

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**EFEITO DA REMOÇÃO DE UMA FLORESTA DE
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO NO
MICROCLIMA**

DALILA MORGANA DE SOUZA MÜTZENBERG

PROFA. DRA. NADJA GOMES MACHADO
Orientadora

Cuiabá, MT
Janeiro/2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA AMBIENTAL

**EFEITO DA REMOÇÃO DE UMA FLORESTA DE
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO NO
MICROCLIMA**

DALILA MORGANA DE SOUZA MÜTZENBERG

*Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Física Ambiental da Universidade
Federal de Mato Grosso como parte
dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Física
Ambiental.*

PROFA. DRA. NADJA GOMES MACHADO
Orientadora

Cuiabá, MT
Janeiro/2016

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

M993e Mützenber, Dalila Morgana de Souza.
EFEITO DA REMOÇÃO DE UMA FLORESTA DE
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO NO MICROCLIMA /
Dalila Morgana de Souza Mützenber. -- 2016
43 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Nadja Gomes Machado.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de
Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2016.
Inclui bibliografia.

1. Cerrado, clima local, redução das áreas de floresta, estação seca.. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Permitida a reprodução parcial ou total, desde que citada a fonte.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO
INSTITUTO DE FÍSICA
Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental

FOLHA DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFEITO DA REMOÇÃO DE UMA FLORESTA DE
TRANSIÇÃO AMAZÔNIA-CERRADO NO MICROCLIMA

AUTORA: DALILA MORGANA DE SOUZA MÜTZENBERG

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em 27 de janeiro de 2016, pela
comissão julgadora:


Prof. Dra. Nadja Gomes Machado
Orientadora

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso - IFMT


Prof. Dr. Leone Francisco Amorim Curado
Examinador Interno
Instituto de Física – UFMT


Prof. Dr. Victor Hugo de Moraes Danelichen
Examinador Externo
Universidade de Cuiabá - UNIC

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Marilange e João,
por todo apoio e carinho nos
momentos difíceis e alegres.

Ao meu irmão Guilherme Ricardo,
pelo amor de irmão partilhado.

AGRADECIMENTOS

A Prof^a. Dr^a. Nadjá Gomes Machado, pela orientação, apoio, confiança e amizade, possibilitando o desenvolvimento desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Marcelo Sacardi Biudes, pelo ensinamento partilhado e ajuda para conclusão deste.

Ao Prof. Dr. José de Souza Nogueira, pelos conselhos e incentivo para persistir e concluir esta etapa.

Ao Instituto Federal de Mato Grosso – Campus Bela Vista (IFMT), pela logística ofertada para coleta de dados desta pesquisa.

Ao grupo Global Energia, por contribuir com hospedagem e alimentação na PCH Baruíto, em Campo Novo do Parecis-MT.

Aos colegas de viagem Atilio e Claudiomar, por sempre nos proporcionarem viagens seguras.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental da Universidade Federal de Mato Grosso, que compartilharam seus conhecimentos contribuindo para escrita desta pesquisa.

Aos companheiros de campo, de modo especial a Lucas Peres Angelini e Débora Aparecida Souza Guedes, muito mais que colegas de trabalho e de descontração no campo, mas fiéis amigos que permanecerem além da conclusão desta pesquisa.

A todos os colegas da Pós-Graduação em Física Ambiental, pelos momentos de descontração, alegria e contribuição para realização deste, em especial a Lucas Peres Angelini, Danielle Cristine Stenner Nassarden, Jéssica da Silva Linhares Frederico, Pabline Cynthia Batista da Silva, Marcos Fausto, Victor Hugo de Moraes Danelichen e Maísa Caldas Souza.

Aos meus pais, pela compreensão sendo ausente nos momentos em família para dedicação e realização desta.

À FAPEMAT, por financiar a pesquisa e ao CNPQ, pela bolsa concedida para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1PROBLEMÁTICA.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3HIPÓTESES.....	14
1.4 OBJETIVOS.....	14
1.4.1 OBJETIVO GERAL.....	14
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 FLORESTAS DE TRANSIÇÃO AMAZÔNICA-CERRADO.....	15
2.2 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS.....	16
2.3 DESMATAMENTO E CLIMA EM FLORESTA.....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	22
3.2 INSTRUMENTAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA.....	23
3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	23
4. RESULTADOS.....	22
5. DISCUSSÃO.....	31
6. CONCLUSÕES.....	33
7. REFERÊNCIAS.....	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudo na PCH Baruíto em Campo Novo do Parecis, MT, Brasil. O ponto branco representa floresta e o ponto preto representa solo exposto	21
Figura 2. Precipitação acumulada mensal (Ppt; A), média mensal da radiação solar global (Rg; B), média mensal da umidade relativa do ar (UR; C), velocidade média mensal do vento (Vento; D) em floresta de transição Amazônia-Cerrado. As barras cinzas representam a estação seca	24
Figura 3. Temperatura mínima do ar (T_{armin} ; A), temperatura máxima do ar (T_{armax} ; B), temperatura média do ar (T_{armed} ; C), e temperatura do solo (T_{solo} ; D) em floresta de transição Amazônia-Cerrado. As barras cinzas representam a estação seca	25
Figura 4 – Média horária da radiação solar global (Rg; A, B), temperatura média do ar (T_{armed} ; C, D), e temperatura do solo (T_{solo} ; E, F) em floresta de transição Amazônia-Cerrado	26
Figura 5 – Média horária da umidade relativa do ar (UR; A, B), e velocidade do vento (Vento; C, D), em floresta de transição Amazônia-Cerrado	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intervalo de confiança e variação interanual de radiação solar global (W/m^{-2}), temperatura média, máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) e velocidade do ar (m/s^{-1}), em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado.....

.....23

Tabela 2 - Correlação de Spearman entre as variáveis micrometeorológicas. (Flo = floresta; Sxp = solo exposto

.....28

RESUMO

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando 21% do território nacional. Possui um clima estacional no qual o período chuvoso é seguido por um período seco. Metade, dos dois milhões de km², originais do Cerrado foi transformado por alteração na cobertura vegetal ou no uso do solo, que ocasionou redução das áreas de floresta e a degradação de habitat naturais acarretando consequências sobre o clima local e o funcionamento do ecossistema. Deste modo, o objetivo foi compreender o efeito da mudança na cobertura do solo sobre a condição climática local em uma área de transição Amazônia-Cerrado. A área de estudo está localizada a aproximadamente 500 km de Cuiabá, na Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Barúito, situada no município de Campo Novo do Parecis, MT. O experimento foi conduzido em um fragmento florestal de transição Amazônia-Cerrado e em solo exposto, de janeiro de 2012 a dezembro de 2013, no qual a radiação solar, precipitação acumulada, temperatura do ar, temperatura do solo, umidade relativa do ar e velocidade do vento foram analisados em solo exposto e em floresta considerando estação seca e estação chuvosa. A precipitação acumulada teve máxima na estação chuvosa no ano de 2013. A radiação solar apresentou valores ligeiramente mais elevados na estação seca. A umidade relativa foi mais elevada durante a estação chuvosa. A temperatura média do ar foi maior durante a estação chuvosa, enquanto que a temperatura máxima do ar não mostrou sazonalidade entre as estações. A temperatura mínima do ar foi menor na estação seca, apresentando sazonalidade. Em análise, as temperaturas de ar médias e mínimas não apresentaram diferença sazonal significativa entre as estações enquanto que a temperatura de ar máxima foi maior em ambas as estações. A umidade relativa e a velocidade do vento apresentaram sazonalidade entre as estações enquanto que o saldo de radiação não variou entre as estações. A velocidade do vento foi maior durante a estação seca. De modo geral, em floresta, a vegetação influenciou de modo positivo sobre o clima se comparado a solo exposto que apresentou maior amplitude térmica, maior radiação solar, maior velocidade do vento e menor umidade relativa do ar.

Palavras-chave: Cerrado, clima local, redução das áreas de floresta, estação seca.

ABSTRACT

The Cerrado is the second largest Brazilian biome, occupying 21% of the country. It has a seasonal climate where the rainy season is followed by a dry period. Half of the two million square kilometers, unique Cerrado has been transformed by changes in land cover or land use, which led to reduction of forest areas and degradation of natural habitats resulting impact on the local climate and ecosystem functioning. Thus, the objective was to understand the changes effect in land cover on local climate condition in an Amazon-Cerrado transition area. The study area is located approximately 500 km from Cuiabá, in the Small Hydroelectric Plant (SHP) Baruíto, located in municipal Campo Novo dos Parecis, MT. The experiment was conducted in a forest fragment Amazon-Cerrado transition and exposed soil, from January 2012 to December 2013, in which the solar radiation, accumulated rainfall, air temperature, soil temperature, relative humidity and speed wind were analyzed in exposed soil and forest considering the dry season and rainy season. The accumulated rainfall in the rainy season had maximum in 2013. Solar radiation showed slightly higher values in the dry season. The relative humidity was higher during the rainy season. The average air temperature was higher during the rainy season, while the maximum temperature did not show seasonal variation between seasons. The minimum air temperature was lower in the dry season, with seasonality. In analysis, the temperature of medium and minimum air showed no significant seasonal difference between the stations while the maximum air temperature was higher in both seasons. The relative humidity and wind speed showed seasonal variation between the seasons while the net radiation did not vary between seasons. The wind speed was higher during the dry season. Overall, in the forest, vegetation influenced positively on the climate compared to bare soil with the highest temperature range, higher solar radiation, wind speed higher and lower relative humidity.

Keywords: Cerrado, local climate, reduction of forest areas, dry season.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

O Cerrado, considerado o bioma de maior biodiversidade com flora diversificada e espécies endêmicas, tem como característica a vegetação exposta a altas irradiâncias, altas temperaturas e na estação seca, baixa umidade relativa do ar (Palhares et al., 2010). O bioma está submetido a uma extrema sazonalidade pluviométrica com verões quentes e chuvosos (outubro a abril) e invernos frios e secos (maio a setembro) (Rossato et al., 2009). Renomado como o segundo maior bioma do Brasil, o Cerrado ocupava 21% do território brasileiro, mas sua cobertura original foi reduzida em 37% (Klink & Machado, 2005).

Localizado em clima tropical, o Cerrado de Mato Grosso faz transição com três biomas, a Amazônica e o Pantanal, ao norte, e a Atlântica, ao leste. A interação de vários fatores, incluindo o determinante fogo, resultou na presença de uma flora de grande diversidade nesse ecossistema (Silva et al., 2007). A transição entre floresta ou ecótono, como também é conhecida, é descrita como duas vegetações distintas que se interpenetram, mas cada uma delas mantém as suas características próprias (Souza et al., 2014). As florestas de transição, cujo clima é intermediário entre floresta amazônica e cerrado, são, em tese, mais sensíveis às mudanças climáticas (Dalmagro et al., 2011). Esse ecótono, em Mato Grosso, é marcado por uma redução drástica em sua área de cobertura vegetal original (Maracahipes et al., 2011).

O desmatamento no Cerrado e em florestas adjacentes ocorreu de forma acelerada nos últimos anos e a abertura de áreas de pastagens para criação de gado é considerada como a principal causa do desmatamento (Hunke et al., 2015). O estado de Mato Grosso, afetado pela conversão da paisagem em pastagens exóticas e culturas de rendimento de grãos, possui as maiores taxas de desmatamento no Brasil (Sano et al., 2010). A conversão da vegetação nativa do Cerrado pode provocar danos ambientais, tais como fragmentação de habitat, extinção da biodiversidade, invasão de espécies exóticas e degradação de ecossistemas (Biudes et al., 2009).

Mudanças na cobertura vegetal geram consequências sobre o clima local e regional (Daye et al., 2015), visto que reduzem a evapotranspiração em floresta, o que ocasiona em maior energia disponível para a atmosfera, influenciando no

aumento da temperatura do ar (Betts et al., 2008). Em escala local, o desmatamento causa a diminuição da evapotranspiração, umidade relativa do ar e do solo, rugosidade da superfície e índice de área foliar, e aumento do albedo, profundidade do lençol freático e temperatura da superfície (Biudes et al., 2015; Salazar et al., 2015).

1.2 JUSTIFICATIVA

A vegetação possui um papel importante nos sistemas climáticos, devido à capacidade de trocas de energia, água e gases com a atmosfera e também, como fonte de produção e sequestro de gases no ciclo biogeoquímico (Becerra et al., 2009). Florestas têm menor albedo e maior biomassa e capacidade de retenção da água precipitada em comparação a áreas de vegetação rasteira ou solo exposto (Biudes et al., 2012), como, também, capacidade de arrefecer pelo aumento da evapotranspiração, favorecendo a formação de nuvens que contribuem para que haja menor incidência de radiação solar refletindo a luz solar de volta ao espaço (Jackson et al., 2008).

Porquanto, florestas de características tropicais desempenham importante papel sobre o clima regional e global, pois influenciam diretamente na emissão ou retenção de gases, na evapotranspiração e no fornecimento de vapor d'água (Andrade et al., 2009). Combinando técnicas micrometeorológicas realizadas em campo com simulações de modelos climáticos, ampliará o conhecimento sobre os processos metabólicos dentro e fora de florestas (Biudes et al., 2009; Restrepo-Coupe et al., 2013). Estudos sugerem que florestas tropicais mantêm menor temperatura do ar e maior volume de água precipitada e que a conversão de florestas ocasiona alterações na rugosidade da superfície, na profundidade de enraizamentos e diminuição dos fluxos de calor latente e sensível (Becerra et al., 2009; Flerchinger et al., 2013; Salazar et al., 2015).

A variação climática natural é a mudança climática resultante de emissões de gases de efeito estufa e/ou mudanças de cobertura da terra (Costa & Pires 2010). Alguns dos principais efeitos observados em simulações climáticas é uma redução em aproximadamente 10% da precipitação e um incremento médio da temperatura do ar à superfície de 0,5°C (Becerra et al., 2009). O aquecimento e secagem pode ser

especialmente pronunciada em áreas que sofrem desmatamento generalizado por causa de mudanças no albedo, declinação da rugosidade da superfície, aumentos de convecção e do escoamento, e declínio do armazenamento de água do solo (Vourlitis et al., 2014).

Contudo, as alterações no microclima, ocasionadas pela remoção da cobertura vegetal, afetam a biodiversidade, os recursos naturais e a qualidade de vida humana. Compreender os efeitos da mudança na cobertura do solo sobre a condição climática local em uma área de transição Amazônia-Cerrado pode contribuir com os modelos de mudanças climáticas em meso e largas escalas, bem como avaliar a influência das mudanças na cobertura do solo nas interações vegetação-clima.

1.3 HIPÓTESE

- As variações sazonais e horárias micro meteorológicas ocorre devido às variações da precipitação;
- A remoção da cobertura vegetal ocasiona maior recebimento de radiação solar, e consequentemente maior temperatura do solo, menor umidade relativa do ar, maior temperatura do ar ocasionando ar quente e maior velocidade de vento.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GERAL

- Compreender o efeito da mudança na cobertura do solo sobre a condição climática local em uma área de transição Amazônia-Cerrado.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a diferença interanual em variáveis microclimáticas entre área vegetada e não vegetada;
- Avaliar a sazonalidade nas variáveis microclimáticas entre área vegetada e não vegetada;
- Avaliar a variação horária nas variáveis microclimáticas entre área vegetada e não vegetada.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FLORESTAS DE TRANSIÇÃO AMAZÔNICA-CERRADO

No Brasil, a Amazônia Legal, ou área de transição amazônica, compreende os estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e parte do estado do Maranhão, correspondendo a uma área de aproximadamente 5 milhões de km² (Almeida et al., 2010). Florestas de transição ou ecótone, como também é denominada, é descrita como duas vegetações diferentes que se interpenetram, mas cada uma mantém as suas próprias características (Biudes et al., 2014). A transição representa o limite natural da distribuição das florestas tropicais, e em muitos locais do cerrado existem regiões ecotonais entre as formações savânicas e florestais (Rossatto et al., 2009).

Em florestas de transição Amazônia-Cerrado, existe uma grande variedade fito fisionômica, como o Cerradão de espécies do Cerrado e também de mata e o Cerrado *sensu stricto*, de árvores baixas e retorcidas, arbustos, subarbustos e ervas (Vilani et al., 2006), bem como uma vegetação arbórea com menor altura e menor índice de área foliar (IAF) em relação a floresta de terra firme (floresta tropical não inundada) da Bacia Amazônica (Bäse et al., 2012). No entanto, apesar da variedade fito fisionômica, é comum a ocorrência de duas espécies do mesmo gênero em floresta de transição, em que uma é típica da formação savânica enquanto a outra é encontrada predominantemente na formação florestal (Rossatto et al., 2009).

No estado de Mato Grosso, essa transição ocorre na região norte e é denominada como o “arco do desmatamento” por ser marcada por uma intensa modificação na dinâmica do uso e ocupação do solo (Dalmagro et al., 2011). Com as taxas mais altas de desmatamento do Brasil, a paisagem em Mato Grosso é fortemente afetada pela conversão em pastagens e culturas de rendimento (Hunke et al., 2015). Estas mudanças em sistemas tropicais causam efeitos negativos sobre os processos atmosféricos, como em nebulosidade e precipitação, como também causar aumentos no déficit pressão de vapor e temperatura de superfície, na duração da estação seca, e causar mais chuvas para ser particionado em segundo turno (Rodrigues et al., 2014).

As florestas de transição, cujo clima é intermediário entre floresta amazônica e cerrado, tendem a ser mais sensíveis às mudanças climáticas (Dalmagro et al.,

2011). Além do que, possuem uma troca de CO_2 próximo de zero devido ao sumidouro de carbono durante a estação chuvosa e liberação de carbono durante a estação seca, porém, esse equilíbrio pode ser, a longo prazo, alterado com as mudanças climáticas (Souza et al., 2014; Biudes et al., 2014). De modo que perturbações nas condições ambientais podem alterar as respostas fisiológicas das plantas, como o declínio da absorção de CO_2 no período seco pelo aumento do déficit de pressão de vapor do ar e pelo baixo potencial de água da folha (Vourlitis et al., 2008; Dalmagro et al., 2011).

2.2 PARTICIONAMENTO DE ENERGIA E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS

Formada por componentes direta e difusa, acima e no interior das florestas, a incidência da radiação solar é primordial para disponibilidade de energia para os diversos processos de sistemas florestais (Marques Filho et al., 2005). É considerada um dos fatores que mais influência no microclima, pois atua diretamente no balanço de energia e, posteriormente, nas demais variáveis ambientais (Hernandes et al., 2004).

Modificações na cobertura vegetal resultam em uma maior ou menor disponibilidade de calor para os processos atmosféricos pois a vegetação é um fundamental receptor e armazenador de energia, uma vez que evita que parte da radiação solar que chega à superfície se perca (Querino et al., 2006).

A mudança na cobertura do solo tem o potencial de mudar o particionamento de energia, afetando o padrão sazonal e a magnitude do balanço de radiação e albedo, e particionamento de energia sob a forma de calor latente, sensível, e o fluxo de calor no solo (Rodrigues et al., 2013). Quantificar o particionamento de energia em calor latente e sensível, e sua variação entre paisagens, é fundamental para avaliar os ciclos hidrológicos, compreender as interações planta-solo-atmosfera, e melhorar os modelos climáticos regionais e globais (Biudes et al., 2015). Particionamento de energia varia entre os ecossistemas devido às interações entre o ciclo biogeoquímico, fisiologia vegetal, a disponibilidade de água no solo e clima (Costa et al., 2010).

Porquanto, a precipitação, assim como a radiação, é um dos elementos meteorológico que mais influente na dinâmica sazonal do microclima e da vegetação

(Becerra et al, 2009). Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, influencia indiretamente outras variáveis, tais como temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e radiação solar, que, no conjunto, atuam como fatores básicos para o crescimento e desenvolvimento das plantas e desenvolvimento humano (Dallacort et al., 2011). Porém, mudanças abruptas na rugosidade da superfície ocasionadas por trator na região, fazem com que os fluxos sejam modificados por essas novas condições da superfície (Vilani et al., 2006).

A cobertura florestal tem grande importância no balanço hídrico pois pode alterar a entrada de água na superfície do solo por interceptação na qual, parte é temporariamente retida pela massa vegetal e é evaporada em seguida e, o restante alcança o solo por precipitação interna ou pelo escoamento de água pelo tronco das árvores (Moura et al., 2009). A interceptação e redistribuição das precipitações é significativa para o balanço hídrico local, para o escoamento superficial que atinge a rede hidrológica e no processo de infiltração que realimenta os lençóis freáticos que são os fornecedores de água ao sistema radicular da própria vegetação (Oliveira et al., 2008). Além do mais, o dossel é o principal lugar de intercâmbio de calor, vapor d'água e gases atmosféricos, que também desempenha papel relevante no controle climático regional e global (Dantas et al., 2011).

A precipitação em uma dada região, é diretamente proporcional ao calor latente transportado verticalmente da camada limite para troposfera pois o aquecimento adiabático associado com a condensação de vapor d'água é um importante mecanismo de transporte de energia (Tavares, 2012). Mudanças na cobertura vegetal, pode alterar as trocas de água e energia entre a superfície e a atmosfera, pois reduz a evaporação e aumenta a partição da energia disponível na forma de calor sensível, fornecendo energia excedente para aumento da temperatura do ar próximo à superfície (Biudes et al., 2009). Geralmente a temperatura e as condições de umidade dentro e acima de uma floresta é resultado da reflexão da transmissão e absorção da energia solar no dossel, a sua conversão em calor sensível e latente e a alocação da luz e calor dentro da floresta (Motzer, 2005).

A quantidade de radiação solar absorvida por um dossel de plantas depende do seu índice de área foliar, copas densas podem bloquear em mais de 95% da luz visível de atingir a superfície da Terra, e isso deve manter a temperatura do ar e do

solo sob o dossel fresco durante o dia (Hardwick et al., 2015). Em florestas, este efeito desempenha um papel importante na proteção de espécies sensíveis à temperatura dos impactos das alterações climáticas (De Frenne et al., 2013). A temperatura é essencial para a caracterização do microclima no interior das florestas e de grande importância para melhor entendimento dos fenômenos relacionados à troca de energia na floresta (Costa et al., 2006).

Logo, a temperatura do ar influencia na quantidade de vapor de água no ar, ou seja, florestas transpiram mais, o que gera um ar mais úmido com maior umidade relativa e menor temperatura do ar (Hardwick et al., 2015). Modificações no uso do solo gera um aumento na temperatura do ar que, induzido pelas mudanças globais e desmatamento, aumentando o risco de incêndios florestais com o secamento e flammabilidade da vegetação na estação seca com temperaturas mais altas (Nobre, 2010). Visto que a umidade e a cobertura do solo, com ou sem vegetação, são os principais fatores que influenciam a variação da temperatura, a temperatura do solo é influenciada pela incidência da radiação solar na superfície, (Rao et al., 2005).

A temperatura do solo, influi diretamente em processos ambientais relacionados às plantas como germinação, crescimento e desenvolvimento, e é de maior importância ecológica para a vida vegetal do que a própria temperatura do ar (Diniz et al., 2013), e é a partir da incidência da radiação solar que ele se aquece e se resfria, no decorrer do dia e do ano, que provoca variações térmicas nas camadas subjacentes (Gasparim et al., 2005). As propriedades térmicas dos solos que intervêm diretamente em seu regime de temperatura são denominadas de calor específico, condutividade térmica e difusividade térmica e, suas magnitudes dependem principalmente da composição do solo (Diniz et al., 2013).

Solos com cobertura vegetal possuem maior teor de umidade que altera o calor específico e a condutividade térmica do solo (Curado et al., 2013). Assim, com o aumento calor específico da água, a capacidade térmica do solo aumenta conforme o aumento do teor da umidade (Danelichen et al., 2013). As flutuações diárias e anuais na temperatura do solo influenciam nos processos biológicos e químicos do solo, nas taxas de decomposição e de mineração da matéria orgânica do solo (Vilani et al., 2006), bem como também controlam a absorção de nutrientes e a difusão de água e liberação de gases como CO₂ (Rao et al., 2005).

No entanto, mudança da cobertura do solo leva à uma diminuição da umidade relativa do ar e um aumento da temperatura do ar e do solo (Arruda, 2010). A umidade relativa do ar além de indicar o grau de saturação do ar é, um dos elementos que é influenciado pela precipitação e temperatura do ar, ou seja, a umidade relativa do ar aumenta quando a temperatura diminui e vice-versa (Medeiros et al., 2013). De modo geral, a umidade do ar está associada ao movimento das massas de ar e à transferência de água do estado líquido para o gasoso, por meio da evapotranspiração das plantas e das superfícies evaporativas (Bayer & Bayer, 2015).

A evapotranspiração é um dos principais parâmetros na estimativa do consumo de água pelas plantas e é definida como um processo que depende da quantidade de energia disponível (saldo de radiação) para a evapotranspiração, fotossíntese e aquecimento do ar e do solo, influenciando na perda de água pelo sistema solo-planta (Souza et al., 2011). Porém, se não houver restrição hídrica, a evapotranspiração é diretamente proporcional à disponibilidade de energia solar e ao saldo de radiação haja vista que o balanço de energia é representado pela partição do saldo de radiação (R_n), nos seguintes fluxos: fluxo de calor no solo (G), fluxo de calor sensível (H) e em fluxo de calor latente (LE) (Borges et al., 2008; Syperreck et al., 2008).

Todavia, áreas desmatadas possuem baixa umidade relativa do ar e altas temperatura de superfície e do ar, o que provoca diferenças de gradiente de pressão gerando o vento, ou seja, o aquecimento da superfície e do ar gera as diferenças de pressão, de maneira que a energia contida no vento é uma forma secundária da energia solar (Martins et al., 2008). O vento é um dos elementos meteorológicos mais importantes podendo influenciar a transferência de calor e água, evapotranspiração como também, podem executar uma força física sobre as plantas, levar partículas e matéria como sais, pólen, solo, sementes e esporos de fungos (Dallacort et al., 2010).

Não obstante, em florestas o vento, associado à alta energia de partículas constituintes (quentes) e com baixo teor em vapor d'água, pode ocasionar tanto o efeito mecânico de agitação das árvores, dos galhos e, conseqüentemente, a queda de flores e frutos quanto uma rápida seca fisiológica na planta (Alves & Silva, 2011). A copa das plantas absorve o impulso do ar diminuindo a velocidade do vento no

interior da copa, porém, a medida que o ar na parte superior da copa aquece durante o dia, este atua para forçar a mistura turbulenta do ar quente para baixo no sentido do solo, aumentando a temperatura do ar perto do solo (Hardwick et al., 2015).

2.3 DESMATAMENTO E CLIMA EM FLORESTA

O desmatamento e a degradação de habitat florestal (especialmente mudança no uso do solo) são os principais contribuintes para a mudança climática global e a redução da biodiversidade (Foley et al, 2005). Nas duas últimas décadas, no cerrado pastagens extensivas têm sido cada vez mais transformadas pelo uso intenso da terra, tais como práticas de soja, milho e algodão simples e duplo de cultivo, além da cana de açúcar (Redo et al., 2012). No geral, os grandes e médios fazendeiros respondem pela maior parte do desmatamento visto que em Mato Grosso, plantações de soja têm se expandido em direção ao norte a partir do cerrado (Fearnside, 2006).

Logo, as mudanças no uso do solo ocasionadas pelo desmatamento, provoca também a fragmentação dos remanescentes florestais (Daye et al., 2015). A fragmentação de habitats naturais, é considerada uma das maiores ameaças à conservação da biodiversidade pois gera efeitos negativos como a taxa de crescimento populacional, diminui a diversidade da cadeia trófica, altera as interações das espécies, entre outros efeitos (Seoane et al., 2010). De modo que desmatamento e a fragmentação de florestas são indissociáveis, pois, paisagens fragmentadas estão se tornando uma das características mais comuns do mundo moderno (Laurance et al., 2004).

Estudos indicam que a conversão da vegetação nativa por áreas de atividades agrícolas modifica o fluxo de energia, água e dinâmica entre a superfície terrestre e a atmosfera visto que a transferência de água através da vegetação por transpiração contribui com grandes quantidades de água para a atmosfera (Hunke et al., 2015; Swann et al., 2015). Logo, essa conversão pode gerar efeitos negativos como redução da precipitação em 10%, veranicos mais frequentes e aumento da temperatura média do ar (Klink & Machado, 2005). Como também, aumento da fração refletida da radiação solar, redução na área foliar e da profundidade de enraizamento, e uma

redução da rugosidade da superfície e no processo de armazenamento de água do solo (Vourlitis et al., 2014).

Entretanto, o impacto climático mais conhecido provocado pela mudança do uso da terra é a contribuição ao efeito estufa através de emissões de gases que são emitidos por desmatamento, queimadas recorrentes, exploração madeireira e inundações por hidrelétricas (Fearnside, 2007). O corte e queima de vegetação natural, seguida pelo cultivo do solo, resulta em aumento das emissões de gases para atmosfera, como dióxido de carbono, metano e óxido nitroso, que causam a elevação da temperatura média e, conseqüentemente, as mudanças climáticas globais (Neto et al., 2011).

O acúmulo destes poluentes na atmosfera provoca mudanças climáticas globais, com efeitos diretos na elevação da temperatura, troca no regime de chuvas e elevação do nível do mar (Fearnside et al., 2013). No entanto, a quantidade de emissões depende do ritmo do desmatamento e dos estoques de carbono, que, por sua vez, dependem da biomassa nas florestas originais e das paisagens desmatadas, e do estoque de carbono nos solos (Fearnside, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A coleta de dados foi realizada em duas áreas experimentais, uma no interior de um fragmento florestal (floresta), e outra em solo exposto a 300 m do fragmento florestal, de janeiro de 2012 a dezembro de 2013. Essas áreas estão localizadas na Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Baruíto, no município de Campo Novo do Parecis, MT (13°19'S e 57°36'W), a uma altitude de 572 metros (Figura 1). O clima regional é do tipo Aw de Köppen, quente e úmido com estação chuvosa entre outubro e abril e estação seca entre maio e setembro (Dallacort et al., 2011). O solo da região é arenoso. O entorno da área de estudo é formado por áreas de pastagem e agricultura.

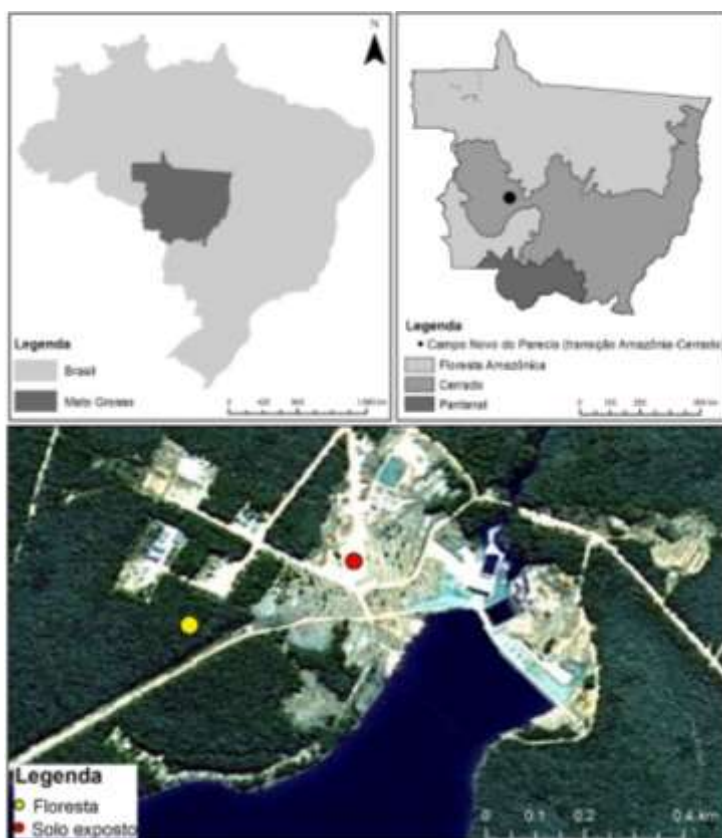


Figura 1 – Localização da área de estudo na PCH Barúito em Campo Novo do Parecis, MT, Brasil. O ponto branco representa floresta e o ponto preto representa solo exposto.

3.2 INSTRUMENTAÇÃO MICROMETEOROLÓGICA

Em cada uma das áreas de estudo foram instaladas estações meteorológicas automáticas idênticas. Essas estações registraram a radiação solar incidente global (solo exposto) e interceptada (floresta), temperatura e umidade relativa do ar a 1,5 m do solo, temperatura do solo a 10 cm de profundidade, velocidade do vento a 2 m do solo e precipitação. As variáveis foram registradas em um datalogger com sensor, conectado a uma bateria alimentada por uma placa solar (10 W), em intervalos de 15 minutos.

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

O coeficiente estatístico ρ de Spearman foi utilizado para realizar teste não paramétricos e analisar a correlação entre as variáveis micrometeorológicas nas estações seca e chuvosa em floresta e solo exposto, variando entre -1 e 1. O Intervalo

de Confiança (IC) foi calculado por Bootstrap (Sokal & Rohlf, 1995) para verificar diferença entre a média anual e a média de estação chuvosa e seca. As análises estatísticas foram realizadas no Programa R, versão R Core Team, ano 2014.

4. RESULTADOS

A precipitação total em 2012 foi menor do que em 2013, diminuindo de janeiro a agosto e aumentando de setembro a dezembro (Figura 2A). A precipitação foi significativamente afetada pelas estações, com aproximadamente 91% do volume precipitado na estação chuvosa e 8% na estação seca (Tabela 1). O pico de chuva foi nos meses de janeiro (326,9 mm) e dezembro (412,6 mm) de 2013.

A incidência da radiação solar global (Rg) na superfície foi significativamente afetada pelo local de estudo, sendo maior em solo exposto do que na floresta (Tabela 1). A Rg no solo exposto foi significativamente afetada pelas estações, sendo aproximadamente 12% menor na estação chuvosa do que na estação seca no ano de 2012. O pico da Rg em floresta foi em setembro (238,37 W m²) de 2012 e agosto (231,02 W m²) de 2013 (Figura 2B).

A umidade relativa do ar (UR) foi significativamente influenciada pelo local de estudo como também pelas estações (Tabela 1). A UR foi aproximadamente 6% maior em floresta do que em solo exposto. A UR foi significativamente afetada pela estação, sendo 16% menor na estação seca em floresta no ano de 2013. O pico da UR tanto em floresta como em solo exposto foi em janeiro de 2012 (97%) e fevereiro de 2013 (97%) (Figura 2C).

Tabela 1. Intervalo de confiança e variação interanual de radiação solar global (W/m^{-2}), temperatura média, máxima e mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa do ar (%), temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) e velocidade do ar (m/s^{-1}), em uma floresta de transição Amazônia-Cerrado.

Variável	2012						2013					
	Floresta			Solo exposto			Floresta			Solo Exposto		
	Anual	Chuvosa	Seca	Anual	Chuvosa	Seca	Anual	Chuvosa	Seca	Anual	Chuvosa	Seca
Ppt	-	-	-	1448.40	1283.90	164.50	-	-	-	1943.76	1813.45	130.31
Rg	24.9±1.1	25.16±1.33	24.36±1.88	178.38±5.04	169.36±7.31	189.73±5.61	23.37±0.97	24.07±1.44	22.68±1.32	191.60±5.33	181.50±7.28	201.65±5.91
T_{arméd}	24.1±0.2	24.25±0.21	23.73±0.36	24.98±0.24	25.58±0.27	24.37 ±0.34	23.58±0.17	24.19±0.15	22.97±0.29	24.86±0.20	25.53±0.19	24.20±0.38
T_{armáx}	30.3±0.4	29.80±0.49	31.05±0.69	33.76±0.39	33.17±0.55	34.39±0.52	30.01±0.29	29.50±0.37	30.53±0.47	33.24±0.39	32.65±0.51	33.81±0.58
T_{armin}	19.9±0.2	20.77±0.11	18.37±0.43	19.09±0.30	21.04±0.14	17.08±0.45	19.26±0.29	21.06±0.13	17.48±0.44	19.26±0.34	21.34±0.17	17.19±0.55
Tsolo	24.5±0.1	24.86±0.10	23.80±0.24	28.49±0.19	28.73±0.27	28.20±0.25	24.07±0.14	24.92±0.08	23.22±0.19	28.83±0.18	27.93±0.16	29.73±0.25
UR	89.3±1.3	92.43±1.08	84.02±2.52	83.98±1.00	87.51±1.01	79.54±1.39	89.09±1.17	94.63±0.66	83.59±1.67	83.07±1.11	89.42±0.82	76.75±1.78
Ws	0.02±0.01	0.01±0.003	0.03±0.01	0.49±0.02	0.45±0.02	0.55±0.04	0.56±0.02	0.01±0.002	0.03±0.01	0.56±0.02	0.43±0.02	0.68±0.04

A velocidade do vento foi significativamente afetada pelo local de estudo e pelas estações com valor 23% maior em solo exposto (Tabela 1). A velocidade do vento foi significativamente afetada pelas estações, sendo 58% maior na estação seca no ano de 2013. O pico da velocidade do vento foi em agosto de 2012 (0.88 m/s) e em agosto de 2013 (0.95 m/s), em solo exposto (Figura 2D).

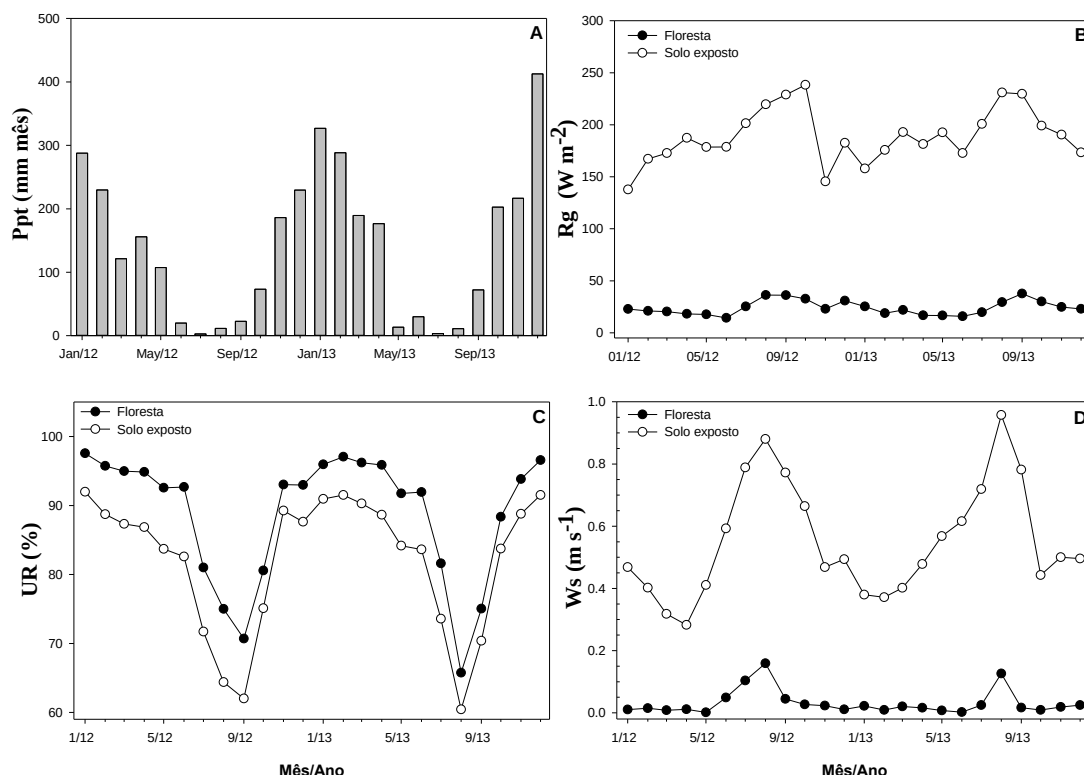


Figura 2. Precipitação acumulada mensal (Ppt; A), média mensal da radiação solar global (Rg; B), média mensal da umidade relativa do ar (UR; C), velocidade média mensal do vento (Vento; D) em floresta de transição Amazônia-Cerrado. As barras cinzas representam a estação seca.

A temperatura mínima (T_{armin}), e máxima (T_{armax}) do ar foram significativamente afetadas pelo local de estudo e pelas estações (Tabela 1). A T_{armin} foi significativamente afetada pela estação seca 24% maior em solo exposto, com menor temperatura em agosto de 2013 ($12^{\circ} C$), enquanto que T_{armax} foi significativamente afetada pelo local de estudo, 11% maior em solo exposto no ano de 2012. O pico da T_{armin} foi $21^{\circ} C$ (nov/12) e o pico T_{armax} foi $40^{\circ} C$ (set/12) (Figura 3A, B).

A temperatura média do ar ($T_{\text{arméd}}$) foi significativamente afetada pelo local de estudo em floresta, enquanto que somente solo exposto foi afetado significativamente pelas estações (Tabela 1). A $T_{\text{arméd}}$ foi significativamente afetada pela estação seca 5% menor em floresta. O pico da $T_{\text{arméd}}$ foi 28° C (out/12) em solo exposto (Figura 3C).

A temperatura do solo (T_{solo}) foi significativamente afetada pelo local de estudo e pela estação, sendo 19% maior em solo exposto, do que em floresta em 2013 (Tabela 1). T_{solo} em solo exposto foi significativamente afetada pela estação, com valor aproximadamente 6% maior na estação seca. O pico de T_{solo} em solo exposto foi em outubro de 2012 (32° C), seguindo o padrão da floresta no início da estação chuvosa (Figura 3D).

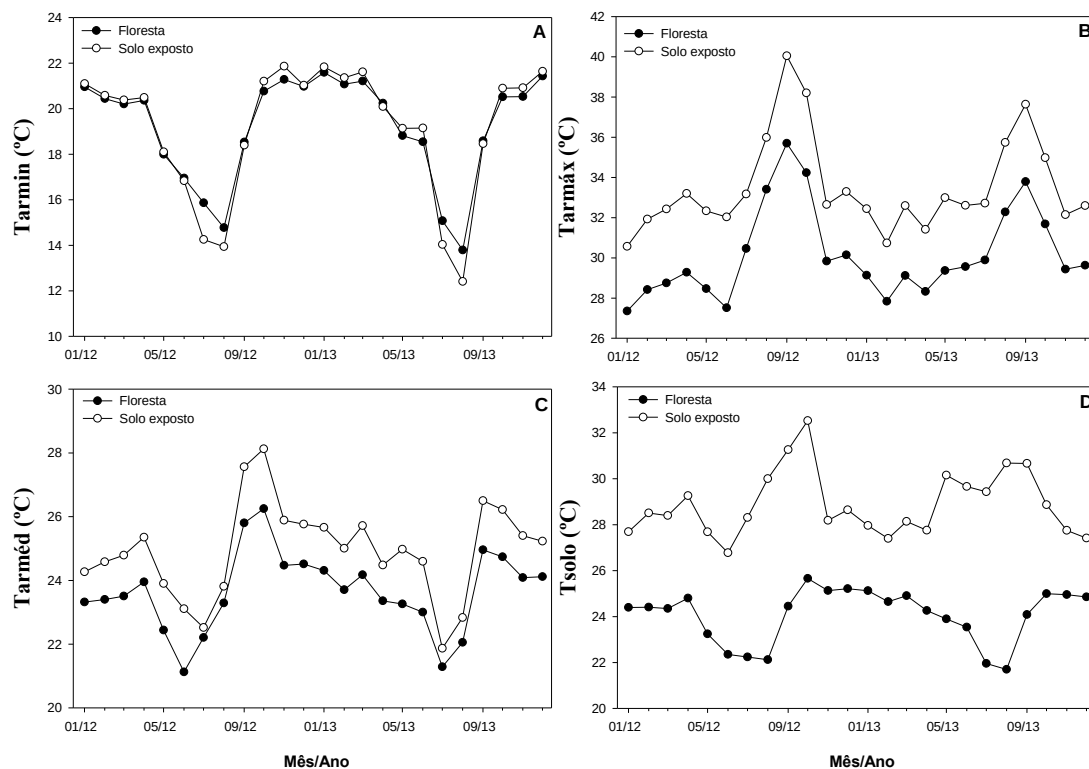


Figura 3. Temperatura média mínima do ar (T_{amin} ; A), temperatura média máxima do ar (T_{armax} ; B), temperatura média média do ar ($T_{\text{arméd}}$; C), e temperatura média do solo (T_{solo} ; D) em floresta de transição Amazônia-Cerrado. As barras cinzas representam a estação seca.

A média horária da R_g foi maior em solo exposto do que em floresta. R_g foi maior na estação seca. A máxima de R_g diária foi de 726 W/m^2 em solo exposto e máxima de 95 W/m^2 em floresta às 11h30m (Figura 4A, B).

A média horária da $T_{\text{arméd}}$ foi maior em solo exposto do que em floresta. Na estação seca, $T_{\text{arméd}}$ foi aproximadamente 11% maior em solo exposto. A máxima da $T_{\text{arméd}}$ foi de 33°C em solo exposto e 30°C em floresta às 13h:30m (Figura 4C, D).

A média horária de T_{solo} foi maior em solo exposto. T_{solo} foi aproximadamente 24% maior em floresta na estação chuvosa. A máxima de T_{solo} foi de 34°C em solo exposto e máxima de 25°C em floresta, na estação chuvosa às 15h30m (Figura 4E, F).

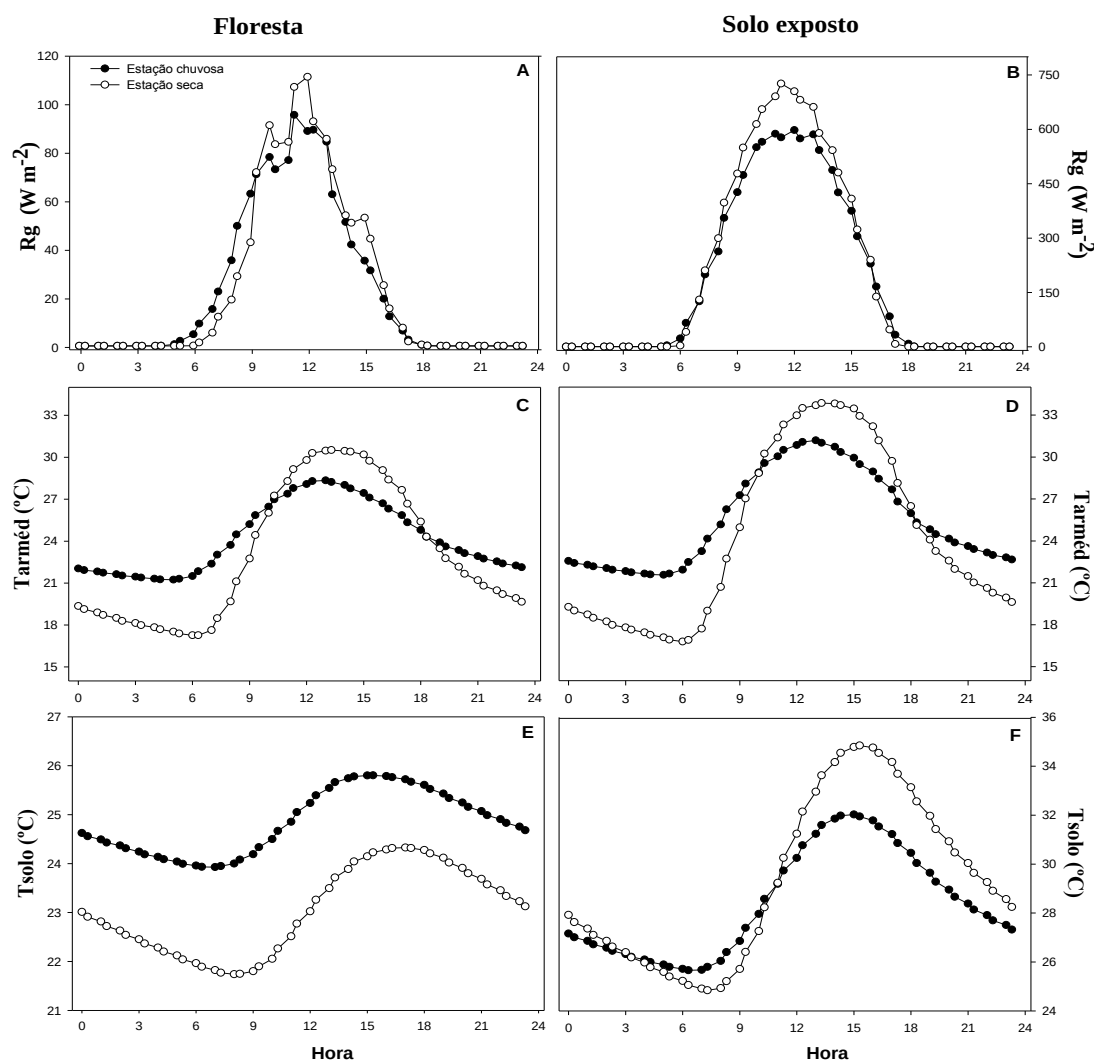


Figura 4 – Média horária da radiação solar global (R_g ; A, B), temperatura média do ar ($T_{\text{arméd}}$; C, D), e temperatura do solo (T_{solo} ; E, F) em floresta de transição

Amazônia-Cerrado.

A média horária de UR foi maior em floresta do que em solo exposto. Na estação seca a UR foi aproximadamente 31% menor em solo exposto. A mínima da UR foi de 56% em floresta e 43% em solo exposto, na estação seca às 14 horas (Figura 5A, B).

A média horária da velocidade do vento foi maior em solo exposto. Na estação seca, a velocidade do vento foi maior em solo exposto. A máxima da velocidade do vento foi de $1,57 \text{ m/s}^{-1}$ (12:00h) em solo exposto e máxima de $0,14 \text{ m/s}^{-1}$ (12h30m) em floresta, na estação seca (Figura 5C, D).

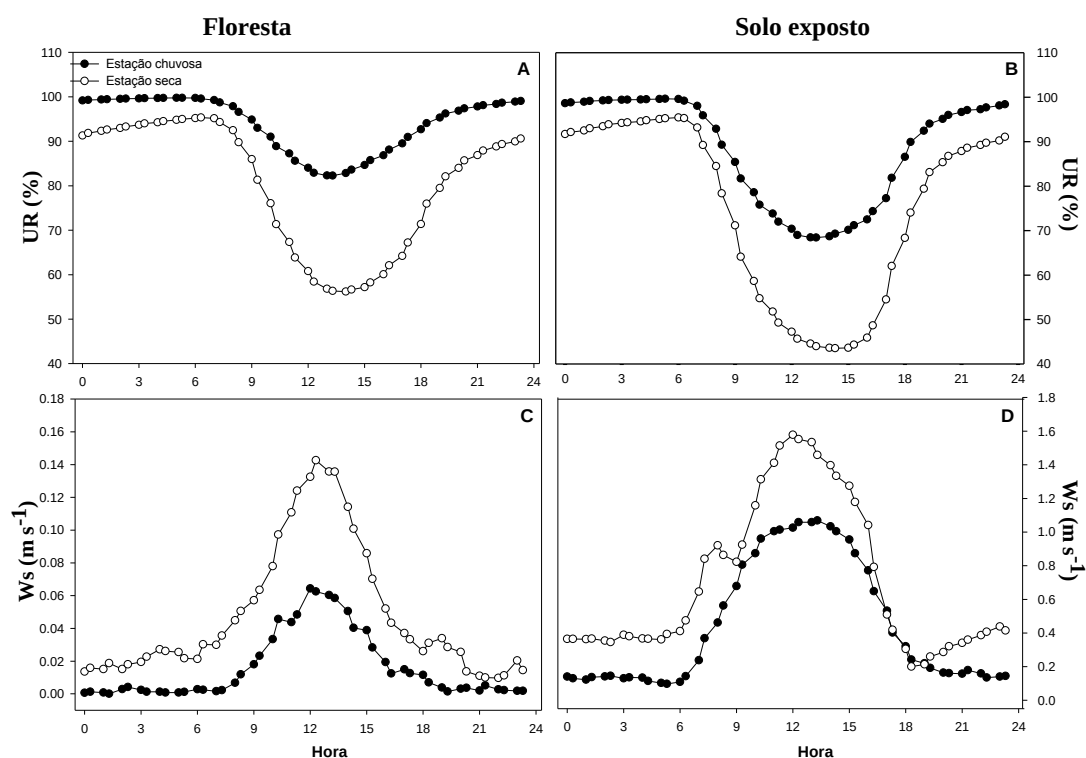


Figura 5 – Média horária da umidade relativa do ar (UR; A, B), e velocidade do vento (Vento; C, D), em floresta de transição Amazônia-Cerrado.

Tabela 2. Correlação de Spearman entre as variáveis micrometeorológicas ($p < 0.001^{***}$ = altamente significativo; $p < 0.01^{**}$ = pouco significativo; $p < 0.5^*$ = não significativo). Flo = floresta; Sxp = solo exposto

	T_{armed_flo}	T_{armed_sxp}	T_{armax_flo}	T_{armax_sxp}	T_{armin_flo}	T_{armin_sxp}	HR_flo	HR_sxp	T_{solo_flo}	T_{solo_sxp}	Ppt	Rg_flo	Rg_sxp	Vento_flo
T_{armed_sxp}	0.97***													
T_{armax_flo}	0.39*	0.36*												
T_{armax_sxp}	0.38*	0.38*	0.94***											
T_{armin_flo}	0.63***	0.62**	- 0.28	- 0.31										
T_{armin_sxp}	0.63**	0.62**	- 0.27	- 0.31	0.99***									
HR_flo	0.05	0.02	- 0.81***	- 0.81***	0.73***	0.71***								
HR_sxp	0.21	0.19	- 0.67***	- 0.71***	0.86***	0.84***	0.95***							
T_{solo_flo}	0.84***	0.83***	0.03	0.01	0.88***	0.88***	0.42*	0.58**						
T_{solo_sxp}	0.23	0.25	0.78***	0.85***	- 0.41*	- 0.39*	- 0.77***	- 0.7***	- 0.13					
Ppt	0.47*	0.42*	- 0.46*	- 0.51*	0.89***	0.86***	0.82***	0.88***	0.73***	- 0.56**				
Rg_flo	0.58**	0.45*	0.75***	0.66***	0.07	0.04	- 0.43*	- 0.29	0.28	0.45*	0.01			
Rg_sxp	0.13	0.11	0.74***	0.76***	- 0.51*	- 0.52**	- 0.77***	- 0.76***	- 0.23	0.66***	- 0.63**	0.51*		
Vento_flo	-0.02	- 0.1	0.46*	0.4*	- 0.3	-0.31	- 0.45*	- 0.45*	-0.2	0.2	- 0.44*	0.48*	0.57**	
Vento_sxp	-0.19	- 0.2	0.68***	0.58**	- 0.64***	- 0.62**	- 0.79***	- 0.75***	- 0.49*	0.53**	- 0.7***	0.41*	0.66***	0.66***

As variáveis microclimáticas estão significativamente correlacionadas. De modo que, a radiação solar global influenciou a temperatura do ar, temperatura do solo, umidade relativa do ar e a velocidade do vento. A temperatura do solo foi correlacionada significativamente com a precipitação e a radiação solar. A temperatura média e mínima do ar foi correlacionada com a temperatura do solo que, influenciou de modo significativo a umidade relativa do ar. A velocidade do vento apresentou correlação significativa com a temperatura do ar e a radiação solar global (Tabela 2).

Por outro lado, a temperatura máxima do ar foi inversamente correlacionada com a umidade relativa do ar. A umidade relativa foi inversamente correlacionada com a temperatura do solo e radiação solar global e, a velocidade do vento foi inversamente correlacionada com a temperatura mínima do ar, umidade relativa e a precipitação.

5. DISCUSSÃO

O padrão sazonal da precipitação da área de estudo está de acordo com o previsto para a região pois na região do cerrado, as precipitações concentram-se no período de primavera-verão (outubro a abril) (Dallacort et al., 2011; Biudes et al., 2015;). Remoção da vegetação ou mudanças no uso do solo pode afetar a quantidade de água que chega ao solo e sua reserva com efeitos negativos sobre o orçamento de água da superfície da terra e da quantidade de precipitação devolvido para a atmosfera por evaporação e transpiração (Bäse et al., 2012). De modo geral, as variáveis micrometeorológicas foram correlacionadas com a duração e intensidade da incidência da radiação solar global ao longo do ano para as estações e do dia para a média horária.

A vegetação minimiza os efeitos da incidência da radiação através da interceptação, porém, depende de fatores como a densidade da cobertura do dossel e do ângulo de incidência solar, uma vez que, quanto maior for esse ângulo, mais difícil se torna a entrada de radiação solar por entre os galhos (Querino et al., 2011). Florestas durante a estação seca, apresentam maior incidência da radiação solar devido à redução da cobertura arbórea no qual perde as folhas durante as estações de

outono e inverno, favorecendo a penetração da radiação solar em maior quantidade na floresta (Hernandes, 2004).

Na estação seca, são formadas clareiras (falhas) no dossel que alteram a condição climática no interior da floresta quanto à intensidade de luz, diminui a umidade relativa do ar e aumenta a temperatura do ar, bem como nas propriedades do solo com aumento no processo de decomposição e disponibilidade de nutrientes do solo (Spolador et al., 2006). Através das clareiras, o vento também penetra mais facilmente para a floresta aumentando a ventilação e a secagem sub dossel (Miller et al., 2007). No entanto, na estação chuvosa esses efeitos são atenuados pela nebulosidade durante a estação úmida provocando um declínio na radiação solar incidente de modo que, a condição de turbidez atmosférica não só abrange nuvens como também aerossóis (Biudes et al., 2015).

A precipitação é responsável pela limpeza da atmosfera, pois no ato da precipitação grande parte das partículas em suspensão retornam para a superfície deixando a atmosfera mais limpa, ocasionando aumento da incidência da radiação solar sobre a superfície (Carneiro et al., 2014). Deste modo, a estação seca é caracterizada por uma transmissão atmosférica alta, com radiação direta mais abundante, e por consequência, com menos radiação difusa enquanto a estação chuvosa é caracterizada por uma atmosfera menos transparente que absorve, reflete e espalha mais radiação solar, tendo redução da transmissão (Querino et al., 2011).

A variação diária da radiação solar foi maior em solo exposto na estação seca devido as alterações na cobertura vegetal do solo, tendo maior capacidade em receber e reter energia solar direta, afetando diretamente o balanço de energia e quantidade de água disponível no solo (Pongratz et al., 2006). O mesmo efeito ocorre na estação chuvosa, mas com menor intensidade devido à nebulosidade característica da estação (Vilani et al., 2006). Em floresta a variação diária também foi maior na estação seca do que na estação chuvosa, porém com menor intensidade pois a quantidade de luz que atinge o solo em floresta depende da estrutura do dossel e da posição solar, visto que folhas, ramos e frutos também influenciam na absorção da radiação (Andrade et al., 2009).

O processo de interação entre floresta e radiação ocorre pela alta absorção na faixa espectral da radiação fotossinteticamente ativa e baixa absorção na faixa

espectral do infravermelho de modo que, a radiação pode ser absorvida, transmitida e refletida em proporções variáveis, dependendo do ângulo dos raios solares e das características das plantas (Andrade et al., 2014).

Em geral, a ausência de vegetação afetou as variáveis micrometeorológicas, como a incidência da radiação solar com maior incidência em solo exposto, gerando maior temperatura do ar e do solo, e velocidade do vento, e menor umidade relativa do ar (Biudes et al., 2012), enquanto que o dossel protege o interior florestal da intensa incidência da radiação solar, tempestades, fortes ventos e variações térmicas (Andrade et al., 2014). A superfície do solo, com ou sem cobertura vegetal, é a principal “trocadora” e armazenadora de energia térmica nos ecossistemas terrestres, ou seja, é a partir da intensidade da radiação solar na superfície do solo que ele se aquece e se resfria, no decorrer do dia e do ano, provocando variações térmicas (Gasparim et al., 2005).

As temperaturas mínima, média e máxima do ar foram menores na estação seca com aumento da temperatura na transição da estação seca para estação chuvosa, tanto em solo exposto como em floresta. O decréscimo das temperaturas na estação seca pode estar relacionado com frentes frias, nas quais ocorrem quedas bruscas da incidência solar devido à presença de nebulosidade (Biudes et al., 2015). O ar frio transportado por frentes fora do Sul (friagens) podem persistir por vários dias, provocando baixas temperaturas na estação seca (da Rocha et al., 2004).

Na transição da estação seca para a chuvosa, a temperatura máxima em solo exposto foi 10° C maior do que a temperatura média, visto que, mudanças abruptas na rugosidade da superfície modificam os fluxos de calor do solo (Vilani et al., 2006). Entretanto, o aumento da temperatura do ar da estação seca para chuvosa está relacionado com menor nebulosidade e maior disponibilidade de energia solar que aquece a superfície e provoca maior fluxo de calor sensível, gerando, próximo à superfície, energia em excesso para o aquecimento do ar (Biudes et al, 2012).

A variação diária da temperatura média do ar foi maior em solo exposto do que em floresta. Solo exposto apresentou maior temperatura média do ar na estação seca, com incremento da temperatura a partir das 6 horas e decréscimo a partir das 15 horas, acompanhando o ciclo solar. Essa variação da temperatura em solo exposto possivelmente está relacionada com a maior incidência da radiação solar e menor

disponibilidade hídrica (Vilani et al., 2006), haja vista que solos sem cobertura vegetal são propícios a receber maior incidência de radiação solar e maior evaporação uma vez que a cobertura arbórea, normalmente, provoca diminuição da temperatura do solo, pois absorve a radiação incidente antes de atingir a superfície do solo (Devine e Harrington, 2007).

A temperatura do solo é uma função da disponibilidade de radiação solar na superfície do solo e das suas propriedades térmicas que são resultantes de um conjunto de fatores nos quais se incluem sua textura e a composição química. (Carneiro et al., 2014). Em floresta, a temperatura do solo foi maior na estação chuvosa sendo relacionado de modo direto com a cobertura vegetal, que absorve os efeitos da radiação solar, e pelo conteúdo de água disponível no solo, visto que florestas possuem maior capacidade de retenção de água precipitada (Danelichen et al., 2013) e, a água preenche os poros do solo, que contribuem para aumentar o fluxo de calor e diminui a amplitude de temperatura do solo (Vilani et al., 2006).

O aumento do teor de água no solo, causada pelo aumento da precipitação ao longo do período da estação chuvosa, aumenta a capacidade de calor do solo devido ao calor específico da água (Danelichen et al., 2013). Assim, enquanto o calor específico da água é elevado, a capacidade térmica do solo aumenta com o aumento do teor de umidade, ou seja, o aumento da condutividade térmica com umidade elevada do solo (Carneiro et al., 2014), pois preenche os espaços vazios presentes na estrutura do solo com água, que tem condutividade térmica mais elevada do que o ar presente no solo porém, se há uma variação da umidade do solo, haverá variação na condutividade térmica e conseqüentemente afeta a distribuição de temperatura no solo. (Curado et al., 2013).

A estação seca em floresta apresentou menor temperatura do solo, o que pode estar relacionado com o conteúdo de água armazenado durante os meses precedentes à estação seca pois durante esse período, houve água para evaporação e o solo pôde permanecer com temperatura mais baixa, independente da estação (Vilani et al., 2006). Entretanto, em solo exposto a temperatura do solo foi inversa, maior na estação seca e menor na estação chuvosa. A temperatura mais baixa na estação chuvosa é devido ao calor específico mais elevado de solo úmido pois a capacidade de calor do solo é mais elevado do que o solo seco que por sua vez, aquece e esfria

mais rápido do que o solo úmido que aquece e resfria lentamente, requerendo maior fornecimento de calor (Danelichen et al., 2013).

A variação diária da temperatura do solo foi menor em floresta do que em solo exposto. Em floresta, a temperatura do solo apresentou um atraso notável entre o ciclo solar e a temperatura do solo. Esse atraso ocorre devido a capacidade de transferência de calor do solo, as temperaturas do solo próximas a superfície apresentam maior variabilidade que as demais em virtude da sua maior facilidade em perder (período noturno) e ganhar (período diurno) calor durante os ciclos diários (Diniz et al., 2013), ou seja, a absorção e a perda de energia ocorrem principalmente na superfície, aliado à baixa velocidade de propagação do calor no interior do solo que esquentam durante o dia e resfria a noite (Gasparin et al., 2005).

Em solo exposto a variação diária da temperatura do solo foi maior na estação seca, porém, teve o mesmo padrão de variação diária que floresta. A variação térmica em solo exposto é maior em virtude da intensidade da radiação solar incidente na superfície, porém a capacidade de armazenar e transferir calor é determinada pela cobertura do solo, por suas propriedades térmicas e pelas condições meteorológicas do local (Vilani et al., 2006). Os solos do tipo arenoso, característicos do local de estudo, possuem uma condutividade térmica menor, motivo pelo qual apresentam as maiores amplitudes térmicas (Carneiro et al., 2014).

Todavia, a temperatura do solo influencia na evaporação e na umidade relativa do ar devido ao calor armazenado próximo à superfície, pois o solo tem capacidade de armazenar como também de transferir calor (Gasparin et al., 2005). Geralmente, as condições de umidade e temperatura, dentro e acima de uma floresta, resultam da absorção da energia solar na superfície do dossel, de sua conversão em calor sensível e latente e a alocação da luz e calor dentro de uma floresta (Motzer, 2005).

A umidade relativa do ar acompanha o padrão da temperatura mínima e média do ar, apresentando-se maior na estação chuvosa e menor na estação seca tanto em floresta quanto em solo exposto. Porém, em florestas, a umidade relativa é maior devido à capacidade da vegetação arbórea em absorver maior fração da precipitação e a reter-la antes de escoar superficialmente, como também de extrair águas profundas do solo para transpiração, ocasionando maior vapor de água no ar

(Biudes et al., 2009). Mudança na cobertura vegetal altera a umidade da superfície pois aumenta a evaporação, ocasionando maior perda da energia disponível na superfície sob a forma de calor sensível, em vez de calor latente (Betts et al., 2008). Este efeito influencia o aquecimento da temperatura do ar próximo à superfície, como também reduz o fluxo da umidade relativa do ar, podendo reduzir a quantidade da umidade disponível para a precipitação (Biudes et al., 2012).

A umidade que origina a precipitação é proveniente de duas fontes: advecção de vapor d'água oriundo de outras regiões por meio de movimentos de massas de ar e o vapor d'água local por meio da evapotranspiração da superfície da região (Rocha et al., 2015). A evapotranspiração é um dos principais parâmetros na estimativa do consumo de água pelas plantas e é dependente da demanda atmosférica, do suprimento de água do solo às plantas e da disponibilidade de energia que é utilizada nos processos da evapotranspiração, fotossíntese e aquecimento do ar e do solo (Souza et al., 2011). No ciclo diário, a umidade relativa do ar foi maior em floresta do que em solo exposto, nas duas estações do ano, com decréscimo entre às 12 horas e às 15 horas.

Este decréscimo diário está relacionado com a água disponível no solo que resultará em maior quantidade de vapor da água no ar na estação chuvosa, enquanto que na estação seca a menor disponibilidade hídrica provocará diminuição na evapotranspiração e consequente aumento no fluxo de calor sensível (Biudes et al., 2015). Alterações na cobertura vegetal influenciam a temperatura e a umidade à superfície, mas não se reflete em mudanças na precipitação o que significa, que as mudanças na precipitação sobre grandes áreas continentais são um produto de processos complexos apenas parcialmente influenciados, mas não controlados, pelas fontes de água locais e/ou a vegetação (Rocha et al., 2015).

Solo exposto apresentou maior velocidade do vento na estação seca visto que a substituição de floresta para não floresta tem como principal efeito diminuição da umidade próxima à superfície, gerando maior temperatura do ar e gradiente de ar seco (Gandu et al., 2004), o qual ascende, sendo ocupado por um ar mais frio, originando um gradiente térmico que, por sua vez, origina um gradiente de pressão causando o deslocamento do ar da zona de maior pressão para a zona de menor pressão (Munhoz & Garcia, 2008).

Entretanto, quase não houve variação da velocidade do vento em floresta na estação chuvosa, visto que florestas mantêm maior umidade relativa do ar (Biudes et al., 2012). Porém, na estação seca, a velocidade do vento foi maior o que pode estar relacionado não somente à estação de outono e inverno, que ocasiona a senescência das folhas e clareiras na cobertura do dossel, mas também à maior incidência da radiação solar que penetra sobre o dossel favorecendo para que tenha maior velocidade do vento (Hernandes, 2004).

A média horária da velocidade do vento foi maior em solo exposto tanto na estação seca quanto na estação chuvosa. A velocidade do vento aumentou conforme o aquecimento do solo ao longo do dia, ocasionando aquecimento do ar, que ascendeu, sendo ocupado por um ar mais frio (Alves & Silva, 2011). Assim, ocorre um gradiente térmico que, em seguida, dá origem a um gradiente de pressão, que provoca o deslocamento do ar a partir da zona de pressão mais elevada para a zona de pressão inferior, no entanto a noite, como este gradiente é baixo, a velocidade do vento é inferior (Dallacort et al., 2010).

6. CONCLUSÕES

- i. A remoção da vegetação ocasiona efeitos negativos sobre a temperatura do solo e ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.
- ii. Em floresta a variação microclimática foi menor em relação a solo exposto.
- iii. O padrão das variáveis observadas em 2012 foi semelhante a 2013.
- iv. De modo geral, houve uma variação significativa e alta entre floresta e solo exposto, considerando que o experimento foi realizado numa mesma área, tendo como único e principal fator de interferência a cobertura arbórea.

7. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. A., VALERIANO, D. M., ESCADA, M. I. S., & RENNO, C. D. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 40, n. 2, p. 289-302, 2010.
- ALVES, E. D. L.; SILVA, S. T. Direção e velocidade do vento em uma floresta de transição amazônia-cerrado no norte de mato grosso, Brasil. **Boletim Goiano de**

Geografia, v. 31, n. 1, p. 63-74, 2011.

ANDRADE, N. D.; AGUIAR, R. G.; SANCHES, L.; ALVES, E. C. R. F.; NOGUEIRA, J. D. S. Partição do saldo de radiação em áreas de floresta Amazônica e floresta de transição Amazônia-Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 3, p. 346-355, 2009.

ANDRADE, A. M. D., MOURA, M. A. L., DOS SANTOS, A. B., CARNEIRO, R. G., & DA SILVA, R. S. Radiação fotossinteticamente ativa incidente e refletida acima e abaixo do dossel de floresta de mata atlântica em Coruripe, Alagoas. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 68-79, 2014.

ARRUDA, K. E. C. Estudo da Amenidade Térmica Proporcionada Pela Reserva Ecológica de Dois Irmãos, Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 3, p. 196-203, 2011.

BAYER, D. M., BAYER, F. Relative air humidity forecasting through beta autoregressive moving average model in Brasília. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 3, p. 319-326, 2015.

BÄSE, F.; ELSENBEEER, H.; NEILL, C.; KRUSCHE, A. V. Differences in through fall and net precipitation between soybean and transitional tropical forest in the southern Amazon, Brazil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 159, p. 19-28, 2012.

BECERRA, J. A. B.; SHIMABUKURO, Y. E.; DOS SANTOS ALVALÁ, R. C. Relação do padrão sazonal da vegetação com a precipitação na região do cerrado usando índices espectrais de vegetação. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, p.125-134, 2009.

BETTS, R., SANDERSON, M., WOODWARD, S. Effects of large-scale Amazon forest degradation on climate and air quality through fluxes of carbon dioxide, water, energy, mineral dust and isoprene. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 363, n.1498, p. 1873-1880, 2008.

BIUDES, M. S.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. D. S.; SANCHES, L. Estimativa do balanço de energia em cambarazal e pastagem no norte do Pantanal pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 2, p. 135-143, 2009.

BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J.; MACHADO, N. G.;

DANELICHEN, V. H. M.; SOUZA, M. C. Mudança no microclima provocada pela conversão de uma floresta de cambará em pastagem no norte do Pantanal. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 10, n. 1, p. 61-68, 2012.

BIUDES, M. S., SOUZA, M. C., MACHADO, N. G., DE MORAIS DANELICHEN, V. H., VOURLITIS, G. L., DE SOUZA NOGUEIRA, J. Modelling gross primary production of a tropical semi-deciduous forest in the southern Amazon Basin. **International Journal of Remote Sensing**, v. 35, n. 4, p. 1540-1562, 2014.

BIUDES, M. S., VOURLITIS, G. L., MACHADO, N. G., DE ARRUDA, P. H. Z., NEVES, G. A. R.; LOBO, F.A.; NEALE, C.M.U.; NOGUEIRA, J.S. Patterns of energy exchange for tropical ecosystems across a climate gradient in Mato Grosso, Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 202, p. 112-124, 2015.

BORGES, C. J., AZEVEDO, P. V. D., SILVA, V. P. R., CAMPOS, J. H. B., MOURA, M. S. B., SOARES, J. M., SILVA, B. B. D. Influência do calor armazenado no sistema solo-planta no balanço de energia em pomar de mangueiras. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 4, p. 393-399, 2008.

CARNEIRO, R. G., MOURA, M. A., SILVA, V. P. R., SILVA JUNIOR, R. S., ANDRADE, A., & SANTOS, A. B. Variabilidade da temperatura do solo em função da liteira em fragmento remanescente de mata atlântica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 99-108, 2014.

COSTA, A. C. L., BRAGA, A. P., GONÇALVES, P. H. L., COSTA, R. F., JUNIOR, J. A. S., MALHI, Y. S., ARAGÃO, L. E. C., MEIR, P. Estudos hidrometeorológicos em uma floresta tropical chuvosa na Amazonia–Projeto Esecaflo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 283-290, 2006.

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.

CURADO, L. F. A., RODRIGUES, T. R., OLIVEIRA, A. G. D., NOVAIS, J. W. Z., PAULO, I. J. C. D., BIUDES, M. S., NOGUEIRA, J. D. S. Analysis of thermal conductivity in a seasonal flooded forest in the northern Pantanal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, n. 2, p. 125-128, 2013.

DA ROCHA, H. R.; GOULDEN, M. L.; MILLER, S. D.; MENTON, M. C.; PINTO,

L. D.; DE FREITAS, H. C.; SILVA FIGUEIRA, A. M. Seasonality of water and heat fluxes over a tropical forest in eastern Amazonia. **Ecological applications**, v. 14, n. sp4, p. 22-32, 2004.

DALLACORT, R., MOREIRA, P. S. P., INOUE, M. H., SILVA, D. J., CARVALHO, I. F., & SANTOS, C. Wind speed and direction characterization in Tangará da Serra, Mato Grosso state, Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n.3, p.359-364, 2010.

DALLACORT, R., MARTINS, J. A., INOUE, M. H., FREITAS, P. D., & COLETTI, A. J. Distribuição das chuvas no município de Tangará da Serra, médio norte do Estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta scientiarum agronomy**, v. 33 n.2, p.193-200, 2011.

DALMAGRO, H. J.; DE ALMEIDA LOBO, F.; ORTÍZ, C. E. R.; BIUDES, M. S.; DE SOUSA NOGUEIRA, J.; VOURLITIS, G. L.; JUNIOR, O. B. P. Trocas gasosas de uma espécie Lenhosa na floresta de transição amazônia-cerrado. **Ciencia & Natura**, v. 33, n. 2, p. 147-165, 2011.

DANELICHEN, V. H., BIUDES, M. S., SOUZA, M. C., MACHADO, N. G., CURADO, L. F., NOGUEIRA, J. S. Soil Thermal Diffusivity of a Gleyic Solonetz Soil Estimated by Different Methods in the Brazilian Pantanal. **Open Journal of Soil Science**, v. 3, n.1, p.15, 2013.

DANTAS, V. D. A., SILVA, V. D. P. R. D., COSTA, A. C. L. D., CHAGAS, G. F. B. D. Fluxos de calor no dossel vegetativo e infiltração de água no solo, em floresta tropical. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 12, p. 1266-1274, 2011.

DAYE, D. D.; HEALEY, J. R. Impacts of land-use change on sacred forests at the landscape scale. **Global Ecology and Conservation**, v. 3, p. 349-358, 2015.

DEVINE, W. D., HARRINGTON, C. A. Influence of harvest residues and vegetation on microsite soil and air temperatures in a young conifer plantation. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 145, n. 1, p. 125-138, 2007.

DE FRENNE, P., RODRÍGUEZ-SÁNCHEZ, F., COOMES, D. A., BAETEN, L., VERSTRAETEN, G., VELLEND, M., DECOCQ, G. M. Microclimate moderates plant responses to macroclimate warming. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 110, n. 46, p. 18561-18565, 2013.

DINIZ, J. M. T., DE ARAÚJO RAFAEL, R., FIDELES FILHO, J., DE SOUSA JÚNIOR, J. R., ALBUQUERQUE, A. F. Características térmicas do solo observadas em cidades distintas do estado da Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 117-126, 2013.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**, v. 36, n. 3, p. 395-400, 2006.

FEARNSIDE, P. M. Uso da terra na Amazônia e as mudanças climáticas globais. **Brazilian Journal of Ecology**, v. 10, n. 2, p. 83-100, 2007.

FEARNSIDE, P. M. Climate Change as a Threat to Brazil's Amazon Forest. **International Journal of Social Ecology and Sustainable Development (IJSESD)**, v. 4, n. 3, p. 1-12, 2013.

FOLEY, J. A.; DeFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F.S.; COE, M.T.; DAILY, G.C.; GIBBS, H.K.; HELKOWSKI, J.H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E.A.; KUCHARIK, C.J.; MONFREDA, C. PATZ, J.A.; PRENTICE, C. RAMANKUTTY, N. SNYDER, P.K. Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FLERCHINGER, G. N., REBA, M. L., LINK, T. E., MARKS, D. Modeling temperature and humidity profiles within forest canopies. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 213, p. 251-262, 2015.

GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. D. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. **Acta Scientiarum**, v. 27, p. 107-115, 2005.

GANDU, A. W.; COHEN, J. C. P.; DE SOUZA, J. R. S. Simulation of deforestation in eastern Amazonia using a high-resolution model. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 78, n. 1-3, p. 123-135, 2004.

HARDWICK, S. R.; TOUMI, R.; PFEIFER, M.; TURNER, E. C.; NILUS, R.; EWERS, R. M. The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: forest disturbance drives changes in microclimate. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 201, p. 187-195, 2015.

HERNANDES, J. L.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, v. 28, n. 2, p. 167-172, 2004.

- HUNKE, P., ROLLER, R., ZEILHOFER, P., SCHRÖDER, B., & MUELLER, E. N. Soil changes under different land-uses in the Cerrado of Mato Grosso, Brazil. **Geoderma Regional**, v. 4, p. 31-43, 2015.
- JACKSON, R. B., RANDERSON, J. T., CANADELL, J. G., ANDERSON, R. G., AVISSAR, R., BALDOCCHI, D. D.; BONAN, G. B.; CALDEIRA, K.; DIFFENBAUGH, N.S.; FIELD, C. B.; HUNGATE, B. A.; JOBBÁGY, E. G.; KUEPPERS, L. M.; NOSETTO, M. D.; PATAKI, D. E. Protecting climate with forests. **Environmental Research Letters**, v. 3, n. 4, p. 044006, 2008.
- KLINK, C.A.; MACHADO, R.B. A conservação do Cerrado brasileiro. **Megadiversidade**, v.1, n.1, 2005.
- LAURANCE, W. F. Forest-climate interactions in fragmented tropical landscapes. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences**, v. 359, n. 1443, p. 345-352, 2004.
- MARTINS, F. R., GUARNIERI, R. A., PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.
- MARQUES FILHO, A. D. O.; DALLAROSA, R. G.; PACHÊCO, V. B. Radiação solar e distribuição vertical de área foliar em floresta Reserva Biológica do Cuieiras ZF2, Manaus. **Acta Amazônica**, v. 35, n. 4, p. 427-436, 2005.
- MARACAHIPES, L., LENZA, E., MARIMON, B. S., OLIVEIRA, E. A. D., PINTO, J. R. R., & MARIMON JUNIOR, B. H. Estrutura e composição florística da vegetação lenhosa em cerrado rupestre na transição Cerrado-Floresta Amazônica, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotropica**, v. 11, n. 1, p. 133-141, 2011.
- MEDEIROS, R. M., DE AS SOUSA, F., FILHO, M. F. G., & FRANCISCO, P. R. Variabilidade da umidade relativa do ar e da temperatura máxima na bacia hidrográfica do rio uruçuí preto. DOI: 10.12722/0101-756X.v28n01a07
- MOURA, A. E. S. S., CORREA, M. M., DA SILVA, E. R., FERREIRA, R. L. C., DE CARVALHO FIGUEIREDO, A., & POSSAS, J. M. C. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da Mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. **Revista Árvore**, v. 33, n. 3, p. 461-469, 2009.
- MOTZER, T. Micrometeorological aspects of a tropical mountain forest. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 135, n. 1, p. 230-240, 2005.
- NETO, M. S., PICCOLO, M. D. C., JUNIOR, C. C., CERRI, C. C., BERNOUX,

M. Emissão de gases do efeito estufa em diferentes usos da terra no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 1, p. 63-76, 2011.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 239-258, 2010.

OLIVEIRA, L. L., COSTA, R. F. D., Francisco de Assis, S., da COSTA, A. C. L., Braga, A. P. Precipitação efetiva e interceptação em Caxiuanã, na Amazônia Oriental. **Acta amazonica**, v. 38, n. 4, p. 723-732, 2008.

PALHARES, D.; FRANCO, A. C.; ZAIDAN, L. B. P. Respostas fotossintéticas de plantas do cerrado nas estações seca e chuvosa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 8, n. 2, 2010.

PONGRATZ, J.; BOUNOUA, L.; DEFRIES, R. S.; MORTON, D. C.; ANDERSON, L. O.; MAUSER, W.; KLINK, C. A. The impact of land cover change on surface energy and water balance in Mato Grosso, Brazil. **Earth Interactions**, v. 10, n. 19, p. 1-17, 2006.

QUERINO, C.A.S., MOURA, M.A.L., R.F.F. LYRA, MARIANO, G.L. Avaliação e comparação de radiação solar global e albedo com ângulo zenital na região Amazônica. **Rev. Bras. de Meteorologia**, v. 21, n.3a, p. 42 – 49, 2006.

QUERINO, C. A. S., MOURA, M. A. L., QUERINO, J. K. A. S., VON RADOW, C., & MARQUES FILHO, A. D. O. Estudo da radiação solar global e do índice de transmissividade (kt), externo e interno, em uma floresta de mangue em Alagoas–Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 26, n.2, p.204-294, 2011.

RAO, T. V. R.; SILVA, B. B. D.; MOREIRA, A. A. Características térmicas do solo em Salvador, BA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 554-559, 2005.

REDO, D.; AIDE, T. M.; CLARK, M. L. Vegetation change in Brazil's dryland ecoregions and the relationship to crop production and environmental factors: Cerrado, Caatinga, and Mato Grosso, 2001–2009. **Journal of Land Use Science**, v. 8, n. 2, p. 123-153, 2012.

RESTREPO-COUBE, N., DA ROCHA, H. R., HUTYRA, L. R., DA ARAUJO, A. C., BORMA, L. S., CHRISTOFFERSEN, B., CABRAL, O. M. R., CAMARGO, P. B., CARDOSO, F. L., COSTA, A. C. L., FITZJARRALD, D. R., GOULDEN, M. L., KRUIJT, B., MAIA, J. M. F., MALHI, Y. S., MANZI, A. O., MILLER, S. D.,

NOBRE, A. D., VON RANDOW, C., AS, L. D. A., SAKAI, R. K., TOTA, J., WOFSY, S. C., ZANCHI, F. B., SALESKA, S. R., What drives the seasonality of photosynthesis across the Amazon basin? A cross-site analysis of eddy flux tower measurements from the Brasil flux network. **Agricultural and forest meteorology**, v. 182, p. 128-144, 2013.

ROCHA, V. M., CORREIA, F. W. S., FONSECA, P. A. M. Reciclagem de precipitação na Amazônia: um estudo de revisão. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 1, p. 59-70, 2015.

RODRIGUES, T. R., DE PAULO, S. R., NOVAIS, J. W., CURADO, L. F., 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, 2013.

RODRIGUES, T. R., VOURLITIS, G. L., LOBO, F. D. A., OLIVEIRA, R. G., & NOGUEIRA, J. D. 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.

ROSSATTO, D. R.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C. Características estomáticas de pares congêneros de cerrado e mata de galeria crescendo numa região transicional no Brasil Central. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 2, p. 499-508, 2009.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L.; & FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113-124, 2010.

SALAZAR, A.; BALDI, G.; HIROTA, M.; SYKTUS, J.; McALPINE, C. Land use and land cover change impacts on the regional climate of non-Amazonian South America: A review. **Global and Planetary Change**, v. 128, p. 103-119, 2015.

SEOANE, C. E. S., DIAZ, V. S., SANTOS, T. L., FROUFE, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 30, n. 63, p. 207, 2010.

SILVA, C. J. D.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. D. A.; NOGUEIRA, J. D. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de transição Amazônia-

- Cerrado do centro-oeste brasileiro. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 543-548, 2007.
- SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. **WH. Freeman, San Francisco**, 1995.
- SYPERRECK, V. L. G., KLOSOWSKI, E. S., GRECO, M., FURLANETTO, C. Avaliação de desempenho de métodos para estimativas de evapotranspiração de referência para a região de Palotina, evapotranspiração de referência para a região de Palotina, Estado do Paraná. 2008.
- SPOLADOR, J.; SANCHES, L.; COSTA, M. H. Radiação fotossinteticamente ativa em uma floresta de transição cerrado-amazônica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 301-307, 2006.
- SWANN, A. L. S.; LONGO, M.; KNOX, R. G.; LEE, E.; MOORCROFT, P. R. Future Deforestation in the Amazon and Consequences for South American Climate. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**. p. 04. 2015.
- SOUZA, J. L.; NICÁCIO, R. M.; MOURA, M. A. L. Global solar radiation measurements in Maceió, Brazil. **Renewable Energy**, v. 30, n. 8, p. 1203-1220, 2005.
- SOUZA, A. P., DE CARVALHO, D. F., DA SILVA, L. B. D., DE ALMEIDA, F. T., DA ROCHA, H. S. Estimativas da evapotranspiração de referência em diferentes condições de nebulosidade. **Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília**, v. 46, n. 3, p. 219-228, 2011.
- SOUZA, M. C.; BIUDES, M. S.; DANELICHEN, V. H. D. M.; MACHADO, N. G.; MUNHOZ, F. C., GARCIA, A. Caracterização da velocidade e direção predominante dos ventos para a localidade de Ituverava, SP. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 1, p. 30-34, 2008.
- MUSIS, C. R. D.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. D. S. Estimation of gross primary production of the Amazon-Cerrado transitional forest by remote sensing techniques. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 1, p. 01-12, 2014.
- TAVARES, J. P. N. Interação entre e de nuvens e chuva na Amazônia: uma revisão. **Estudos avançados**, v. 26, n. 74, p. 219, 2012.
- VOURLITIS, G. L., DE SOUZA NOGUEIRA, J., DE ALMEIDA LOBO, F., SENDALL, K. M., DE PAULO, S. R., ANTUNES DIAS, C. A., 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, 2008.

VOURLITIS, G. L., DE SOUZA NOGUEIRA, J., DE ALMEIDA LOBO, F., & PINTO JR, O. B. Variations in evapotranspiration and climate for an Amazonian semi-deciduous forest over seasonal, annual, and El Niño cycles. **International journal of biometeorology**, v. 59, n. 2, p. 217-230, 2014.

VILANI, M. T.; SANCHES, L.; NOGUEIRA, J. S.; PRIANTE FILHO, N. Sazonalidade da radiação, temperatura e umidade em uma floresta de transição Amazônia Cerrado. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, p. 119-131, 2006.