton.com.br

RESUMO

Este trabalho analisou a variação horária e sazonal da radiação global incidente e refletida pelo solo e albedo, em uma floresta com dominância de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense em 2012. Essa área apresentou característica particular, tendo diferenças no decorrer do ano, estando ora saturada de umidade apresentando lâmina de água, ora com serrapilheira. O maior albedo ocorreu em setembro, período de seca, apresentando valor médio de 0,39. Esse valor contrasta com o valor médio do período da cheia, 0,09. Foi aplicado o método de correlação de Spearman com o intuito de entender o grau de dependência entre as variáveis, encontrando alta correlação positiva entre albedo e radiação global refletida, e correlação moderada negativa entre o ângulo zenital e radiação global incidente sobre o solo. Foi encontrada correlação moderada negativa entre lâmina de água e radiação global refletida pelo solo e albedo.

Palavras-chave: ângulo zenital; lâmina de água; serrapilheira; *Vochysia divergens* Pohl; radiação global; albedo.

ABSTRACT

The study has analyzed the hourly and seasonal variation of incident solar radiation and the radiation reflected by the ground and albedo, in a woodland area with dominance of *Vochysia divergens* Pohl in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil, in 2012. The studied area presented particular seasonal differences in soil cover: in the flooded period the soil is saturated with moisture, and during the dry period the soil is covered with litter pool. The highest albedo coefficient (0.39) was observed in September, during the dry season. This value contrasts the average for the flooded period (0.09). The Spearman correlation method was employed in order to understand the degree of dependence between variables, and a high positive correlation was seen between albedo and reflected global radiation, whereas a moderate negative correlation was observed between the zenith angle and the global radiation. A moderate negative correlation was also observed between ground water level and reflected solar radiation and albedo.

Keywords: zenith angle; water depth; litter; *Vochysia divergens* Pohl; global radiation; albedo.

INTRODUÇÃO

O Pantanal é uma das maiores planícies de inundação do mundo (RODRIGUES *et al.*, 2011; NOVAIS *et al.*, 2012). É um bom exemplo da complexidade hidrológica das zonas alagadas (DA SILVA, 2000; DA SILVA & GIRARD, 2004; JUNK *et al.*, 2006; FANTIN-CRUZ; LOVERDE-OLIVEIRA; GIRARD, 2008), cobrindo uma área de cerca de 140 mil km² na Bacia Hidrográfica do Alto Paraguai, estendendo por todo oeste do Brasil e partes da Bolívia e do Paraguai, composto por uma gama de floresta tropical e cerrado (CURADO *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2011; NOVAIS *et al.*, 2012).

No período de outubro a março, período das cheias, há um fluxo de águas das regiões mais elevadas do cerrado para as mais baixas, alimentando o volume de água aprisionado na região, devido à baixa declividade do local, de 2 a 3 cm por quilômetro de norte a sul e de 5 a 25 cm de oeste para leste. Assim, a inundação se dá por transbordamento de rios, sendo que a inundação por precipitação ocorre independentemente das inundações fluviais (IRIONDO, 2004; ZEILHOFER & SCHESSL, 2000; ZEILHOFER & MOURA, 2009).

A literatura atual de ciências ambientais e hidrológicas, bem como sobre as variáveis relativas à estrutura do dossel e características de superfície, é limitada pela falta de dados *in loco*, especialmente dados espaciais de longo prazo (ENGMAN, 1996; CONLY & VAN DER KAMP, 2001; MYNENI *et al.*, 2002; MENDOZA *et al.*, 2003; PRICE, 2005; ALLEN; TASUMI; TREZZA, 2007; ZHENG & MOSKAL, 2009). O albedo de áreas úmidas pode ser particularmente difícil de quantificar devido à variação temporal e espacial da inundação (SUMNER; WU; PATHAK, 2011), afetando a refletância do solo

pantaneiro e, conseqüentemente, modificando o microclima abaixo do dossel no decorrer do ano.

O albedo de uma superfície quantifica a fração de entrada de radiação solar que é refletida de volta para a atmosfera. A média diária do albedo da água é menor do que a maioria dos outros sistemas naturais (BRUTSAERT, 1982) e, conseqüentemente, em áreas alagadas existe um contraste nas propriedades reflexivas do solo durante o período de inundação e o seco (SUMNER; WU; PATHAK, 2011).

A mudança na cobertura do solo tem o potencial de mudar o particionamento de energia, afetando o padrão sazonal e a magnitude do albedo (RODRIGUES *et al.*, 2013), o balanço de radiação (VOURLITIS *et al.*, 2008; MINOR, 2009; CHEN *et al.*, 2009) e a partição da energia em forma de calor latente (MENON; LEUNG; CHUNHO, 2008; CURADO *et al.*, 2011), sensível (RODRIGUES *et al.*, 2014), que, por sua vez, poderá afetar o clima local e regional (COSTA & PIRES, 2010; KHAROL *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2016).

Por outro lado, os processos ecofisiológicos, energéticos, hidrológicos e de carbono de um ecossistema também são regulados diretamente pelo albedo (WANG; CHEN; CIHLAR, 2002), que determina diretamente a quantidade de energia solar absorvida pelo solo (NOVAIS *et al.*, 2013), e por conseguinte, a quantidade de energia disponível para o aquecimento do solo e atmosfera inferior e para evaporar a água (RODRIGUES *et al.*, 2013).

O objetivo deste trabalho foi analisar a variação horária e sazonal da radiação global incidida, refletida e do albedo de um solo sazonalmente inundado em floresta do norte do Pantanal Mato-Grossense e suas relações com o ângulo zenital, lâmina de água e serrapilheira.

METODOLOGIA

Localização e descrição da área de estudo e transectos

A área experimental está situada na Reserva Particular do Patrimônio Natural SESC – Pantanal, entre as latitudes 16°20'S e 16°30'S e longitudes 56°25'25"O e 56°25'39"O, aproximadamente a 160 km de Cuiabá, Mato Grosso, no norte do Pantanal (Figura 1).

O clima regional é do tipo Aw, segundo a classificação climática de Köppen, caracterizado por ser quente e úmido

com chuvas no verão e estiagem no inverno. A precipitação pluviométrica oscila entre 800 e 1.500 mm/ano (JOHNSON *et al.*, 2013; FANTIM-CRUZ *et al.*, 2010). A média anual de temperatura do ar oscila entre um máximo de 29 a 32°C e um mínimo de 17 a 20°C (BRASIL, 1997).

Dentro da área em estudo foram delimitados e georreferenciados cinco transectos (denominados A, B, C, D e E)

com 50 m de comprimento e 80 m de distância entre si, contendo 11 pontos cada um, totalizando 55 demarcações (Figura 1). Essa área apresenta uma superfície inclinada no sentido SE/NO, com um aumento na inclinação de aproximadamente 1 cm/12 m do transecto A para o E, correspondendo a 26 cm de variação topográfica.

A topografia da planície de inundação é praticamente plana, levando a inundações durante o período chuvoso (NUNES DA CUNHA & JUNK, 2001). A vegetação local apresenta predominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), seguida por *Licania parvifolia*, *Mouriri elliptica* e *Alchornea discolor*. A dominância de *V. divergens*

diminui do transecto A para o transecto E. O índice de diversidade de Shannon-Wiener aumenta do transecto A para o transecto E à medida que a dominância de *V. divergens* diminui (MACHADO *et al.*, 2015).

Análises de textura do solo nos transectos descrevem um solo com pH ácido variando de 5,6 no transecto A a 5,8 nos demais transectos. O solo no transecto A é um solo franco-argiloso e nos demais transectos, argiloso, segundo análises da textura do solo em amostras coletadas a 0 a 10 cm de profundidade do solo com um trado em 55 pontos em dezembro de 2011 e julho de 2012.

Período de estudo e tratamento dos dados

Para análise dos dados foram considerados quatro períodos no ano de 2012: cheia, período em que há lâmina

de água (janeiro, fevereiro e março); vazante, período em que o pantanal começa a secar (abril a setembro);

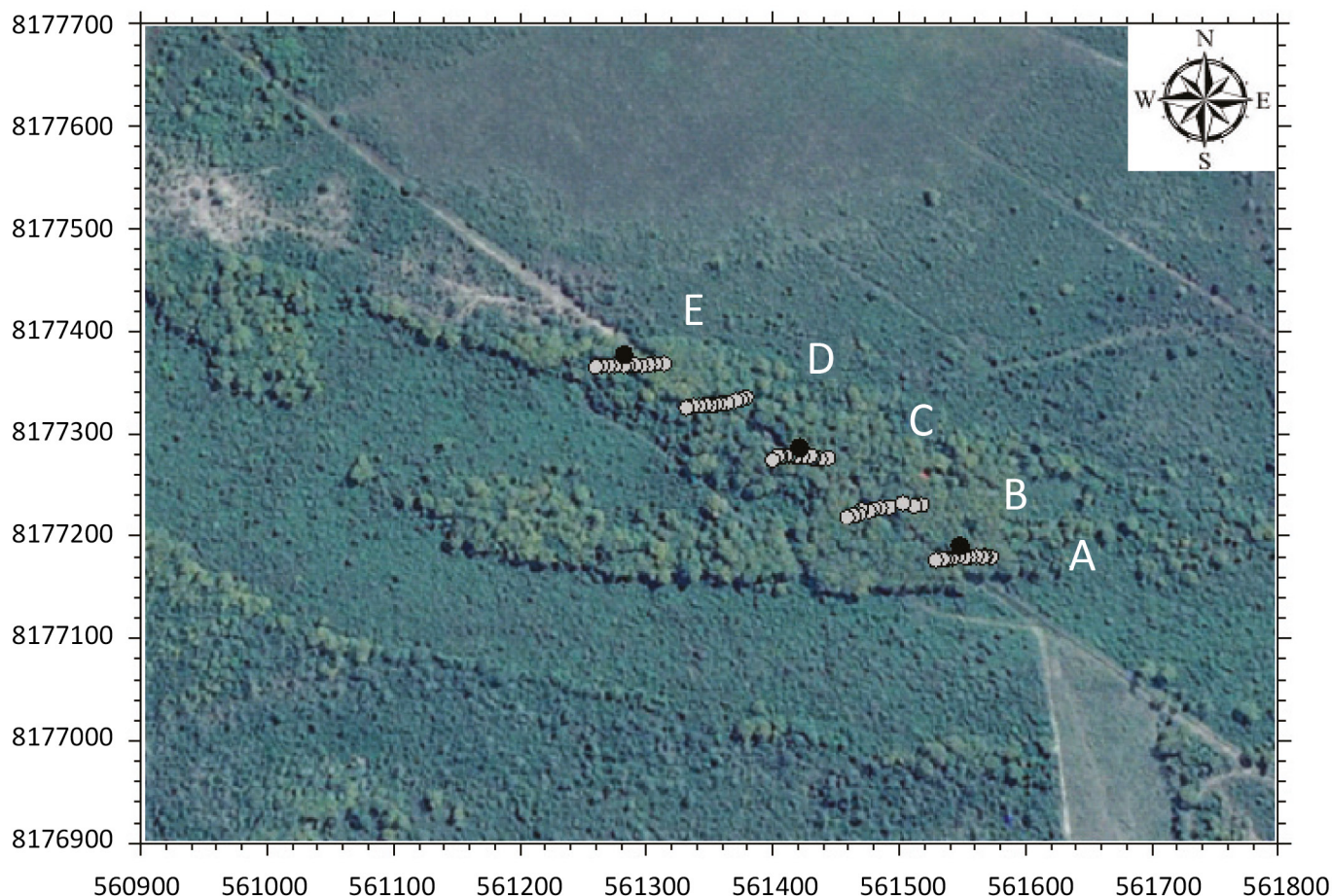


Figura 1 – Localização da área de estudo e dos transectos A, B, C, D e E, totalizando 55 pontos de medição (pontos claros) e três estações meteorológicas (pontos escuros) no Pantanal Mato-Grossense. As coordenadas são indicadas em Universal Transversa de Mercator (UTM).

seca (julho a setembro); e enchente, período de início das chuvas (outubro a dezembro). Essa divisão de períodos é baseada na precipitação e umidade do solo da região e em pesquisas realizadas no Pantanal Norte Mato-grossense que trabalharam com sazonalidade (MESIAS, 2011; BRANDÃO, 2012; CARVALHO, 2013).

Instrumentação meteorológica e determinação de serrapilheira e lâmina de água

A precipitação pluviométrica foi medida por um coletor de dados meteorológicos (Mod. WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland) a aproximadamente 2 km de distância da área em estudo.

Três estações meteorológicas (WatchDog 2000, Spectrum Technologies, USA) foram fixadas nos transectos A, C e E, para medição da radiação solar global incidente que atravessa o dossel ($R_{g_{inc}}$) e radiação global refletida pelo solo ($R_{g_{ref}}$). A 2 m do solo, para a medição da $R_{g_{inc}}$ e $R_{g_{ref}}$ foram instalados dois piranômetros no topo da torre, um com a face voltada para cima e o outro com a face voltada para baixo. Os dados foram coletados e armazenados a cada 30 minutos.

A umidade do solo foi medida por um refletômetro no domínio do tempo (Time Domain Reflectometry, TDR, Hidrosense TM, Campbell Scientific, Austrália), mensalmente em 55 pontos em uma profundidade de 0 a 10 cm, de julho a novembro de 2012, meses que não apresentaram saturação evidente do solo.

Estimativa do albedo do solo

O albedo solo (α_{solo}) foi estimado pela razão entre a radiação global refletida pelo solo abaixo do dossel ($R_{g_{ref}}$) e a radiação global incidente abaixo do dossel ($R_{g_{in}}$) com dados das variáveis meteorológicas monitoradas nos transectos A, C e E (FOKEN, 2008).

No intuito de verificar as relações entre as variáveis foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov como de-

Nas análises estatísticas e figuras foram feitas médias das medidas dos cinco transectos. Para as médias horárias foram calculadas as médias de todos os horários de medição, gerando medidas representativas de um dia característico para cada mês.

A altura da lâmina de água ($L_{água}$, cm) foi medida mensalmente por meio de uma régua graduada em 55 pontos, 11 pontos por transecto, durante os períodos de cheia e inundação (fevereiro a junho e dezembro de 2012).

A serrapilheira acumulada sobre o solo foi coletada mensalmente por meio de um molde vazado (25 x 25 cm), colocado sobre o solo no qual todo material vegetal contido dentro do molde foi retirado como amostra em 20 pontos (HAASE, 1999). Cada transecto possuía quatro pontos de coleta. No laboratório as amostras de produção de serrapilheira e serrapilheira acumulada sobre o solo foram transferidas para sacos de papel kraft identificados e colocados em estufa de circulação forçada (Orion 520, FANEM, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 70°C durante 72 h ou até apresentarem peso constante. Posteriormente foram pesadas separadamente em balança analítica (AD 500, Marte, Santa Rita do Sapucaí, Brasil).

cisão para uso da estatística não paramétrica. Em seguida foi utilizada a correlação de Spearman (ρ) para verificar o grau de correlação entre o albedo do solo e outras variáveis (SPEARMAN, 1904). Dancy e Reidy (2006) apontam uma classificação para os valores de ρ : $0,1 < \rho < 0,4$ (correlação fraca), $0,4 < \rho < 0,7$ (correlação moderada); $0,7 < \rho < 1$ (correlação forte).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Lâmina de água, umidade do solo e precipitação

Houve sazonalidade na precipitação acumulada, umidade do solo e lâmina de água mensal média abaixo do dossel no decorrer do ano de 2012, conforme Figura 2.

A precipitação acumulada anual foi 1.638 mm, sendo que 48% da precipitação ocorreu no período de enchente, e apenas 1% ocorreu no período de seca.

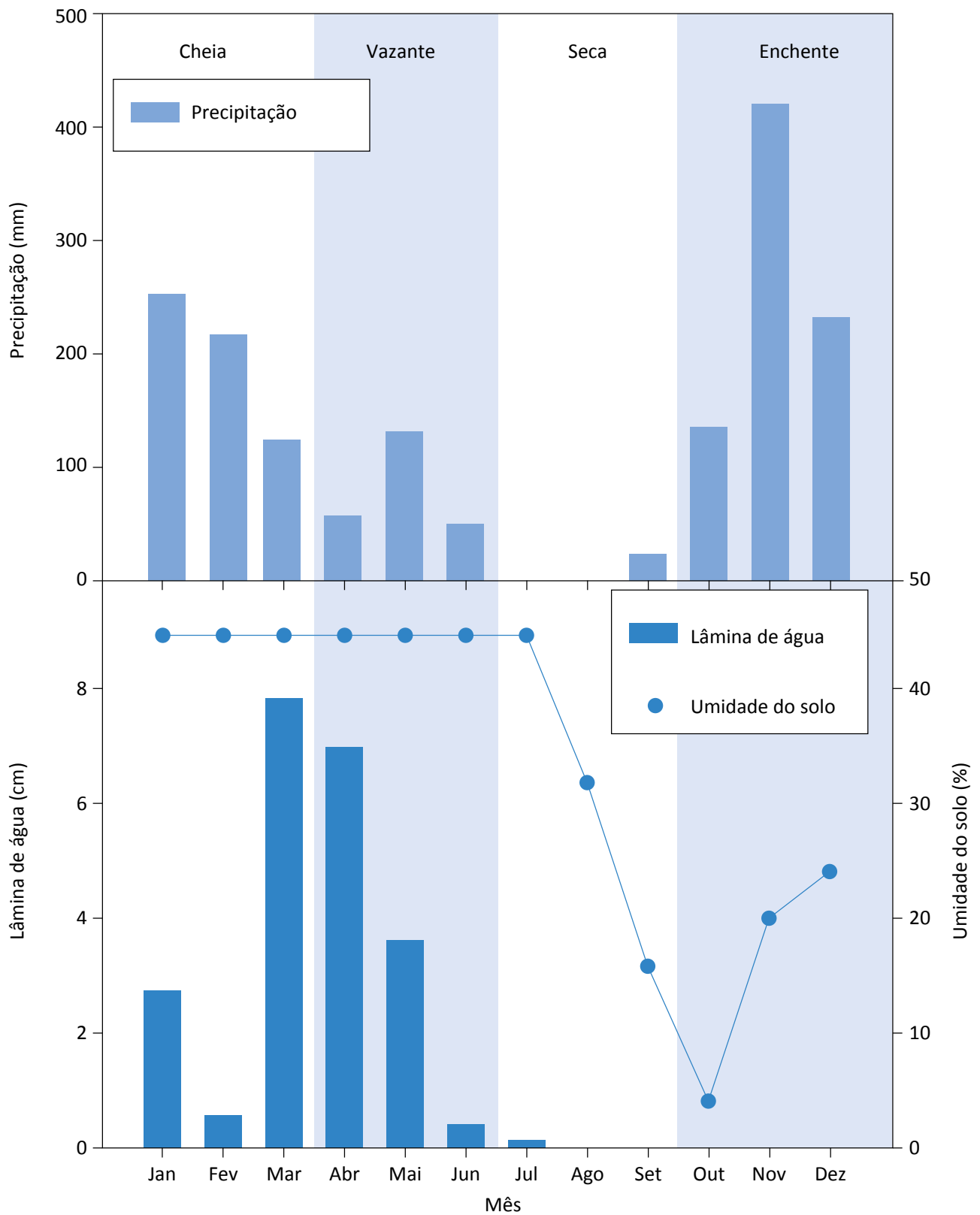


Figura 2 – Precipitação acumulada mensal, lâmina de água sobre o solo e umidade do solo abaixo do dossel no Pantanal Mato-Grossense nos períodos de cheia, vazante, seca e enchente em 2012.

A média da precipitação pluviométrica em 2012 foi 136,49 mm.

A precipitação teve o seu máximo em novembro de 2012, com aproximadamente 421 mm, contrastando com julho e agosto, em que não choveu.

Sanches *et al.* (2011) encontraram 1.414 mm de precipitação acumulada e 117 mm de média mensal, para o ano de 2007 no Pantanal Mato-grossense, tendo os meses de novembro e dezembro as maiores precipitações, 50% do total anual. Para Fantim-Cruz *et al.* (2010), 80% da precipitação ocorreu entre novembro e março, sendo esse percentual de acordo com outros estudos realizados próximos ao local deste estudo (RODRIGUES *et al.*, 2011; CURADO *et al.*, 2011). Esse total de precipitação está de acordo com a média de longo prazo da região, 1.420 mm (MACHADO *et al.*, 2004; VOURLITIS & DA ROCHA, 2011). Para Cuiabá, Mato Grosso, a média anual, com base em registro de 103 anos, de 1901 a 2003, é 1.383mm (FANTIM-CRUZ *et al.*, 2010).

Durante janeiro a junho houve saturação da umidade do solo, com lâmina de água sobre o solo, tendo seu

maior valor em março. No final do ano de 2012, após a grande quantidade de precipitação em novembro e dezembro, o solo voltou a apresentar saturação. Essa variação da coluna superficial de água faz com que o Pantanal (CURADO *et al.*, 2011; RODRIGUES *et al.*, 2011) se torne uma peculiaridade em relação às regiões de Cerrado (RODRIGUES *et al.*, 2013) que se encontram muito próximas ao local de estudo, pois a coluna de água muda a interação da radiação incidente com a superfície, o que torna a dinâmica das partições do balanço de energia diferentes, mudando também a dinâmica térmica no solo (NOVAIS *et al.*, 2012).

A partir do mês junho, com a diminuição da precipitação, ocorreu queda na umidade do solo, atingindo seu mínimo em setembro, 3,81%. A inundação nessa área se deve principalmente à baixa capacidade de percolação de água no solo devido às características do solo e à topografia relativamente plana da área. As maiores $L_{\text{água}}$ ocorreram no transecto E (atingindo 6,2 cm), e as menores no transecto A (1,4 cm), devido à variação da cota topográfica (NOVAIS *et al.*, 2015).

Variação horária mensal da radiação global e albedo do solo

Utilizando as medições horárias calculou-se um dia médio para cada para radiação global incidente abaixo do dossel ($R_{g_{\text{inc}}}$), radiação refletida pelo solo ($R_{g_{\text{ref}}}$), e albedo do solo (α_{solo}).

Observa-se pela Figura 3 que as maiores $R_{g_{\text{inc}}}$ ocorreram no período de enchente em dezembro, atingindo 211,67 Wm^{-2} abaixo do dossel. Os maiores valores de $R_{g_{\text{ref}}}$ ocorreram na seca, no mês de setembro, com valor médio máximo de 32,17 Wm^{-2} .

Os maiores valores de α_{solo} também ocorreram no período de seca, destacando-se o mês de setembro, com valor de 0,39 às 11:30 horas. O albedo médio do período de cheia foi de aproximadamente 0,09, enquanto que do período de seca foi aproximadamente 0,29, aumentando cerca de 3 vezes seu valor.

Em agosto houve uma acentuada senescência foliar, cobrindo o chão totalmente com uma grossa camada de folhas secas, que possuem coloração mais clara que o solo nu e o solo encharcado, mudando a re-

fletância da superfície, aumentando assim o albedo da superfície.

A média diária do albedo da água é menor do que a da maioria das outras superfícies naturais (BRUTSAERT, 1982) e, portanto, o contraste entre as características reflexivas de uma zona úmida e seca deve ser substancial. A superfície livre de água não reflete apenas difusamente, há também reflexão espectral. Assim, o máximo de reflexão depende do ângulo de reflexão (e portanto do ângulo de incidência), porém nesse trabalho os piranômetros sempre ficaram perpendiculares à superfície, não mudando o ângulo de incidência de radiação sobre o sensor.

Incertezas associadas às medidas de radiação podem ser notadas. A radiação pode ser superestimada se a radiação que atravessou a copa é focada diretamente sobre o sensor instalado por baixo da copa. Alternativamente, a radiação pode ser subestimada se houver um impedimento físico levando à subestimação dos dados (PINTO JUNIOR *et al.*, 2011).

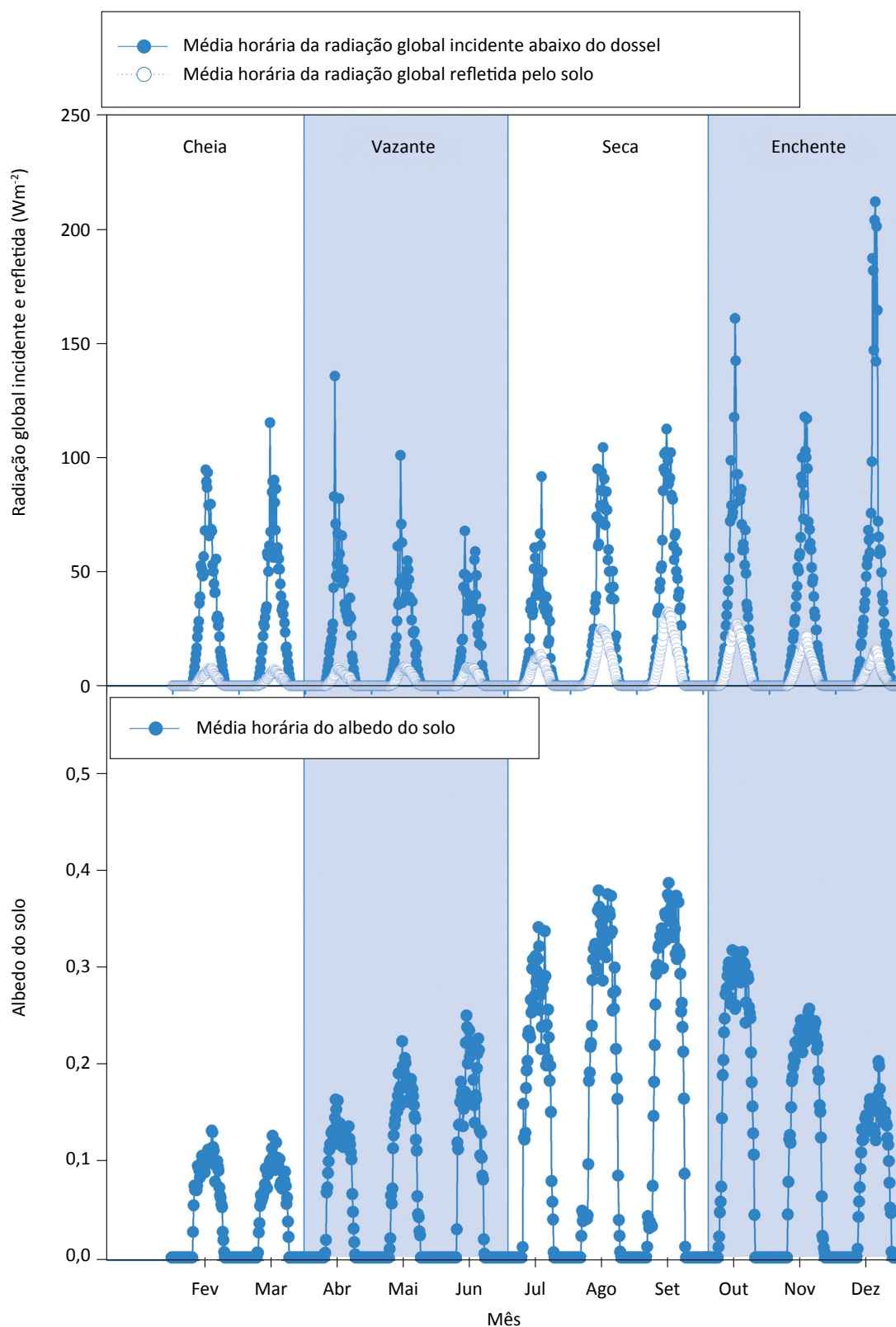


Figura 3 – Média horária da radiação global incidente abaixo do dossel, radiação global refletida pelo solo e albedo do solo em cada mês no Pantanal mato-Grossense, respectivamente nos períodos de cheia, vazante, seca e enchente em 2012.

Correlações entre albedo, radiação global, ângulo zenital e serrapilheira

Analisou-se a relação da Rg_{inc} , Rg_{ref} e α_{solo} com o ângulo zenital e fez-se a correlação de Spearman entre as variáveis (Tabela 1).

Os valores mais baixos de Rg_{inc} ocorreram quando os ângulos zenitais foram mais elevados, quando o caminho feito pela radiação no interior da cobertura é maior, aumentando a chance de absorção por folhas e galhos (SENNÁ & COSTA; SHIMABUKURO, 2005). A Rg_{inc} mostrou correlação moderada e negativa, ou seja, quanto maior o ângulo zenital, menos Rg_{inc} chega abaixo do dossel. Quanto maior o ângulo zenital, maior o caminho que a luz atravessará dentro do dossel, justificando as correlações negativas. Observa-se

uma alta correlação positiva, 0,825, entre as variáveis Rg_{ref} e α_{solo} .

Correlacionou-se as variáveis de Rg_{inc} , Rg_{ref} e R_{Rg} com a L_{agua} , em março, mês em que ocorreram os maiores valores de L_{agua} (Tabela 2).

A L_{agua} apresentou correlação negativa com as variáveis de Rg_{ref} e α_{solo} , porém não se correlacionou com a Rg_{inc} .

Uma correlação negativa indica que uma maior L_{agua} faz com que menos radiação seja refletida e diminua o α_{solo} da superfície, mostrando que a presença de L_{agua} é determinante no α_{solo} no período de cheia.

Tabela 1 – Correlação de Spearman entre ângulo zenital, radiação global incidente sobre o solo, radiação global refletida pelo solo e albedo do solo em floresta sazonalmente alagada no Pantanal Mato-Grossense.

	Rg_{inc}	Rg_{ref}	α_{solo}
Z	-0,417 ¹	-0,152 ¹	-0,002 ¹
	0,000 ²	0,009 ²	0,977 ²
Rg_{inc}	–	0,648 ¹	-0,167 ¹
	–	0,000 ²	0,000 ²
Rg_{ref}	–	–	0,825 ¹
	–	–	0,000 ²

Z: ÂNGULO ZENITAL; Rg_{inc} : RADIAÇÃO GLOBAL INCIDENTE SOBRE O SOLO; Rg_{ref} : RADIAÇÃO GLOBAL REFLETIDA PELO SOLO; α_{solo} : ALBEDO DO SOLO; ¹COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO; ²VALOR P.

Tabela 2 – Correlação de Spearman: entre lâmina de água, radiação global incidente sobre o solo, radiação global refletida pelo solo e albedo do solo em floresta sazonalmente alagada no Pantanal Mato-Grossense em março de 2012.

	Rg_{inc}	Rg_{ref}	α_{solo}
L_{agua}	-0,00 ¹	-0,45 ¹	-0,40 ¹
	0,987 ²	0,00 ²	0,00 ²
Rg_{inc}	–	0,12 ¹	-0,462 ¹
	–	0,37 ²	0,00 ²
Rg_{ref}	–	–	0,77 ¹
	–	–	0,00 ²

L_{AGUA} : LÂMINA DE ÁGUA; Rg_{inc} : RADIAÇÃO GLOBAL INCIDENTE SOBRE O SOLO; Rg_{ref} : RADIAÇÃO GLOBAL REFLETIDA PELO SOLO; α_{solo} : ALBEDO DO SOLO; ¹COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO; ²VALOR P.

A correlação moderada da lâmina de água pode indicar que outro fator influenciou essa variação. Foi visto no local que a coloração da água variou no decorrer do ano, estando ora límpida, início da cheia, e ora mais escura, no final da cheia.

Os maiores valores de densidade de serrapilheira ocorreram nos meses de agosto, com média de 1408,75 g/m².

A decomposição das folhas causa variação de todos os pigmentos. A estrutura interna da folha entra em colapso, principalmente a celulose, ficando em diferentes estágios de decomposição, mudando de cor de amarelo ao marrom, cinza ao preto (VAN LEEUWEN & HUETE, 1996).

A variação do conteúdo de água no solo influencia diretamente na fisiologia vegetal. Estudos realizados (SILVA; LOPES; AZEVEDO, 2005; SANCHES *et al.*, 2008) têm demonstrado sazonalidade na produção de serrapilheira, podendo ser atribuído à característica de espécies vegetais de áreas tropicais que perdem suas folhas na época seca de modo a perder menos água nas trocas gasosas.

A serrapilheira começa a se formar com maior intensidade no final de setembro e início de outubro (Figura 4), tendo os meses de outubro e novembro como os meses de maior produção de serrapilheira. Porém é também em outubro que se iniciam as chuvas, aumentando gradativamente a umidade do solo e mudando novamente o albedo. Por mais que pareça irrelevante

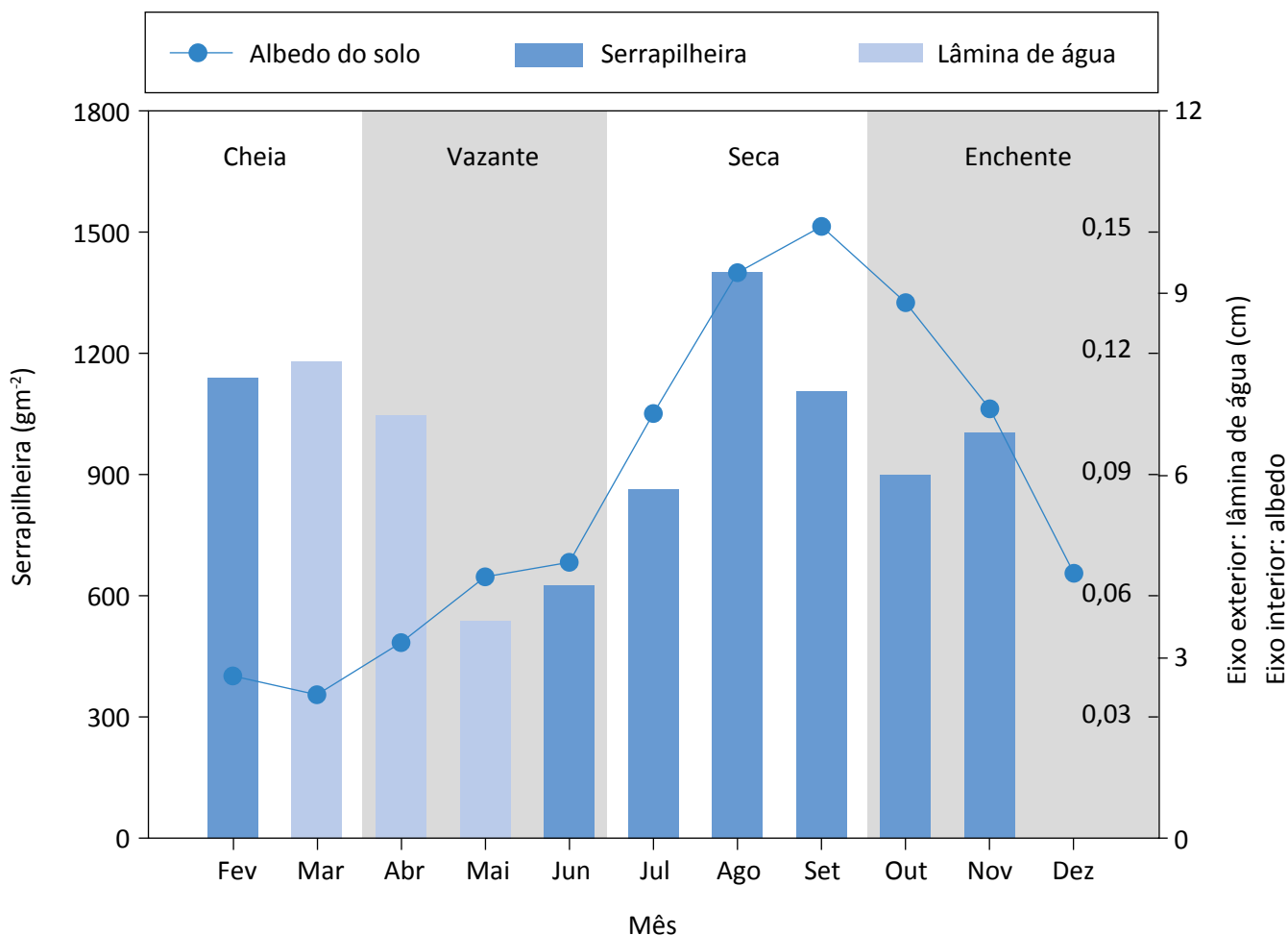


Figura 4 – Albedo do solo, serrapilheira acumulada sobre o solo e lâmina de água sobre o solo, em cada mês no Pantanal Mato-Grossense nos períodos de cheia, vazante, seca e enchente em 2012.

a serrapilheira de agosto e setembro comparada aos meses de outubro e novembro, essa cobertura foliar já foi o bastante para causar variação no albedo.

O solo coberto com serrapilheira ou com água apresenta tons diferenciados, fazendo o solo refletir de

maneiras diferentes a radiação no decorrer do ano. Dessa forma, a sazonalidade do albedo influencia diretamente nos balanços de radiação e energia, sendo necessários novos estudos que relacionem o balanço de energia abaixo do dossel com albedo do solo.

CONCLUSÃO

Conclui-se que houve sazonalidade na precipitação, radiação global incidente e refletida pelo solo e do albedo. O maior albedo ocorreu em setembro, período de seca, no horário de 11:30 da manhã.

Houve alta correlação positiva entre albedo e radiação global refletida, e correlação moderada negativa entre o ângulo zenital e a radiação global incidente sobre o solo. Houve correlação moderada negativa entre lâ-

mina de água e radiação global refletida pelo solo e albedo, indicando que a coloração da água influenciou o processo.

Houve influência na mudança de cobertura nos valores de albedo, sendo na seca até três vezes maior, em média, em relação ao período de cheia, afetando assim o balanço energético e o desencadeamento de processos biológicos e micrometeorológicos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) (Processo 47880/2010-6) e da Fundação de Amparo à Pesquisa de Mato Grosso (FAPEMAT) (Processo 286742/2010), o suporte adicional da Coor-

denação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o suporte logístico da Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT) e da Estância Ecológica SESC Pantanal, e o Programa Nacional de Pós-doutorado (PNPD/CAPES).

REFERÊNCIAS

ALLEN R. G.; TASUMI M.; TREZZA R. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC) – Model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v. 133, n. 4, p. 380-394, 2007.

BRANDÃO, A. B. *Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ do solo em área de cerrado no Pantanal Mato-Grossense*. 59 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai (PCBAP): diagnóstico dos meios físico e biótico*. Brasília: MMA, 1997.

BRUTSAERT, W. *Evaporation into the atmosphere: theory, history and applications*. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1982.

CARVALHO, P. V. *Estudo do fluxo de CO₂ e do estoque de carbono do solo em área de interflúvio no pantanal município de Poconé, Mato Grosso*. 68 f. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

CHEN, S.; CHEN, J.; LIN, G.; ZHANG, W.; MIAO, H.; WEI, L.; HUANG, J.; HAN, X. Energy balance and partition in Inner Mongolia steppe ecosystems with different land use types. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 149, n. 11, p. 1800-1809, 2009.

- CONLY, F. M.; VAN DER KAMP, G. Monitoring the hydrology of Canadian prairie wetlands to detect the effects of climate change and land use changes. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 67, n. 1-2, 195-215, 2001.
- CURADO, L. F. A.; RODRIGUES, T. R.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G.; VENTURA, T. M.; MUSIS, C. R.; NOGUEIRA, J. S. Adjustment of Brunt's equation parameters for the Northern Brazilian Pantanal. *Journal of ecology and the Natural Environment*, v. 3, n. 4, p. 157-162, 2011.
- COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. *International Journal of Climatology*, v. 30, n. 13, p. 1970-1979, 2010.
- DA SILVA, C. J. Ecological basis for the management of the Pantanal-Upper Paraguay River basin. In: SMITS, A. J. M.; NIENHUIS, P. H.; LEUVEN, R. S. E. W (Eds.). *New approaches to river management*. Leuven: Bachuys. p. 97-117, 2000.
- DA SILVA, C. J.; GIRARD P. New challenges in the management of the Brazilian Pantanal and catchment area. *Wetlands Ecology and Management*, v. 12, p. 553-561, 2004.
- DANCEY, C.; REIDY, J. *Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows*. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ENGMAN, E. T. Remote sensing applications to hydrology: future impact. *Hydrological Sciences Journal*, v. 41, n. 4, p. 637-647, 1996.
- FANTIN-CRUZ, I.; LOVERDE-OLIVEIRA, S.; GIRARD, P. Caracterização morfométrica e suas implicações na limnologia de lagoas do Pantanal Norte. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, v. 30, n. 2, p. 133-140, 2008.
- FANTIN-CRUZ, I.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; COLLISCHONN, W., NUNES DA CUNHA, C. Unidades fitofisionômicas em mesoescala no Pantanal Norte e suas relações com a geomorfologia. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 2, p. 31-38, 2010.
- FOKEN, T. *Micrometeorology*. Bayreuth: Springer, 2008. Traduzido por NAPPO, C. J.
- HAASE, R. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. *Forest Ecological Management*, v. 117, p. 129-147, 1999.
- IRIONDO, M. Large wetlands of South America: a model for quaternary humid environments. *Quaternary International*, v. 114, n. 1, p. 3-9, 2004.
- JOHNSON, M. S.; COUTO E. G., PINTO JUNIOR, O. B.; MILESI, J.; AMORIM R. S. S.; MESIAS, I. A. M.; BIUDES, M. S. Soil CO₂ dynamics in a tree island soil of the Pantanal: the role of soil water potential. *PLoS ONE*, v. 8, n. 6, e64874, 2013.
- JUNK, W. J.; CUNHA, C. N.; WANTZEN, K. M.; PETERMANN, P.; STRÜSSMANN, C.; MARQUES, M. I.; ADIS, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Aquatic Sciences*, v. 68, p. 278-309, 2006.
- KHAROL, S. K.; KASKAOUTIS, D. G.; BADARINATH, K. V. S.; SHARMA, A. R.; SINGH, R. P. Influence of land use/land cover (LULC) changes on atmospheric dynamics over the arid region of Rajasthan state, India. *Journal of Arid Environments*, v. 88, p. 90-101, 2013.
- MACHADO, L. A. T.; LAURENT, H.; DESSAY, N.; MIRANDA, I. Seasonal and diurnal variability of convection over the Amazonia: a comparison of different vegetation types and large scale forcing. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 78, n. 1, p. 61-77, 2004.
- MACHADO, N. G.; SANCHES, L.; SILVA, L. B.; NOVAIS, J. W. Z.; AQUINO, A. M.; BIUDES, M. S.; PINTO JUNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S. Soil nutrients and vegetation structure in a neotropical seasonal wetland. *Applied Ecology and Environmental Research*, v. 13, n. 2, p. 289-305, 2015.

- MEMON, R. A.; LEUNG, D. Y.; CHUNHO, L. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences (China)*, v. 20, n. 1, p. 120-128, 2008.
- MENDOZA, G. F.; STEENHUIS, T. S.; WALTER, M. T.; PARLANGE, J. Y. Estimating basin-wide hydraulic parameters of a semi-arid mountainous watershed by recession flow analysis. *Journal of Hydrology*, v. 279, n. 1-4, p. 57-69, 2003.
- MESSIAS, I. A. M. *Monitoramento contínuo do potencial redox e de variáveis complementares em ambiente hipersazonal no Pantanal de Barão de Melgaço*. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.
- MINOR, M. A. Surface energy balance and 24-h evapotranspiration on an agricultural landscape with SRF willow in central New York. *Biomass and Bioenergy*, v. 33, n. 12, p. 1710-1718, 2009.
- MYNENI, R. B.; HOFFMAN, S.; KNYAZIKHIN, Y.; PRIVETTE, J. L.; GLASSY, J.; TIAN, Y.; WANG, Y.; SONG, X.; ZHANG, Y.; SMITH, G. R.; LOTSCH, A.; FRIEDL, M.; MORISETTE, J. T.; VOTAVA, P.; NEMANI, R. R.; RUNNING, S. W. Global products of vegetation leaf area and fraction absorbed PAR from year one of MODIS data. *Remote Sensing of Environment*, v. 83, n. 2, p. 214-231, 2002.
- NOVAIS, J. W. Z.; RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; OLIVEIRA, A. G.; DE PAULO, S. R.; NOGUEIRA, J. S. Variabilidade sazonal horária das propriedades térmicas em gleissolo háplico no norte do Pantanal. *Semina Ciências Agrárias*, v. 33, n. 6, supl. 1, 2563-2570, 2012.
- NOVAIS, J. W. Z.; RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; OLIVEIRA, A. G.; DE PAULO, S. R.; NOGUEIRA, J. S.; OLIVEIRA, R. G. Geothermal dynamics in *Vochysia Divergens* forest in a Brazilian wetland. *Air, Soil and Water Research*, v. 6, p. 47-52, 2013.
- NOVAIS, J. W. Z.; SANCHES, L.; SILVA, L. B.; MACHADO, N. G.; AQUINO, A. M.; PINTO JUNIOR, O. B. Albedo do solo em área inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Norte do Pantanal. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2015. No prelo.
- NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. Distribution of wood plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. *International Journal of Ecology and Environmental*, v. 27, n. 2, p. 63-70, 2001.
- PINTO JUNIOR, O. B.; SANCHES, L.; LOBO, F. A.; BRANDÃO, A. A.; NOGUEIRA, J. S. Leaf area index of a tropical semi-deciduous forest of the Southern Amazon Basin. *International Journal of Biometeorology*, v. 55, n. 2, p. 109-118, 2011.
- PRICE, J. S.; BRANFIREUN, B. A.; WADDINGTON, J. M.; DEVITO, K. J. Advances in Canadian wetland hydrology, 1999–2003. *Hydrological Processes*, v. 19, n. 1, p. 201-214, 2005.
- RODRIGUES, T. R.; CURADO, L. F. A.; NOVAIS, J. W. Z.; OLIVEIRA, A. G.; DE PAULO, S. R.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Distribuição dos componentes do balanço de energia do Pantanal Mato-Grossense. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v. 9, n. 2, p. 165-175, 2011.
- RODRIGUES, T. R.; DE PAULO, S. R.; NOVAIS, J. W. Z.; CURADO, L. F. A.; NOGUEIRA, J. S.; DE OLIVEIRA, R. G.; LOBO, F. A.; VOURLITIS, G. L. Temporal patterns of energy balance for a Brazilian tropical savanna under contrasting seasonal conditions. *International Journal of Atmospheric Sciences*, v. 2013, p. 1-9, 2013.
- RODRIGUES, T. R.; VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; DE OLIVEIRA, R. G.; NOGUEIRA, J. S. Seasonal variation in energy balance and canopy conductance for a tropical savanna ecosystem of south central Mato Grosso, Brazil. *Journal of Geophysical Research Biogeosciences*, v. 119, n. 1, p. 1-13, 2014.
- RODRIGUES, T. R.; VOURLITIS, G. L.; LOBO, F. A.; SANTANNA, F. B.; ARRUDA, P. H. Z.; NOGUEIRA, J. S. Modeling canopy conductance under contrasting seasonal conditions for a tropical savanna ecosystem of south central Mato Grosso, Brazil. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 218-219, p. 218-229, 2016.

SANCHES, L.; SULI, G. S.; PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S. Índice de área foliar em floresta de transição Amazônia Cerrado em diferentes métodos de estimativa. *Ciência e Natura*, v. 30, n. 1, p. 57-69, 2008.

SANCHES, L.; VOURLITIS, G. L.; ALVES, M. C.; PINTO JUNIOR, O. B.; NOGUEIRA, J. S. Seasonal patterns of evapotranspiration for a *Vochysia divergens* Forest in the Brazilian Pantanal. *Wetlands*, v. 31, n. 6, p. 1215-1225, 2011.

SENNA, M. C. A.; COSTA, M. H.; SHIMABUKURO, Y. E. Fraction of photosynthetically active radiation absorbed by Amazon tropical forest: a comparison of field measurements, modeling, and remote sensing. *Journal of Geophysical Research Biogeosciences*, v. 110, n. G1, p. 1-8, 2005.

SILVA, B. B.; LOPES, G. M.; AZEVEDO, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT 5-TM. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 13, n. 2, p. 11-21, 2005.

SPEARMAN, C. The proof and measurement of association between two things. *American Journal Psychology*, v. 15, n. 1, p. 72-101, 1904.

SUMNER, D. M.; WU, Q.; PATHAK, C. S. Variability of albedo and utility of the MODIS albedo product in forested wetlands. *Wetlands*, v. 31, p. 229-237, 2011.

VAN LEEUWEN, W. J. D.; HUETE, A. R. Effects of standing litter on the biophysical interpretation of plant canopies with spectral indices. *Remote Sensing Environment*, v. 55, n. 2, p. 123-138, 1996.

VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S.; LOBO, F. A.; SENDALL, K. M.; DE PAULO, S. R.; DIAS, C. A. A.; PINTO JUNIOR, O. B.; ANDRADE, N. L. R. Energy balance and canopy conductance of a tropical semi-deciduous forest of the southern Amazon Basin. *Water Resources Research*, v. 44, n. 3, W03412, 2008.

VOURLITIS, G. L.; ROCHA, H. R. Flux dynamics in the Cerrado and Cerrado-forest transition of Brazil. In: HILL, M. J.; HANAN, N. P. (Eds.) *Ecosystem function in savannas: measurement and modeling at landscape to global scales*. Boca Raton: CRC Press, 2011. p. 97-116.

WANG, S.; CHEN, J.; CIHLAR, J. New calculation methods of diurnal distributions of solar radiation and its interception by canopy over complex terrain. *Ecological Modelling*, v. 155, n. 2-3, p. 191-204, 2002.

ZEILHOFER, P.; SCHESSL, M. Relationship between vegetation and environmental conditions in the northern Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Journal of Biogeography*, v. 27, n. 1, p. 159-168, 2000.

ZEILHOFER, P.; MOURA, R. M. Hydrological changes in the northern Pantanal caused by the Manso dam: impact analysis and suggestions for mitigation. *Ecological Engineering*, v. 35, n. 1, p. 105-117, 2009.

ZHENG, G.; MOSKAL, L. M. Retrieving leaf area index (LAI) using remote sensing: theories, methods and sensors. *Sensors*, v. 9, n. 4, p. 2719-2745, 2009.