



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU MESTRADO EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS

DANIELLE DA SILVA BATISTA

**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO₂ EM FRAGMENTO DE
CERRADO NA CIDADE DE TANGARÁ DA SERRA-MT**

CUIABÁ-MT

2018

DANIELLE DA SILVA BATISTA

**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO₂ EM FRAGMENTO DE
CERRADO NA CIDADE DE TANGARÁ DA SERRA-MT**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá - UNIC, como parte dos requisitos para obtenção ao título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Jonathan Willian Zangeski Novais

Cuiabá – MT
Setembro de 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais para Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecária: Elizabete Luciano/CRB1-2103

B333d Batista, Danielle da Silva

Dinâmica Temporal do Efluxo de CO₂ em Fragmento de Cerrado na Cidade de Tangará da Serra-MT ./Danielle da Silva Batista. Cuiabá-MT, 2018.

44p.

Inclui Lista de Figuras e Tabelas.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Cuiabá – UNIC, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof.Dr. Jonathan Willian Zangeski Novais

1.Troca Gasosa. 2.Precipitação. 3.Serrapilheira.

CDU: 34:551

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

Título: DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO₂ EM FRAGMENTO DE
CERRADO NA CIDADE DE TANGARÁ DA SERRA-MT

Autora: DANIELLE DA SILVA BATISTA

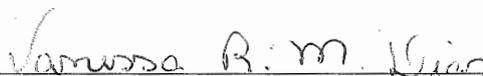
Dissertação defendida e aprovada em 18 de setembro de 2018, pela comissão julgadora:



Prof. Dr. Jonathan Willian Zangeski Novais
Universidade de Cuiabá - UNIC
(Orientador)



Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior
Universidade de Cuiabá-UNIC
(Examinador Interno)



Prof.ª Dr.ª Vanessa Rakel de Moraes Dias
Universidade Estadual de Mato Grosso-UNEMAT
(Examinadora Externa)

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Dr. Jonathan Willian Zangeski Novais por ter me concedido à oportunidade de ingressar no mestrado me abrindo às portas do mundo científico, além de ter sido fundamental na realização de mais esta conquista na minha vida. Sou grata também por todos os ensinamentos, apoio, orientação e confiança em meu trabalho.

Ao meu esposo e companheiro de coletas Carlos, sempre incentivando os meus passos, sempre motivando não deixando eu desistir, mostrando o lado bom de cada erro, de cada desafio. Quero dizer você é a pessoa que está sempre ao meu lado, aguentando minhas mudanças de humor (sei que não é fácil), serei eternamente agradecida pela ajuda.

Aos professores pelos ensinamentos transmitidos, pelos desafios impostos, pelas descobertas de algo novo, inexplorados por mim. Muito obrigada a cada um.

A professora Dr^a Vanessa Rakel, pelas orientações e correções, por ceder o seu tempo, meu sincero obrigada.

Ao professor Dr. Osvaldo Borges pelas correções e ajuda.

As meninas do mestrado “As outliers”, Aninha, Fabi e Alyne, vocês são especiais para mim, apesar de nossos caminhos seguir para outras direções. Lembrem-se na hora que vocês quiserem conversar estarei aqui.

Agradeço de coração a Ana Marques que tanto ajudou com os gráficos, Nathalia e a Roberta que sempre foram gentis comigo, meu sincero obrigada.

A estação meteorológica pertencente ao Centro de Tecnológico de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto UNEMAT- (CETEGEO-SR), município de Tangará da Serra, pelo fornecimento dos dados de precipitação.

A coordenação do Parque Ilto Coutinho, pela autorização para coleta de dados.

Enfim quero agradecer a todos que de maneira direta ou indireta ajudaram nessa pesquisa.

EPÍGRAFE

"ORÍ ENI NÍ UM'NI J'OBA"
"A cabeça de uma pessoa faz dela um rei".
Provérbio Yorubá

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS	i
LISTA DE TABELAS	ii
LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS.....	iii
RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	14
1.1 PROBLEMÁTICA.....	14
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 CERRADO	16
2.2 CICLO DO CARBONO	18
2.3 SERRAPILHEIRA.....	19
2.4 EFLUXO DE CO ₂ NO SOLO	21
2.5 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.1 ÁREA DE ESTUDO	24
3.2 MEDIÇÃO DE EFLUXO DE CO ₂ DO SOLO	25
3.3 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA.....	27
3.4 UMIDADE DO SOLO	29
3.5 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	30
3.6 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS	31
3.7 MÉTODOS ESTATÍSTICOS.....	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS	33
4.2 PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA.....	34
4.3 EFLUXO NO SOLO NO FRAGMENTO DE CERRADO	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	42
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1	Localização do Bioma Cerrado 17
Figura 2	Localização do Fragmento de Cerrado em Tangará da Serra 24
Figura 3	Coletor de Efluxo de CO ₂ no fragmento de Cerrado em Tangará da Serra 26
Figura 4	Analisador de gás por infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, U.K.)..... 26
Figura 5	Coletor de Serrapilheira no fragmento de Cerrado em Tangará da Serra..... 27
Figura 6	Secagem da Serrapilheira do fragmento de Cerrado em Tangará da Serra..... 28
Figura 7	Classificação da Serrapilheira e separação das folhas, frutos, ramos e flores fragmento de Cerrado Tangará da Serra-MT 28
Figura 8	Pesagem do solo para obter umidade, no fragmento de Cerrado na cidade de Tangará da Serra-MT 29
Figura 9	Ceptômetro 30
Figura 10	Estação microclimática portátil, Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker 31
Figura 11	Precipitação acumulada (mm mês ⁻¹), Média mensal (±DP) da Temperatura do ar (°C), Umidade relativa do ar (%) de julho/2017 a junho/2018 do Fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT 33
Figura 12	Produção de serrapilheira (kg m ²), IAF m ² m ⁻² período de julho/17 a junho/18 do Fragmento de Cerrado em Tangará da Serra..... 36
Figura 13	Efluxo de CO ₂ do solo (média ±DP) (μmolm ⁻² s ⁻¹), Temperatura do solo (°C) e Umidade do solo (%), correspondentes aos meses de julho/17 a junho/18 do Fragmento de Cerrado em Tangará da Serra 37

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Algumas espécies arbóreas encontradas no do Parque Natural Municipal Ilto Ferreira Coutinho do município de Tangará da Serra-MT, com suas famílias, nome popular.....	25
Tabela 2. Folhas (kg m ⁻²), flores (kg m ⁻²), frutos (kg m ⁻²), sementes (kg m ⁻²), ramos (kg m ⁻²), outros (kg m ⁻²), coletados no período de junho/2017 a fevereiro/2018, no Fragmento de Cerrado-Tangará da Serra- MT.....	35
Tabela 3. Média de efluxo de CO ₂ de trabalhos realizados.....	38
Tabela 4. Correlação de Spearman do efluxo de CO ₂ entre a serrapilheira, temperatura do solo, umidade do solo e IAF que corresponde o período de coleta julho/17 a jun. /18, no Fragmento de Cerrado na cidade Tangará da Serra-MT.....	39

LISTA DE ABREVIACOES E SÍMBOLOS

C	Carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
COS	Carbono orgânico do solo
CH ₄	Metano
GEE	Gás de efeito estufa
IAF	ndice de área foliar
PAR	Radiação fotossinteticamente ativa
g m ⁻²	Gramas por metro quadrado
g m ⁻² h ⁻¹	Gramas por metro quadrado por hora
T ar	Temperatura do ar
UR	Umidade relativa do ar (%)
Ppt	Precipitação
R _s	Respiração do Solo
µmolm ⁻² s ⁻¹	Micromoles por metro quadrado por segundo
mm	Milímetros
±DP	Desvio padrão
Kg m ⁻²	Quilograma por metro quadrado

RESUMO

BATISTA, D. S. Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ em fragmento do Cerrado na cidade de Tangará da Serra-MT. Cuiabá, 2018, 49p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), Universidade de Cuiabá.

O objetivo geral desse estudo foi analisar a dinâmica temporal de efluxo de dióxido de carbono (CO₂) do solo em um fragmento de Cerrado localizado em área urbana da cidade de Tangará da Serra- MT e avaliar qual a influência das variáveis micrometeorológicas e o Índice de área foliar (IAF) e a produção de serrapilheira. O estudo foi realizado na cidade de Tangará da Serra-MT, entre julho/17 a junho de 2018, mensalmente. Foram medidos efluxo de CO₂ do solo, temperatura e umidade do solo, produção de serrapilheira e IAF. A média anual de efluxo de CO₂ foi de $6,35 \pm 2,10 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. O valor mínimo de efluxo de CO₂ foi $3,87 \pm 1,22 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ em setembro/17 e o máximo em janeiro/18 com $9,51 \pm 1,22 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. A média do efluxo de CO₂ na estação seca (maio-setembro) foi de $4,58 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, enquanto na estação chuvosa (outubro-abril) foi de $7,62 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. A média anual da temperatura do solo foi de 23,9 °C, variando 19,1°C em junho/18 a 25,7 em março/17. A média anual de umidade do solo foi de 11,27%, com máximo de 21,19% no mês de novembro/17 e mínimo de 6% nos meses de março, abril/17 e junho/8. A produção anual de serrapilheira foi $1,64 \pm 0,085 \text{ (kg m}^{-2}\text{)}$, sendo que 56,3% corresponde a produtividade de folhas e 21,2% de ramos. Em relação ao IAF, a média anual foi de $7,29 \pm 1,7 \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$, com valor mínimo em setembro/17 com $4,4 \pm 0,24 \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$ e máximo $9,65 \pm 0,20 \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$ em fevereiro/18. O efluxo de CO₂ teve correlação significativa com valor de 84% com IAF e a umidade do solo com 68%. O parque produziu aproximadamente 198 toneladas de serrapilheira durante um ano. Nesse mesmo período o parque emitiu aproximadamente 541.937 kg de CO₂ no período diurno.

Palavra- chave: Troca gasosa, precipitação, serrapilheira.

ABSTRACT

BATISTA.D.S. Temporal dynamics of CO₂ efflux in a Cerrado fragment in the city of Tangará da Serra-MT. Cuiabá, 2017, 49p. Dissertation (Master in Environmental Sciences), University of Cuiabá.

The objective of this study was to analyze the temporal dynamics of soil CO₂ efflux in a Cerrado fragment located in an urban area of the city of Tangará da Serra - MT and to evaluate the influence of the micrometeorological variables and the leaf area index (LAI) and litter production. The study was carried out in the city of Tangará da Serra-MT, between July / 17 and June of 2018, monthly. Soil CO₂ efflux, soil temperature and humidity, litter production and LAI were measured. The mean annual CO₂ efflux was $6.35 \pm 2.10 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. The minimum value of CO₂ efflux was $3.87 \pm 1.22 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ in sept / 17 and the maximum in January / 18 was $9.51 \pm 1.22 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. The average CO₂ flow in the dry season (May-September) was $4.58 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, while in the rainy season (October-April) it was $7.62 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. The annual average soil temperature was 23.9 °C, ranging from 19.1 °C in June /18 to 25.7 in March /17. The average annual moisture content of the soil was 11.27%, with a maximum of 21.19% in the month of November/17 and a minimum of 6% in the months of March, April/17 and June/8. The annual litter production was $1.64 \pm 0.085 \text{ (kg m}^{-2}\text{)}$, with 56.3% corresponding to leaf yield and 21.2% of branches. In relation to the LAI, the annual mean was $7.29 \pm 1.7 \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$, with a minimum value in sept/17 with $4.4 \pm 0.24 \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$ and a maximum of $9,65 \pm 0.20 \text{ (m}^2 \text{ m}^{-2}\text{)}$ in February/18. The efflux of CO₂ had a significant correlation with 84% with LAI and soil moisture with 68%. The park produced approximately 198 tons of litter for a year. During the same period, the park emitted approximately 541,937 kg of CO₂ in the daytime.

Keywords: Gas exchange, precipitation, litter.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

O bioma Cerrado ocupa aproximadamente 38% do território de Mato Grosso, considerado como um dos biomas com maior abundância de fauna e flora. Porém, é o que mais sofre com a intervenção humana. No processo de crescimento das cidades, o cerrado sofreu reduções drásticas de sua área, criando-se fragmentos isolados desse bioma, considerados como parques urbanos naturais.

Esses parques possuem extrema importância para a comunidade local, pois além de contribuir para o lazer e atividades físicas, possibilita o contato da sociedade com o meio ambiente.

Entretanto, as alterações ocorridas na dinâmica desses parques, ocasionadas pela mudança do uso da terra, desmatamento, substituição de áreas verdes por construções, contribuem para elevação das concentrações das emissões de gases de efeito estufa, principalmente o dióxido de carbono (CO_2), o que pode acelerar as mudanças no microclima de uma cidade.

Assim como as florestas, um fragmento de Cerrado, possui a capacidade natural de sequestrar CO_2 da atmosfera pelo processo da fotossíntese, processo esse essencial para a vida. Parte desse CO_2 ajuda no crescimento e desenvolvimento das árvores. É um ciclo natural e ajuda a reduzir consideravelmente a quantidade de CO_2 na atmosfera.

A outra parte desse dióxido de carbono absorvido é transferido para raízes e solo. No solo ocorre o ciclo do carbono, quando as plantas e outros organismos autótrofos absorvem o gás carbônico da atmosfera utilizado no processo da fotossíntese, devolvendo o carbono ao meio. Dessa forma, os parques urbanos além de absorverem parte do dióxido de carbono, o solo, por sua vez emite para a atmosfera CO_2 pela atividade microbiana, ou seja, quanto maior a atividade microbiana presente no solo maior será a emissão do CO_2 .

Todas essas modificações tanto do uso da terra e na cobertura do solo podem provocar alterações na dinâmica existente nesses fragmentos, ocorrendo o desequilíbrio desse processo. Diante disto é questionável quantificar o volume estimado de emissão de efluxo CO_2 que uma área de fragmento de Cerrado localizado no perímetro urbano emite por mês e por ano.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista toda a problemática apresentada, faz-se necessário compreender a dinâmica de fragmento de cerrado e quanto o mesmo emitem de CO₂. Para isso são inquestionáveis a compreensão e a mensuração todos os fatores existentes na ciclagem de nutrientes, como a produção de fluxo de CO₂, quantificação da serrapilheira, além das variáveis micrometeorológicas.

Esses fatores podem ser compreendidos por meio de coletas de dados *in situ*. Com esse estudo poderá contribuir além de ações de conservação dessa área, como também assimilação da sociedade sobre os impactos que esse fragmento teve por ações antrópicas.

Para o meio acadêmico, esse estudo contribuirá de forma significativa para futuras pesquisas, podendo os dados servir como referências, pois não há nenhum conhecimento científico até o momento sobre a estimativa da quantificação de efluxo de CO₂ que o parque urbano de Tangará da Serra-MT emite mensal e anual.

Diante desses pressupostos, o objetivo geral desse estudo foi analisar a dinâmica temporal de efluxo de CO₂ do solo em um fragmento de Cerrado localizado em área urbana da cidade de Tangará da Serra- MT. E os objetivos específicos foram:

- Caracterizar o microclima do local de estudo;
- Quantificar a produção de serrapilheira e analisar durante o ano o padrão sazonal;
- Mensurar e verificar a variação temporal do efluxo de CO₂ do solo em um fragmento de Cerrado;
- Verificar a influência da umidade do solo e da temperatura do solo no efluxo de CO₂ do solo na floresta;
- Analisar a influência da serrapilheira produzida e do Índice de área foliar (IAF) no efluxo de CO₂ da floresta.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CERRADO

O Cerrado, considerado como um dos biomas 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).

Entretanto com a expansão da fronteira agrícola e pecuária no Cerrado brasileiro, nas últimas quatro décadas, já levou à perda total ou à degradação de 52% do bioma, colocando prementes ameaças para seu futuro e para as formas de vida tradicionais de seus habitantes. Desde a década de 1970, atividades intensivas e extensivas como a pecuária e as monoculturas de soja, cana-de-açúcar e eucalipto, têm levado a intenso desmatamento e degradação dos solos, mudando de forma dramática a paisagem, as interações ecológicas intra e extrabioma e alterando de forma igualmente abrupta a vida das comunidades tradicionais do Cerrado (ACTIONAID, 2017).

O desmatamento e os incêndios florestais ocasionam a alteração da paisagem, fragmentação dos habitats, extinção de espécies, invasão de espécies exóticas, erosão dos solos, poluição dos aquíferos, assoreamento dos rios e o desequilíbrio no ciclo de carbono, entre outros prejuízos (MMA, 2009, p. 7).

O Cerrado brasileiro corresponde a 24% do território nacional (Figura 1), uma área contínua que corresponde a dois milhões de km², englobando desde o Amapá e Roraima, em latitude ao norte do Equador, até o Paraná, já abaixo do trópico de capricórnio. Já no sentido longitudinal, o Cerrado aparece de Pernambuco, Alagoas, Sergipe até o Pará e Amazonas, neste último como encaves dentro da floresta Amazônica (EMBRAPA, 2013).



Figura 1. Biomas Brasileiros

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2004).

O cerrado é o principal bioma do centro-oeste brasileiro, cobrindo 38,29% de todo território de Mato Grosso, localizado principalmente nas depressões de Alto Paraguai - Guaporé, o sul e o sudeste do planalto dos Parecis e ao sul do paralelo 13°, até os limites de Mato Grosso do Sul (GROSSO et al., 2016).

O bioma Cerrado ocupa uma área de aproximadamente dois milhões de quilômetros quadrados e está localizado na porção central do Brasil. Abrange diferentes paisagens e tipos de vegetação, com um gradiente vegetacional dividido entre formações florestais, savânicas e campestres (da SILVA et al., 2011).

Em relação à 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). A transição ou também conhecida como Ecótonos são zonas de transição entre sistemas ecológicos adjacentes, com um conjunto de características definidas por escalas de espaço e tempo e pela força de interação entre estes sistemas (HOLLAND et al., 1991).

As variações que ocorrem como na quantidade e duração da precipitação que pode afetar a atividade fotossintética e o funcionamento da floresta, que por sua vez, pode afetar no balanço geral do fluxo de carbono para atmosfera (ATKINSON et al., 2011). O Ecótono Amazônia - Cerrado, atualmente representa 4,85% do país (FILHO, 2006).

Sendo uma das regiões que mais sofre com a ação humana, devido ao seu grande potencial econômico, situação hoje agravada pelo avanço da fronteira agrícola, que resultou em dramática fragmentação de seus últimos remanescentes, especialmente, em Mato Grosso (MARIMON et al., 2014).

2.2 CICLO DO CARBONO

O ciclo global do carbono está associado aos ecossistemas que emitem e absorvem CO_2 atmosférico. Dessa forma, qualquer alteração nesses ecossistemas, decorrente de distúrbios naturais e antrópicos, acarretarão mudanças nos fluxos de carbono para a atmosfera, em níveis que irão variar com a intensidade do distúrbio (PAIVA et al., 2011).

As florestas são responsáveis por armazenar grande quantidade do carbono na vegetação e no solo. O ciclo do carbono é um dos mais importantes ciclos biogeoquímicos por regular a concentração do dióxido de carbono, que é o principal gás de efeito estufa (GEE). Alterações no solo e a queima de combustíveis fósseis aceleram o processo de aquecimento global por representarem acréscimos instantâneos desses gases à atmosfera (STUCCHI, 2013).

Nesse contexto, o processo de ciclagem do carbono consiste na transferência do carbono (C) para a atmosfera por meio de queima, respiração ou reações químicas e a reintegração na matéria orgânica. O CO_2 entra na atmosfera a partir da respiração dos animais e vegetais, da decomposição e queima das substâncias orgânicas e da atividade dos oceanos. A seguir, o CO_2 volta à vegetação e ao solo através da fotossíntese das plantas, que fixam o C (ROHDE, 2005).

A entrada de carbono no solo se dá principalmente pela deposição do material vegetal gerado pelas plantas. Parte do carbono é devolvido à atmosfera no processo de decomposição e outra parte fica armazenada no solo, devido ao metabolismo microbiano e à interação com argilas que permitem seu acúmulo no solo. Uma vez no solo, o carbono pode reagir com outros elementos que o fazem mais ou menos solúvel, facilitando ou dificultando sua perda para a atmosfera, que ocorre por meio de CO_2 ou CH_4 , num processo que depende das características de cada solo (BRADY e WEIL, 2013).

O carbono que não é liberado para a atmosfera, é incorporado nos húmus do solo ou solubilizado na água percolada no solo (BRANDÃO, 2012). Porém, as mudanças climáticas podem alterar a estrutura e o funcionamento das espécies vegetais. A vegetação detém elevados estoques de carbono acima e abaixo da superfície do solo, sendo que um aumento na temperatura do ar pode proporcionar emissões de carbono para a atmosfera por meio de um aumento nos processos de decomposição da vegetação (VILLELA et al., 2012).

O armazenamento de carbono exerce um papel importante no ciclo do carbono dos ecossistemas. As mudanças na alocação de carbono afetam tanto o crescimento de plantas individuais como a biogeoquímica terrestre, devido à qualidade do material depositado como serrapilheira e taxas de decomposição, o sequestro de carbono e as trocas de gases entre planta atmosfera (FRIEDLINGSTEIN et al., 2010; FERREZ, 2010).

2.3 SERRAPILHEIRA

A serrapilheira compreende a camada mais superficial do solo, é responsável por diversas dinâmicas do ecossistema, pois sua produção controla diretamente a quantidade de nutrientes que retorna ao solo, logo está relacionada à atividade de decomposição provocada pelos microrganismos presentes no solo, (SCORIZA et al., 2012). A serrapilheira é composta de folhas, caules, frutos, sementes e flores. Quando este material vegetal é depositado sobre o solo exerce inúmeras funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas, compreendendo a camada mais superficial do solo em ambientes florestais (COSTA et al., 2010).

Esse retorno faz parte do processo de ciclagem de nutrientes, sendo está de suma importância para a manutenção da vida dentro dos ecossistemas. São processos inter-relacionados em que os elementos químicos, inclusive todos os elementos essenciais à vida, são utilizados em sucessivos períodos de fixação de energia, circulando na biosfera em vias

características, do ambiente aos organismos e desses novamente ao ambiente. Como essas vias são mais ou menos circulares, são chamadas de ciclos biogeoquímicos (ODUM, 2013).

O estoque de serrapilheira numa floresta depende de vários fatores dentre eles destacam-se: tipo de floresta, estágio sucessional, cobertura florestal, condições edafoclimáticas, sítio, sub-bosque, manejo, silvicultura, espécie, procedência, idade, época e local de coleta. Outro fator é a taxa de decomposição natural, a qual influencia na quantidade acumulada no solo, além de distúrbios naturais como enchentes, queimadas ou vento podem deslocar ou diminuir o material. Fatores antrópicos também podem impactar na quantidade de serrapilheira no solo como a retirada do material, tipo de manejo aplicado, ou conversão da área para outros fins. Quanto maior a deposição de material no solo e menor a taxa de decomposição, maior será o estoque de serrapilheira (SAYER et al., 2012).

A sua deposição varia conforme a ação de diversos fatores bióticos e abióticos como fitofisionomia, solo (ALMEIDA et al., 2015), latitude (BRAY; GORHAM, 1964), relevo, temperatura, precipitação pluviométrica, disponibilidade de luz, fotoperíodo, evapotranspiração, deciduidade, estágio sucessional (TOSCAN et al., 2014), herbivoria, disponibilidade hídrica e estoque de nutrientes no solo.

Além disso, a serrapilheira protege o solo contra as elevadas temperaturas, armazena em seu conteúdo uma grande quantidade de sementes aptas a germinar ou em estado de dormência, abriga uma abundante fauna composta por micro e macro invertebrados que atuam na decomposição desses materiais, fertilizando naturalmente os solos (VITAL et al., 2004; SANTANA, 2005; SOUTO, 2006; COSTA et al., 2010).

Quando acumulada sobre o solo contribui, juntamente com os diversos compartimentos florestais, para a interceptação das gotas de chuva, minimizando assim seus efeitos erosivos. É também um compartimento de armazenamento de água, que apesar de pouca capacidade em termos quantitativos, funciona como um isolante térmico, contribuindo para a redução da evaporação e manutenção de microclima estável na superfície do solo (GARAY e KINDEL, 2001). Além disto, produz sombra e retém umidade, criando condições microclimáticas que influem na germinação de sementes e estabelecimento de plântulas (MORAES et al., 1999).

O ciclo que compreende, principalmente, a seguinte dinâmica: absorção dos nutrientes pelas plantas, retenção na fitomassa, translocação interna na planta, queda de folhas, sementes, galhos, frutos da parte áreas que irão formar uma camada de serrapilheira e decomposição desse material (CARNEIRO, 2015).

O conhecimento sobre a dinâmica de produção, acúmulo e decomposição da serrapilheira pode contribuir para o entendimento das propriedades ecológicas e dos fatores limitantes no estabelecimento e desenvolvimento de ecossistemas florestais, pois controla a oferta de nutrientes orgânicos e minerais para a própria vegetação (NUNES e PINTO 2012, GODINHO et al., 2013, FERREIRA et al., 2014).

2.4 EFLUXO DE CO₂ NO SOLO

O solo comporta-se como um sistema aberto, trocando matéria e energia com o meio. As alterações no estoque de carbono no solo são controladas pela taxa de decomposição de carbono orgânico do solo (COS), por exemplo, devido a alterações no microclima e pelas alterações na quantidade e na qualidade do C que circula através do sistema. O uso da terra afeta diretamente tanto o microclima quanto a quantidade, a qualidade e as vias de entrada C (DON et al., 2011).

O carbono (C) na forma de gás carbônico CO₂ atmosférico entra na biomassa terrestre via fotossíntese (produtividade primária bruta), e metade desse valor é logo liberado como CO₂ pela respiração das plantas. Esse carbono é armazenado na biomassa vegetal (produtividade primária líquida) e entra no solo via senescência ou exsudação. Ao mesmo tempo, a respiração heterotrófica e o fogo retornam uma quantidade equivalente à produtividade primária líquida para a atmosfera fechando o ciclo (FERREIRA, 2013).

O efluxo de CO₂ é a liberação de CO₂ para a atmosfera e, portanto, depende da produção de CO₂ no solo e do processo físico de fluxo de gás para fora do solo (difusão). Gases e água competem pelo espaço poroso do solo. Quando parcial ou totalmente preenchido por água, a disponibilidade de gases para os microrganismos é menor (MOREIRA e SIQUEIRA, 2006).

As ações de perda de CO₂ do solo são representadas pelas trocas gasosas entre o solo e a atmosfera, e governadas pela difusão do CO₂ por meio dos poros do solo, que podem ser influenciadas pelas propriedades do solo ou pela cobertura vegetal presente no local (PINTO JÚNIOR et al., 2009). As variáveis climáticas têm relações diretas com os efluxo de CO₂ para a atmosfera.

Desse modo, os principais fatores que afetam as emissões são a temperatura (do ar e do solo) e o teor de umidade do solo, adicionados às relações climáticas e topográficas do local (BRITO et al., 2010).

Entretanto, os solos tropicais, que apresentam umidade e temperatura elevadas, oferecem condições bastante propícias para produção de CO₂, pois favorecem a decomposição da matéria orgânica, a respiração das raízes e a respiração microbiana, aumentando a emissão do CO₂ do solo para a atmosfera. Desta forma, o balanço de C no solo é dependente da relação entre as adições de C fotossintetizado pela planta (parte aérea e raízes) a as perdas de C para a atmosfera resultante da oxidação microbiana do C orgânico à CO₂ (ZANATA et al., 2008).

A deposição da serrapilheira exerce relevante influência sobre o fluxo de CO₂, assim, qualquer fator que altere essa deposição pode afetar a taxa de respiração e o balanço de carbono (DAVIDSON et al., 2002).

2.5 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

O Índice de Área Foliar (IAF) foi caracterizado por Watson (1947) como sendo a área foliar integrada do dossel por unidade de superfície projetada no solo (m²/m²). De acordo com Woodgate et al. (2015) o IAF é um descritor primário da estrutura da vegetação e é uma variável climática essencial, pois com os seus valores é possível conhecer a dinâmica do ambiente. O índice de área foliar depende da composição de espécies, do estado de desenvolvimento, sazonalidade, e principalmente das condições locais e das práticas de manejo, de modo que a soma desses fatores juntamente com os métodos de avaliação está associada a grande variação dos índices de área foliar (QUEIRÓS, 2013).

É considerado como parte da estrutura mais sensível da floresta, pois as folhas do dossel regulam alguns processos ecofisiológicos, como a fotossíntese e a transpiração, que são consideradas como elementos fundamentais da produtividade da floresta (LARCHER, 2004; BAMBI, 2007).

A sazonalidade na produção de serrapilheira interfere na dinâmica do dossel e, conseqüentemente, na penetração de luz, temperatura das folhas, evapotranspiração, interceptação das chuvas, temperatura do solo e fluxos de CO₂ (WELLES, 1990).

Uns dos métodos de estimativa do índice de área foliar requer recursos capazes de interceptar a radiação fotossinteticamente ativa (PAR) e o uso de instrumentos recentemente criados que indiretamente determinam o IAF de copas de plantas em tempo real. Estes instrumentos estão baseados na penetração direta da luz solar, medida a partir de diferentes ângulos zenitais no decorrer do dia, de modo que são analisadas frações de abertura do tamanho

do dossel e a sua distribuição. Para tal, os instrumentos calculam os feixes luminosos e incorporam técnicas de análise de imagens de dosséis, por exemplo, o imageador Plant Canopy Analyzer CI-110 (BAMBI, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no Parque Natural Municipal “Ilto Ferreira Coutinho” que está localizado na parte central do município de Tangará da Serra- MT na região sudoeste do Estado de Mato Grosso, com altitude média de 452 metros, entre os paralelos 14° e 15° e entre os meridianos 57° 15' 00” e 59° 10' 00”. Possui uma média anual de precipitação de 1800 mm e temperatura de 24,4°C (DALLACORT et al., 2011).

O parque possui uma área de aproximadamente 12 hectares, numa região de transição entre Cerrado e Floresta Amazônica. No interior do Parque podem ser observadas espécies botânicas tanto da Floresta Amazônica quanto do Cerrado, que é o resultado da presença de Mata ciliar, com formação vegetal original de Floresta Estacional Semidecidual (RODRIGUES, et al., 2015).

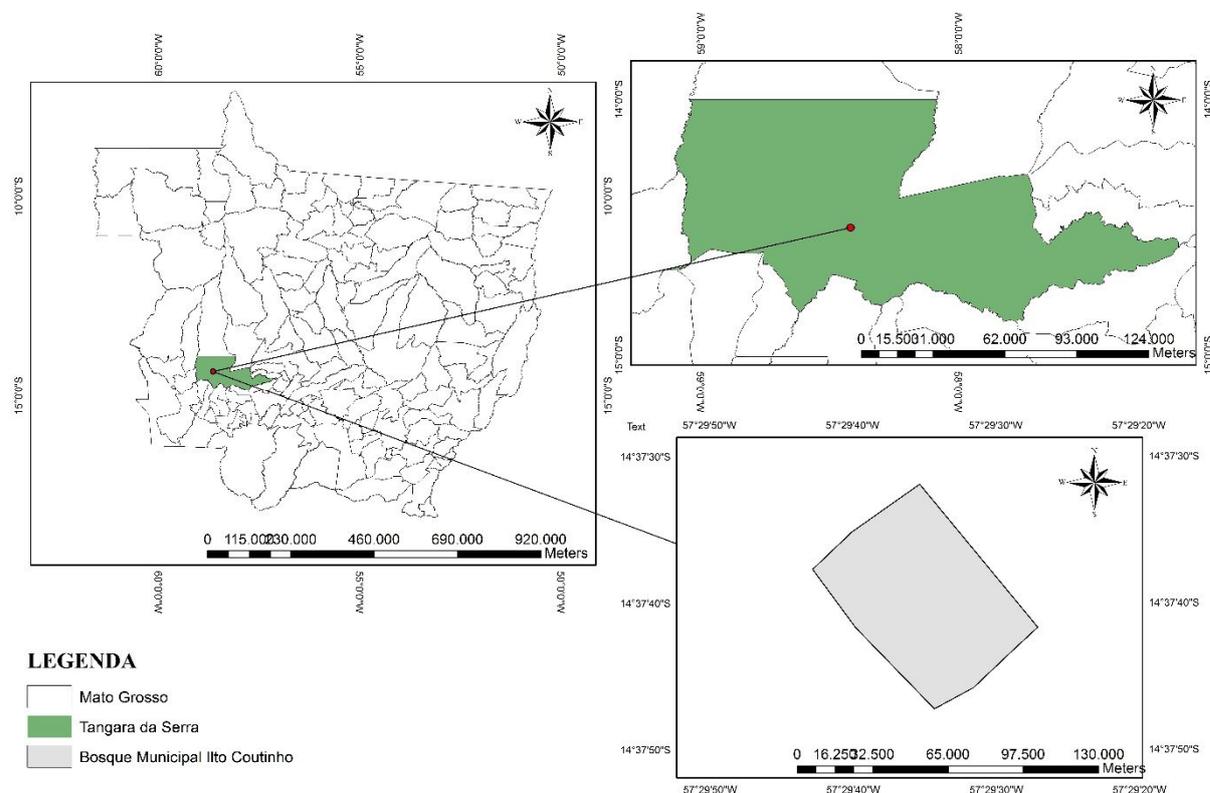


Figura 2. Mapa de localização do fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

Tabela 1. Algumas espécies arbóreas encontradas no do Parque Natural Municipal Ilto Ferreira Coutinho do município de Tangará da Serra-MT, com suas famílias, nome popular.

Família/ Nome Científico	Nome Popular
Anacardiaceae	Aroeira, Cajá Mirim e Manga
Malvaceae	Pente de Macaco, Açoita Cavallo, Barriguda/ Paineira-rosa
Bignoniaceae	Ipê roxo, Ipê branco, Piúna-roxa, Jacarandá
Annonaceae	Araticum, Pimenta de Macaco, Pindaíba-preta
Apocynaceae	Guatambu-vermelho
Meliaceae	Cedro, Mogno
Miristicaceae	Ucuúba-do-Cerrado
Rubiaceae	Mirindiba Jenipapo

Fonte: Rodrigues et al., 2015.

No parque, observa-se uma topografia suavemente ondulada, onde os solos são de dois tipos: Latossolo Vermelho Distrófico (Latossolo Vermelho) e Neossolos Quartzarênicos hidromórficos (Areias Quartzosas) com alto teor de matéria orgânica, formando nas nascentes solos hidromórficos, devido à característica de afloramento do lençol freático durante todo o ano (EMBRAPA, 2006).

O Parque Natural “Ilto Ferreira Coutinho” é classificado como uma Unidade de Conservação Municipal pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (BRASIL, 2009).

3.2 MEDIDAS DE EFLUXO DE CO₂ DO SOLO

As medidas de efluxo de CO₂ do solo foram realizadas mensalmente em cinco pontos distintos, utilizando 5 tubos de PVC de 200mm no solo (Figura 3a), com profundidade de 10 centímetros fixados ao solo. Os tubos de PVC foram anexados ao solo 30 dias antes do início da primeira coleta e permanecendo no solo até o final da pesquisa. Os tubos foram colocados ao lado do coletor de serrapilheira (Figura 3b), para possibilitar o acompanhamento da produção de serrapilheira com a dinâmica do efluxo de CO₂ no solo.

O período de coleta iniciou-se em julho de 2017 finalizando-o em junho de 2018, totalizando-se 12 meses de pesquisas. As medidas de CO₂ foram nos últimos dias de cada mês, tendo em consideração as condições meteorológicas. No ponto de medida do efluxo também foi aferido a umidade relativa do ar, temperatura do ar e solo, pressão atmosférica.

As medidas iniciavam-se às 8 horas terminando as 16:00, seguindo uma sequência começando pelo ponto 1 finalizando com o ponto 5. O tempo utilizado em cada medição era cerca de 8 segundos em cada ponto, durando cerca de 1 minuto o trajeto entre os pontos.

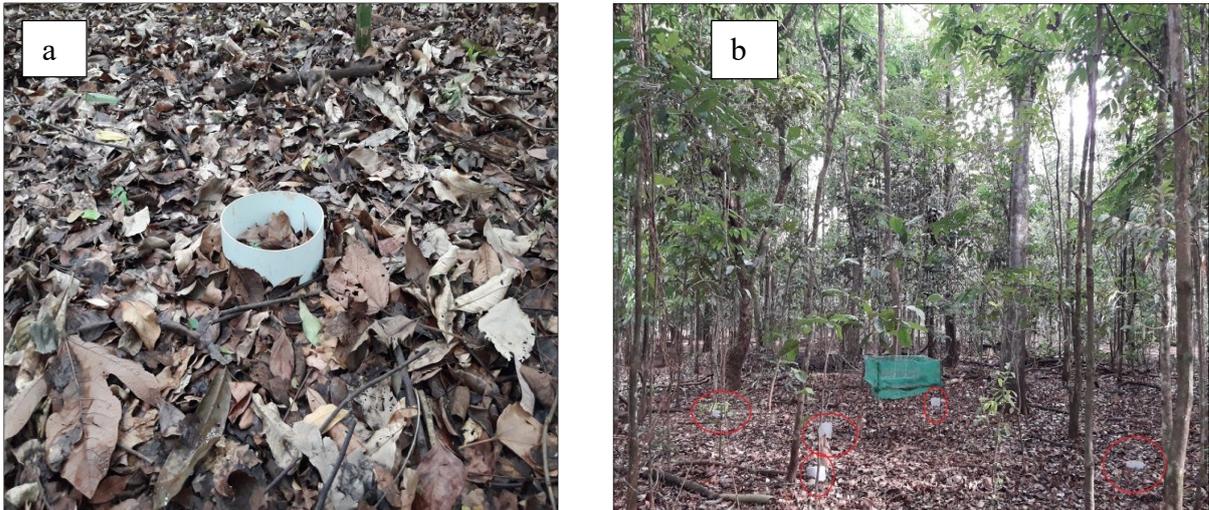


Figura 3. Local de medidas de efluxo de CO_2 (a). Coletor de Serrapilheira (b) no fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

Para medição de efluxo de CO_2 do solo foi utilizada o analisador de gás por infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, U.K.) que se conecta a uma câmara de fluxo de CO_2 do solo (SRC-1, PP Systems, U.K.), conforme a Figura 4.

O EGM-4, por ser um analisador de gás infravermelho não disperso, é caracterizado por um recurso que permite adaptação às mudanças e condições ambientais. Tendo estabilidade ao transmitir dados de CO_2 . O recurso de análise de gás de infravermelho, permite determinar as concentrações de CO_2 em ppm, pois os gases de moléculas diatômicas (como o CO_2), absorvem fótons na faixa de infravermelhos (PEREIRA, et al., 2018).



Figura 4. Analisador de gás por infravermelho portátil (EGM-4, PP Systems, U.K.) e a Câmara de efluxo de CO_2 do solo (SRC-1, PP Systems, U.K.) e - Termômetro digital tipo espeto, no fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

A unidade da medida do fluxo de CO₂ é gCO₂m⁻²h⁻¹ e para ser transformado em μmolm⁻²s⁻¹ utilizou o fator de conversão 6,312. Sendo μmol a unidade mais utilizada para medidas de fluxo de CO₂ (PINTO JR, 2007).

3.3 SERRAPILHEIRA PRODUZIDA

Para a coleta da serrapilheira foi utilizado um coletor fixado no ponto central da área de estudo com um mês antes do início da primeira coleta. Esse coletor foi feito de vergalhão de aço com área de 1m² por 1,5m de altura, sendo 20cm fixado no solo que foi revestido com uma tela nylon “mosqueteiro” (Figura 5) que possibilita a passagem da água de chuva e a retenção das folhas, frutos, flores e galhos, com uma distância de 90 cm do solo.



Figura 5. Coletor de Serrapilheira, no fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

A coleta da serrapilheira produzida ocorreu mensalmente, sendo estas armazenadas em sacolas de plásticos e transportadas em isopor para o laboratório, para ser secada em estufa. O material ao ser retirado, foi todo colocado em saco de papel kraft (com gramatura de 100g/m²), identificado e colocado em estufa para secagem completa, com um tempo de 72h, conforme a figura 6.



Figura 6. Secagem da Serrapilheira do fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT

Após a secagem, a serrapilheira foi triada e separada em sua estrutura física (Figura 7). E dentro da sua composição anatômica a origem vegetal (flores, frutos, folhas, ramos e sementes) e a origem animal (esqueletos, carapaças e fezes), (SCORIZA, 2012).

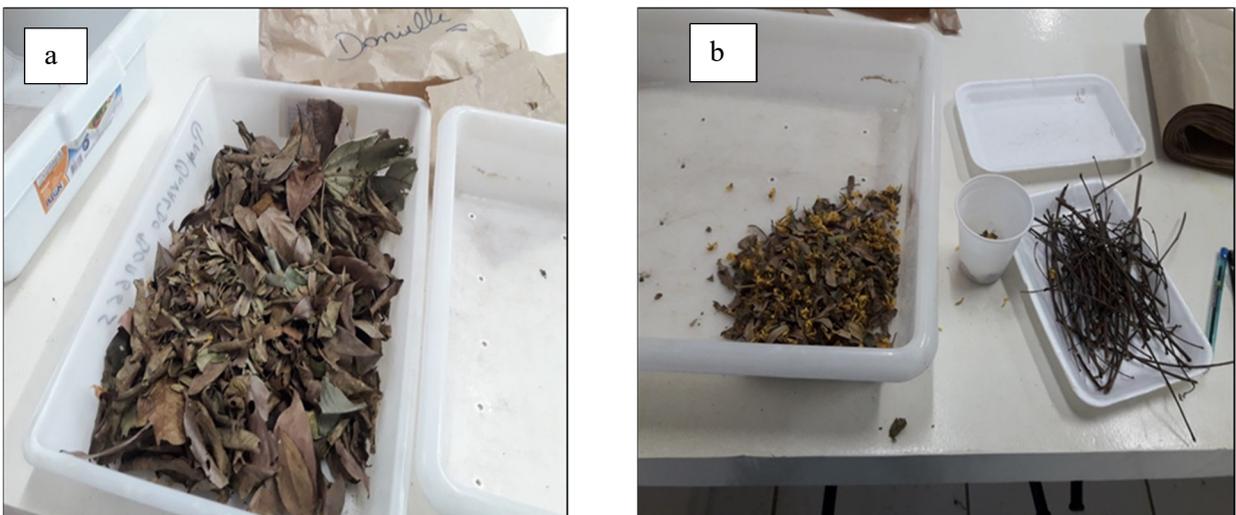


Figura 7a e 7b. Classificação da Serrapilheira e separação das folhas, frutos, ramos e flores fragmento de Cerrado Tangará da Serra-MT.

O material coletado foi pesado em uma balança de precisão (S622 BEL). A unidade de medida utilizada para quantificar a serrapilheira foi em grama por metro quadrado, porém foi usado o fator de conversão 10 para transformar em kg m^{-2} .

3.4 UMIDADE DO SOLO

No período de coleta da serrapilheira, foram coletadas amostras do solo para obter o valor da umidade do mesmo. As amostras foram coletadas mensalmente e retiradas (Figura 8) no dia e no mesmo ponto da medição de efluxo de CO_2 . Sendo o solo retirado (com umidade), e inseridos em sacos plásticos e conservados dentro de caixa de isopor. No total, foi retirada somente uma amostra, já que o objetivo era somente quantificar o teor de umidade.

Essa amostra foi colocada em recipiente de alumínio, sendo pesada antes do processo e depois da secagem, com o objetivo de determinar a umidade presente no solo no dia da coleta de efluxo de CO_2 .

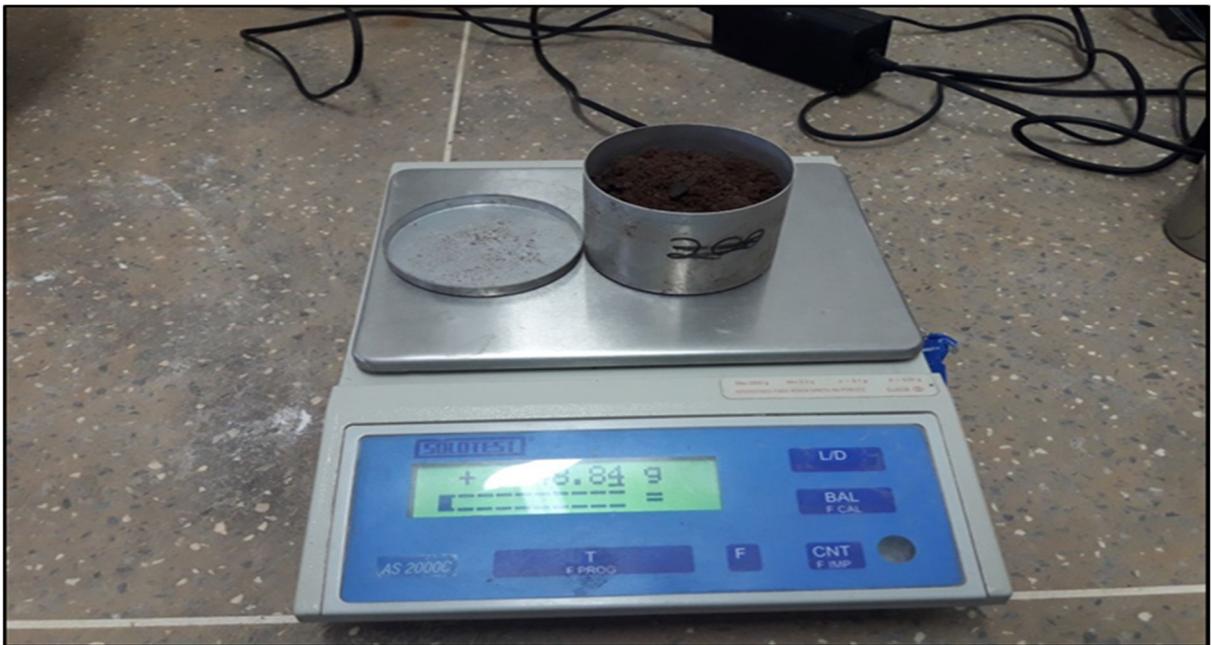


Figura 8. Pesagem do solo para obter umidade, no fragmento de Cerrado na cidade de Tangará da Serra-MT.

A temperatura utilizada nesse processo de secagem foi de 100°C em estufa. O solo permaneceu por um período de 24h. Depois desse período, o solo era pesado novamente. Tendo os valores de solo seco e solo úmido, o teor de água no solo foi obtido conforme Equação 2.

$$Umidade\ do\ solo = \frac{(solo\ úmido - solo\ seco)}{solo\ seco} \quad Eq. 2$$

O teor de umidade consiste na relação entre a massa de água presente em um certo volume de solo e a massa das partículas sólidas, no mesmo volume e expressa em porcentagem, realizado de acordo com o Manual de Métodos de Análise de Solo, da EMBRAPA (2011).

3.5 ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Os dados de IAF foram obtidos com o ceptômetro linear modelo (AccuPar – LP 80) (Figura 9) o qual é constituído por um microprocessador data logger que interpreta os sinais que chegam à haste metálica, denominada sonda, onde estão instalados os sensores que detectam a radiação (ANDRADE, 2016).



Figura 9. Ceptômetro LP-80 PAR/LAI

As medidas foram efetuadas entre julho de 2017 até junho de 2018, no horário das 10 às 12 h, horário de maior incidência de radiação solar, sem a interferência de nuvens.

A medição foi baseada no critério de não ter chovido no dia e que o céu estivesse com pouca nebulosidade e de preferência no mesmo dia da coleta do efluxo de CO₂ e das variáveis temperaturas do ar e solo, umidade do ar e pressão atmosférica.

3.6 VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS

As variáveis micrometeorológicas foram medidas *in situ*, obtidas no dia de cada coleta, sendo medidas de hora em hora, sempre iniciando quando começava a coleta de dados de efluxo de CO₂ no solo às 8h, finalizando às 16h. O instrumento utilizado foi a estação microclimática portátil (Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker) (Figura 10).



Figura 10. Estação microclimática portátil, Kestrel 4500 Pocket Weather Tracker.

Foram coletados dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar. Essas variáveis foram coletadas para compará-las com os valores de efluxo, de maneira que pudesse ser observada a correlação entre elas.

O medidor Kestrel 4500 é dotado de sensores para medição da velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica e orientação magnética (bússola). Assim algumas grandezas têm medições diretas, como Temperatura (T) e Umidade relativa do ar (UR) e outras indiretas, ou medidas calculadas a partir de mais de um sensor com equações instaladas na memória do equipamento (ANDRADE, 2016).

3.7 MÉTODOS ESTATÍSTICOS

Para modelagem estatística foi utilizado o programa Statistical Package for Social Science 21 (SPSS).

Para as descrições das variáveis micrometeorológicas, realizou-se o cálculo de média e desvio padrão da temperatura do ar e umidade relativa do ar, utilizando-se a mesma metodologia para a produção de serrapilheira (folha, ramos, frutos, flores, sementes e outros), para serrapilheira usou como unidade de medidas kg m^{-2} e para os dados de IAF $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$.

Entretanto, para calcular o volume aproximado da produção anual para área total do parque, realizou-se a conversão dos dados de kg m^{-2} para tonelada.

Com os dados de efluxo de CO_2 realizou-se primeiramente o fator de conversão, pois o equipamento EGM-1/WMA-2 expressa a R_s (Respiração do solo) em $\text{gm}^{-2}\text{h}^{-1}$. Entretanto, a unidade mais comumente utilizada para medidas de fluxo de CO_2 do solo é $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, para isto multiplicou-se o valor de R_s do aparelho pelo fator de conversão 6,312 (PINTO JR. et al.,2009).

Porém, para estimar a emissão diurna anual de efluxo CO_2 no solo, foram utilizados os dados sem o fator de conversão, ou seja, em $\text{g m}^{-2} \text{h}^{-1}$. As médias desses dados foram multiplicados pela a área do fragmento de cerrado (ha), dessa forma estimou-se aproximadamente a emissão de kg de CO_2 do parque por hora, por fim realizou-se a multiplicação desse resultado por 365 (dias), para obter o valor anual diurno de CO_2 que o parque emite.

Para correlacionar e avaliar a influência da temperatura do solo, umidade do solo, IAF e serrapilheira sobre a emissão do efluxo de CO_2 no solo, utilizou-se a correlação de Spearman, pois quando realizados os testes de homocedasticidade e normalidade as variáveis não tiveram distribuição normal.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 VARIÁVEIS MICROCLIMÁTICAS

A precipitação pluvial acumulada no período de julho/2017 a junho/2018 foi de 1968 mm (Figura 11-a). O mês com menor valor foi em julho de 2017 com 0 mm de precipitação e o maior foi em fevereiro de 2018 com 431 mm.

Os menores valores de precipitação foram na estação da seca o que corroborou com os resultados de Dallacort et al. (2011), que de acordo com seus estudos caracterizam duas estações distintas na região, a estação das águas (outubro a abril) e da seca (maio a setembro).

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).

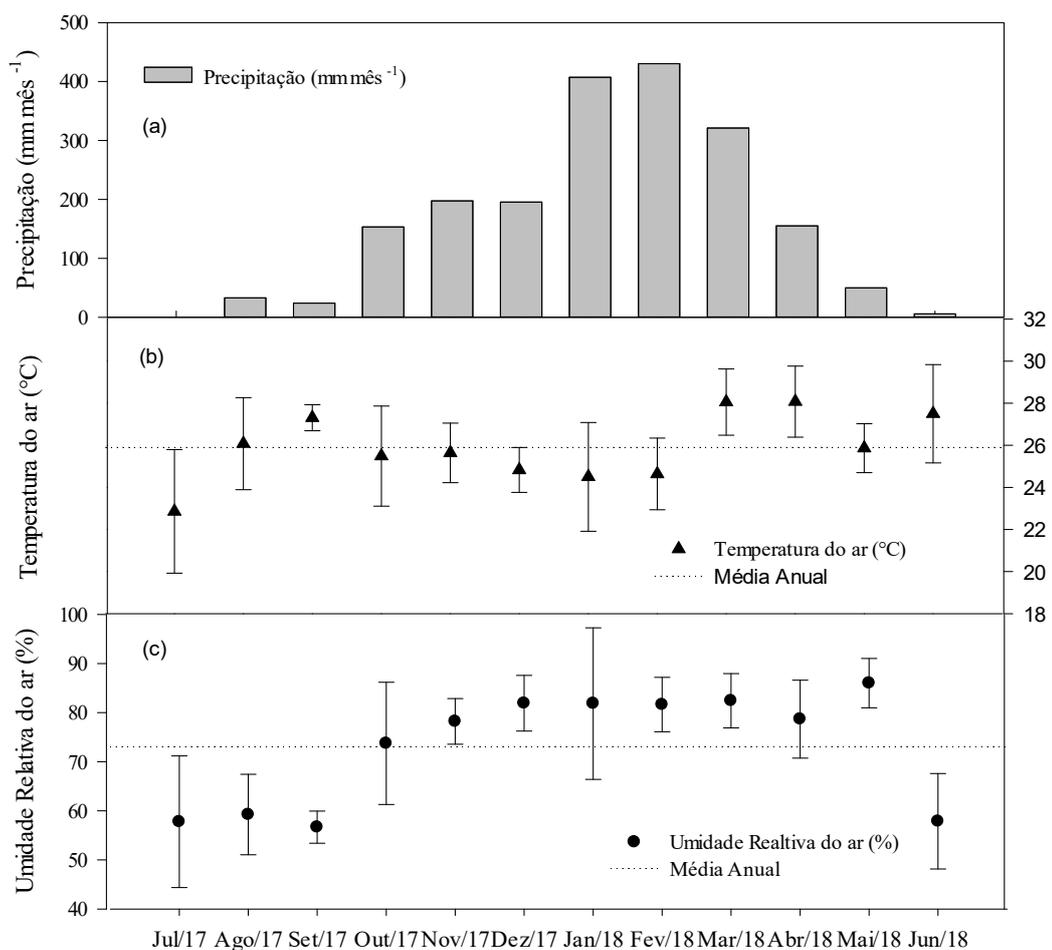


Figura 11. Precipitação acumulada (mm mês⁻¹) (a), Média mensal (\pm DP) da Temperatura do ar (°C) (b), Umidade relativa do ar (%) (c), de julho/2017 a junho/2018 do Fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

A temperatura média do ar variou-se entre 22-28 °C, de julho/17 a junho/18 (Figura 13-b), com valores médios de 25,9 °C no período seco e chuvoso, com amplitude térmica anual nesse período de 5,22 °C, já a média da umidade relativa do ar foi de 73% (Figura 13-c) no período estudado, com amplitude térmica anual de 29,34%, com valor médio de 63,5% no período seco e chuvoso com 79,8% no chuvoso.

A menor temperatura do ar no período estudado foi registrada na estação seca, seguindo-se por aumento da temperatura na transição da estação seca para estação chuvosa. 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).

Em relação à umidade do ar, as médias dos meses do período seco tiveram menor porcentagem, comparando-as com a estação chuvosa. Esse fator pode estar associado à forte influência que a chuva exerce sobre a disponibilidade de água nos diferentes meses do ano. No mês de abril iniciam as fortes reduções nas chuvas na região e os menores valores são registrados em junho e julho. Em agosto as chuvas ainda são escassas e a umidade relativa do ar tem os menores níveis médios em decorrência da falta de água no solo que pode evaporar ou ser transpirada pelas plantas (NIED et al., 2010).

4.2 PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E INDICE DE AREA FOLIAR

A produção da serrapilheira, além de outros fatores, é uma das principais fontes do ciclo do carbono do solo, que possui relação direta com a produtividade e emissão de efluxo de CO₂ do solo para atmosfera. Na tabela 2 estão os valores de produção acumulados da serrapilheira no período de julho/17 a junho/18, assim como também separada dentro da sua composição anatômica de origem vegetal (folhas, flores, frutos, sementes e ramos).

No fragmento de transição a produção de serrapilheira durante o ano foi de 1,64±0,09 (kg m⁻²), sendo que 56,7% produtividade de folhas e 21,3% de ramos.

Tabela 2. Folhas (kg m^{-2}), flores (kg m^{-2}), frutos (kg m^{-2}), sementes (kg m^{-2}), ramos (kg m^{-2}), outros (kg m^{-2}), coletados no período de junho/2017 a fevereiro/2018, no Fragmento de Cerrado-Tangará da Serra-MT.

Meses	Folhas	Flores	Frutos	Sementes	Ramos	Outros	Total
Julho/2017	0,130	0	0,004	0,005	0,027	0,026	0,19
Agosto/2017	0,074	0,022	0	0	0,024	0,037	0,16
Setembro/2017	0,188	0,020	0,003	0,008	0,067	0,038	0,32
Outubro/2017	0,114	0	0	0,010	0,017	0,012	0,15
Novembro/2017	0,033	0	0	0,002	0,012	0,004	0,05
Dezembro/2017	0,024	0	0	0,015	0,008	0,028	0,08
Janeiro/2018	0,035	0	0,002	0	0,042	0,010	0,09
Fevereiro/2018	0,029	0	0	0	0,010	0,016	0,06
Março/2018	0,051	0	0,002	0	0,017	0,001	0,07
Abril/2018	0,045	0	0	0	0,012	0,014	0,07
Mai/2018	0,144	0,009	0	0	0,080	0,012	0,25
Junho/2018	0,063	0,047	0	0	0,035	0,010	0,16
Total							1,64

A maior produção de serrapilheira foi no período seco com valor total de 65,54% e consequentemente menor no período chuvoso com 34,45% esses resultados corroboram com os resultados encontrados em estudo realizado no fragmento de cerrado em Cuiabá, onde houve maior produção de serrapilheira no período seco com 72,87% e menor no período chuvoso com 27,13% (PEREIRA et al., 2018).

O parque produziu aproximadamente 198 toneladas de serrapilheira durante um ano de coleta. A produção anual de serrapilheira no fragmento, foi inferior ao comparado com estudo de Pereira et al. (2018), realizado em um de fragmento de cerrado localizado na área urbana da cidade de Cuiabá-MT, nesta área a produção de serrapilheira foi aproximadamente de 527 toneladas por ano, portanto sendo superior com área de estudo.

Porém, alguns fatores podem ser levados em considerações para essa diferença na produção, como o no caso o tamanho da área estudada e as espécies arbóreas existentes nesse fragmento.

A maior produção de serrapilheira no período seco é influenciada principalmente pelo estresse hídrico (CÉSAR, 1993; HERBOHN e CONGDON, 1993), podendo ser uma resposta da vegetação que com a queda de folhas reduziria a perda de água por transpiração.

As folhas foram mais representativas, seguida por ramos, para composição da serrapilheira na área estudada, o que pode ser confirmado pelo estudo de Silva et al. (2007), que segundo o autor, as folhas representam a maior parte da serrapilheira em todas as áreas

estudadas, sendo ainda mais representativa na área de fitofisionomias de Cerrado, onde as frações frutos e ramos são mais representativas.

O IAF, a média anual foi de $7,44 \pm 1,9 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, (Figura 12) com valor mínimo em setembro/17 com $4,4 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e máximo $10,6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ em janeiro/18.

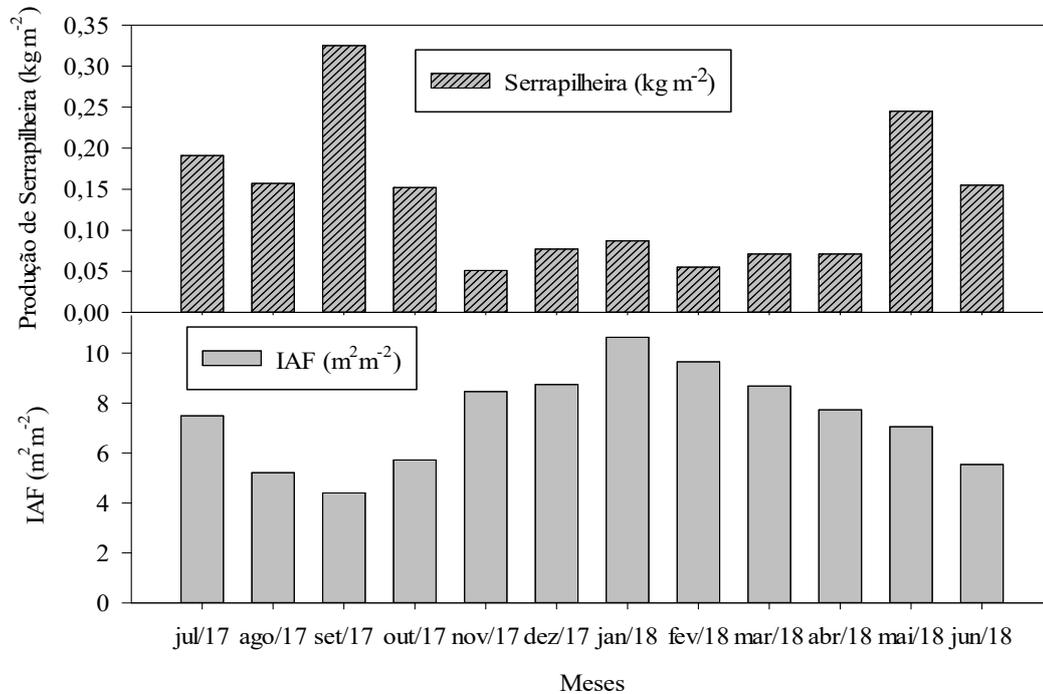


Figura 12. Produção de serrapilheira (kg m^{-2}), IAF $\text{m}^2 \text{m}^{-2}$, período de julho/17 a junho/18 do fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

Os valores de IAF estão relacionados diretamente com a produção de serrapilheira, pois a dinâmica entre estas variáveis é inversamente proporcional.

Os resultados de IAF do fragmento de transição foram maiores do que os estudos realizados por Da Silva et al. (2017) em uma área de fragmento de Cerrado localizado em Cuiabá, que resultou valor maior em dezembro com $6,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ e setembro com menor valor e $2,7 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ de IAF.

Esses menores valores de IAF no período da seca justifica-se porque neste período há menor intensidade de precipitação, a umidade do ar diminui, o que favorece que as árvores liberem suas folhas e ramos, ou seja, diminui a sua área foliar com o objetivo de armazenar o máximo de energia, refletindo-se o menor valor de IAF.

Já no período chuvoso tem-se a menor produção de serrapilheira, pois ao contrário do que acontece no período da seca, no período chuvoso as árvores tendem a armazenar energia, o que favorece a formação de novas folhas e ramos, aumentando consequentemente as áreas cobertas, portanto maiores valores de IAF.

4.3 EFLUXO DE CO₂ DO SOLO NO FRAGMENTO DE CERRADO

A média do efluxo de CO₂ do solo no período de julho/17 a junho/18 para o fragmento de Cerrado foi $6,35 \pm 2,10 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Figura 13). O valor mínimo de efluxo de CO₂ foi $3,87 \pm 1,22 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ em setembro/17 e o máximo em janeiro/18 com $9,51 \pm 1,22 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$. A média do efluxo de CO₂ na estação seca (maio-setembro) foi de $4,58 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, enquanto na estação chuvosa (outubro-abril) foi de $7,62 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

A temperatura média do solo foi de $23,9 \text{ }^\circ\text{C}$, variando $19,1 \text{ }^\circ\text{C}$ em junho/18 a $25,7 \text{ }^\circ\text{C}$ em março/17, com amplitude térmica de $6,6 \text{ }^\circ\text{C}$. A média da umidade do solo foi $11,27\%$, com maior teor de $21,19\%$ no mês de novembro/17 e menor de 6% nos meses de março, abril/17 e junho/18.

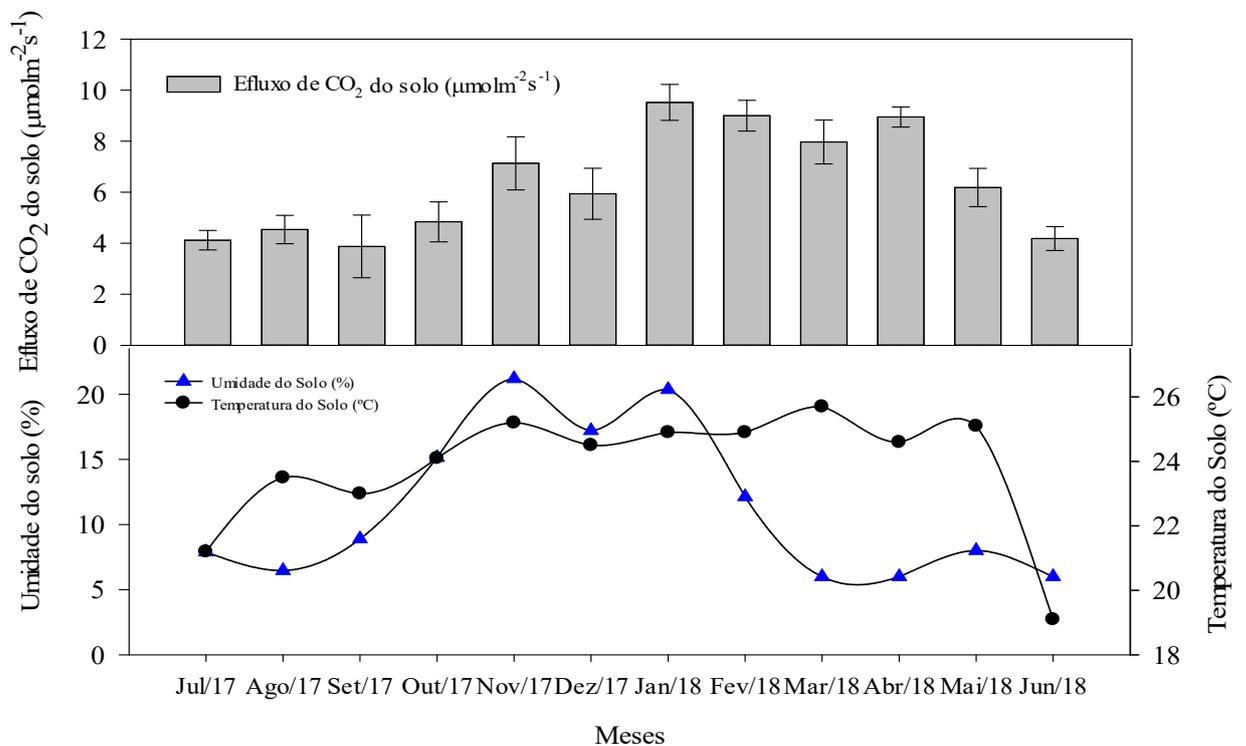


Figura 13. Efluxo de CO₂ do solo (média \pm DP) ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$), Temperatura do solo ($^\circ\text{C}$) e Umidade do solo (%), correspondentes aos meses de julho/17 a junho/18 do fragmento de Cerrado em Tangará da Serra-MT.

A média anual do efluxo de CO₂ do solo é maior que a média anual estimada por alguns autores em estudos realizados em semelhante a área de estudo.

Tabela 3. Média de efluxo de CO₂ de trabalhos realizados.

	Estudo atual	Pinto Jr. et al., (2009)	Valentini et al., (2008)
Média Anual ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	6,35	5,48	7,50
Seca ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	4,58	3,63	5,30
Média Mensal (mínima) ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	3,87 (set/17)	2,88	4,01
Média Mensal (máxima) ($\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$)	9,51 (jan/18)	8,45	10,51

A estimativa da emissão anual diurna de efluxo de CO₂ do parque urbano foi de aproximadamente de 541.937 kg de dióxido de carbono no solo. Esse valor foi inferior ao ser comparado com valor estimado por Pereira et al. (2018), em estudo realizado no parque urbano na cidade de Cuiabá-MT, sendo que nessa área o valor foi de aproximadamente de 5.914.314 kg de CO₂ no solo.

A estação da seca influencia no comportamento do valor de efluxo de CO₂ que possui a tendência de diminuir, isso porque a umidade no solo não há estimulação suficiente para a atividade microbiana, ou seja, haverá atividade microbiana, entretanto, não intensificada, o que pode ocasionar diminuição da emissão de CO₂ consideravelmente comparando-as com o período chuvoso.

Conforme Maier et al. (2011), no período seco, há menor disponibilidade de água no solo o que intensifica o fluxo do CO₂ armazenado no solo. Entretanto, o déficit de água no solo pode reduzir a taxa de respiração (LLOYD, 2006). O que pode justificar os valores menores no período da seca e valores maiores na estação chuvosa, mantendo-se nesse período (chuva) constante e declinando conforme aproxima-se o período seco.

Com objetivo de questionar se as variáveis temperatura do sol, umidade do solo, produção de serrapilheira e o IAF medidas nesta pesquisa se interferem na emissão de do efluxo de CO₂ do solo, utilizou-se a correlação de Spearman.

O efluxo de CO₂ do solo teve correlação com IAF com valor de 82% e 78% com umidade do solo demonstrou correlação moderada com efluxo de CO₂ no solo com 68% (Tabela 4). Essa correlação positiva e significativa entre as variáveis IAF e umidade do solo com efluxo de CO₂ do solo, pode ser explicada porque o efluxo está intimamente ligado com a precipitação, então dessa forma, conforme aumentam os índices pluviométrico, o teor de umidade do solo aumenta, juntamente com os valores de IAF o que desfavorece a penetração da radiação solar, reduzindo a perda de umidade no solo para atmosfera, aumentando a efluxo de CO₂ do solo.

No ambiente de floresta a radiação solar se destaca, sendo fundamental nos processos de fotossíntese, aquecimento do ar e superfície e evapotranspiração. A interação existente entre a radiação solar e o sistema florestal reveste-se de grande importância para a compreensão dos processos de fisiologia vegetal, produtividade de biomassa e trocas turbulentas de energia e massa entre a floresta e a atmosfera (MOURA, 2001).

Tabela 4. Correlação de Spearman do efluxo de CO₂ entre a serrapilheira, temperatura do solo, umidade do solo e IAF que corresponde o período de coleta julho/17 a fev. /18, no Fragmento de Cerrado na cidade Tangará da Serra-MT.

	Temp.do solo	Umidade solo	Serrapilheira	IAF
Efluxo	0,23	0,78*	-0,57	0,83**

*p< 0,05 e **p<0,01

Os valores em negrito representam correlação significativa

A produção de serrapilheira não se correlacionou significativamente com efluxo de CO₂ (Tabela 4), porém pode-se destacar que a serrapilheira possui uma relação negativa de 56% com efluxo, ou seja, a produção de serrapilheira aumenta no período seco devido que as árvores liberam suas folhas e ramos com intuito de economizar energia. Nesse mesmo período há menor teor de umidade do solo o que ocasiona menor atividade microbiana e consequentemente menor valor de efluxo de CO₂ no solo.

Entretanto, ocorre o inverso no período chuvoso. A produtividade de serrapilheira diminui, porém há maior umidade no solo favorecendo a atividade microbiana e aumentando os valores de efluxo de CO₂ no solo.

Esse resultado corrobora com o resultado de Pinto Jr. et al. (2009). Conforme esse autor quando há aumento no estoque de serrapilheira acumulada o efluxo diminuiu. Isto se deve ao fato de que neste momento a umidade presente é menor, impossibilitando qualquer atividade microbiana e consequentemente diminuindo o efluxo de CO₂ do solo.

Estes fatores são importantes para que haja o efluxo de CO₂, em decorrência das reações químicas de decomposição da matéria orgânica e do processo de difusão deste gás saindo do solo para atmosfera, tendo também uma grande influência na emissão de outros gases do solo para atmosfera (KANG et al., 2003; FURTADO NETO et al., 2013).

Já a temperatura do solo teve um coeficiente de correlação de 23% não se correlacionando significativamente com o efluxo de CO₂. Esse resultado corroborou com o estudo realizado por Pereira et al. (2018) em um fragmento de cerrado localizado em Cuiabá,

nesse estudo não houve correlação significativa com a temperatura do solo. O autor justifica que, como a temperatura do solo não há grandes variações abaixo do dossel, as atividades microbianas e microfaunianas não havendo alterações relevantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O microclima do fragmento de Cerrado localizado em Tangará da Serra-MT, seguiu padrão característico da região sendo que os meses de maio a setembro são considerados períodos de seca e outubro a abril período chuvoso.

A serrapilheira produzida nesta pesquisa seguiu um padrão sazonal, com valores maiores de produtividade no período da seca, porém menores no período de chuva, corroborando com estudos já realizados em áreas de fragmento de Cerrado. As porcentagens de folhas e ramos foram as que mais contribuíram para a composição da serrapilheira.

Entretanto, a produtividade da serrapilheira teve influência das variáveis umidade do ar, precipitação e IAF, provocando redução de serrapilheira no período que essas variáveis foram maiores, no caso período chuvoso.

A média mensal do efluxo de CO₂ foi superior na área de estudo comparando-a com estudos semelhantes, sendo que no período chuvoso houve o maior valor, conseqüentemente, menor valor no período de seca.

Em relação às variáveis coletadas no local desse período, o efluxo de CO₂ sofreu influência direta da umidade do solo e do índice de área foliar. Em relação a temperatura do solo e com a serrapilheira houve correlação, porém não significativa.

SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

A partir dessas considerações finais sugere-se:

- Estudar a deposição, decomposição da serrapilheira no local para investigar a sua relação com o efluxo de CO₂ no solo;
- Avaliar o teor dos nutrientes Nitrogênio (N) e Carbono (C) presentes nas folhas de serrapilheira tanto produzida como acumulada de modo a buscar sua relação com o efluxo de CO₂;
- Fazer coleta de efluxo de CO₂ no período noturno para identificar quanto que o fragmento de cerrado emite na sua totalidade;
- Estudar a composição química do solo tanto no período seco como também no período chuvoso e identificar a sua relação com emissão de efluxo de CO₂ no solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, L. P. D. Alterações microclimatológicas e efeito de borda em um fragmento de cerrado na área urbana de Cuiabá-MT, 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade de Cuiabá (UNIC), Cuiabá, 2015.

ACTIONAID, Impactos da expansão do agronegócio no Matopiba: comunidades e meio ambiente. Rio de Janeiro, 82 p., 2017.

ALMEIDA, C. A.; VALERIANO, D. M.; ESCADA, M. I. S.; RENNÓ, C. D. Estimativa de área de vegetação secundária na Amazônia Legal Brasileira. *Acta Amazonica*, v. 40, n. 2, p. 289-302, 2010.

ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. *Acta Amazonica*, v. 45, n. 2, p. 157-166, 2015.

ATKINSON, P. M. 2011. Amazon vegetation greenness as measured by satellite sensors over the last decade. *Geophysical Research Letters*, v. 38. Disponível em: <<http://dx.doi:10.1029/2011GL049118>>. Acesso em: 12 de Fev. de 2018.

BAMBI, P. Variação sazonal do índice da área foliar e sua contribuição na composição da serrapilheira e ciclagem de nutrientes na floresta de transição no norte do Mato Grosso. 111f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio ambiente), Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

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.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R. Elementos da Natureza e Propriedades do Solo. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 658 p. 2013.

BRANDÃO, A. A. Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense. Dissertação (mestrado) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado). Brasília: MMA, 2009.

BRAY, J. R.; GORHAM, E. Litter production in forests of the world. *Advances in Ecological Research*, v. 2, p. 101-157, 1964.

BRITO, L. D. F.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; LA SCALA JUNIOR, N. Spatial variability of soil CO₂ emission in different topographic positions. *Bragantia*, 69, 19-27 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052010000500004>>. Acesso em: mar. 2018.

CARNEIRO, E.; DE SOUZA, M. Avaliação da produção de serapilheira e da dinâmica de macronutrientes em duas áreas de regimes hídricos distintos no pantanal de Poconé–MT. 2015.

CÉSAR, O. Produção de serapilheira na mata mesófila semidecídua da Fazenda Barreiro Rico, município de Anhembi, SP. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 53, n. 4, p. 671-681, 1993.

COSTA, C. C. A.; CAMACHO, R. G. V.; MACEDO, I. D.; SILVA, P. C. M. Análise comparativa da produção de serrapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na Flora de Açú- RN. *Revista Árvore*, 34(2): 259-265, 2010.

DA SILVA, L. B.; NOVAIS, J. W. Z.; SANCHEZ, L.; MACHADO, N. G.; AQUINO, A. M.; DA SILVA SALLO, F. Serrapilheira e Efluxo de CO₂ do Solo em Floresta Sazonalmente Alagável no Pantanal Brasileiro. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, v. 21, n. 3, p. 178-182, 2017.

DA SILVA, G. B. S.; FORMAGGIO, A. R.; SHIMABUKURO, Y. E.; ADAMI, M.; SANO, E. E. Discriminação da cobertura vegetal do Cerrado matogrossense por meio de imagens MODIS. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 45(2), 186-194, 2011.

DALLACORT, R.; MARTINS, J. A.; INOUE, M. H.; FREITAS, P. S. L.; 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.

DAVIDSON, E.A.; SAVAGE, K.; VERCHOT, L.V. Minimizing artifacts and biases in chamber-based measurements of soil respiration. *Agricultural and Forest Meteorology*, 113:21-37, 2002.

DON, A.; SCHUMACHER, J.; FREIBAUER, A. Impact of tropical land-use change on soil organic carbon stocks—a meta-analysis. *Global Change Biology*, v. 17, n. 4, p. 1658-1670, 2011. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x>>. Acesso em: Mar. 2018.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Ministério da Agricultura. Disponível:<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_23_911200585232.html>. Acesso em 10 de Jan 2018.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos (SiBCS). Rio de Janeiro-RJ. EMBRAPA-SPI, 2009.

EMBRAPA. Centro Nacional e Pesquisa em solos. Sistema Brasileiro de Classificação dos solos. Brasília: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa-Solos, 2006. 306pp.

FEREZ, A. P. C. Efeito de práticas silviculturais sobre as taxas iniciais de sequestro de carbono em plantios de restauração da Mata Atlântica. Dissertação de mestrado Universidade de São Paulo / USP, Piracicaba, 2010.

FERREIRA, E. A. B. Dinâmica de longo prazo do carbono do solo em sistema de manejo no Cerrado. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

FERREIRA, M. L.; SILVA, J. L.; PEREIRA, E. E.; LAMANO-FERREIRA, A. P. N. Litter fall production and decomposition in a fragment of secondary atlantic forest of São Paulo, SP, southeastern Brazil. *Revista Árvore*, 38(4): 591-600, 2014.

FILHO, J. M. O livro de ouro da Amazônia. [S.l.]: Ed. Ediouro, 2006, 442 p.

FRIEDLINGSTEIN, P.; CADULE, P.; PIAO, S. L.; CIAIS, P.; SITCH, S. The African contribution to the global climate-carbon cycle feedback of the 21st century. *Biogeosciences*, v. 7, 2010. p. 513-519.

GARAY, I.; KINDEL, A. Diversidade funcional em fragmentos de Floresta Atlântica. Valor indicador das formas de húmus florestais. In: GARAY, I.; DIAS, B. (Orgs.). *Conservação da biodiversidade em ecossistemas tropicais: avanços conceituais e revisão de novas metodologias de avaliação e monitoramento*. Petrópolis: Vozes, 2001. p. 350-368.

GODINHO, T. O.; CALDEIRA, M. V. W.; CALIMAN, J. P.; PREZOTTI, L. C.; WATZLAWICK, L. F.; AZEVEDO, H. C. A.; ROCHA, J. H. T. Biomassa, macronutrientes e carbono orgânico na serrapilheira depositada em trecho de floresta estacional semidecidual submontana, ES. *Scientia Forestalis*, 41(97): 131-144, 2013.

GROSSO, M. Aspectos Geográficos do Estado de Mato Grosso. p. 2–4, 2016.

HERBOHN, J.L.; Congdon, R.A. Ecosystem dynamics disturbed and undisturbed sites in north Queensland wet tropical rain forest. II – Litterfall. *Journal of Tropical Ecology*, 9: 365-380, 1993.

HOLLAND, M.M, RISSER, P.G AND NAIMAN, R.J. *Ecotones: The Role of Landscape Boundaries in the Management and Restoration of Changing Environments*, 1991.

KANG, S.Y.; DOH, S.; LEE, D.; JIN, V.L.; KIMBALL, J.S. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. *Global Change Biology*, Oxon, v9, n10, p. 1427-1437, Oct.2003.

LARCHER, W. *Ecofisiologia Vegetal*. Ed. Rima. São Carlos. 2004. 531p.

LLOYD, C. R. Annual carbon balance of a managed wetland meadow in the Somerset Levels, UK. *Agricultural and Forest Meteorology* 138:168-179, 2006.

MAIER, M.; SCHACK-KIRCHENER, H.; HILDEBRAND, E. E.; SCHINDLER, D. Soil CO₂ efflux vs. Soil respiration: Implications for flux models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151:1723-1730, 2011.

MARIMOM, B.S.; MARIMON-JUNIOR, B. H.; FELDPAUSCH, T. R.; OLIVEIRA-SANTOS, C.; MEWS, H. A.; LOPEZ-GONZALEZ, G.; MIGUEL, A. Disequilibrium and hyperdynamic tree turnover at the forestcerrado transition zone in southern Amazonia. *Plant Ecology & Diversity*, p. 37-41, 2014.

- MMA. Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros. Brasília, DF. 2009.
- MORAES, R. M.; DELITTI, W. B. C.; RINALDI, M. C. S.; REBELO, C. F. Ciclagem mineral em Mata Atlântica de encosta e mata sobre restinga, Ilha do Cardoso, SP: nutrientes na serrapilheira acumulada. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS BRASILEIROS, 4., 1998, Águas de Lindóia. Anais... Águas de Lindóia: ACIESP, p. 71-77, 1999.
- MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. UFLA, Lavras, Minas Gerais, 2006.
- MOURA, C.B. Projeto de recuperação de áreas degradadas – Parque Natural Ilto Ferreira Coutinho. Prefeitura Municipal de Tangará da Serra-MT, 2002.
- MOURA, M. A. L.; LYRA, R. F. F.; BENINCASA, M.; TENÓRIO, R. S.; NASCIMENTO-FILHO, M. F. Comparação da radiação solar global em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. Revista Brasileira de Meteorologia. v. 16, n. 1, p. 91-99, 2001.
- NETO, A. T. F.; JÚNIOR, M. J. A. F.; DILL, T.; VALENTE, F.; COSME, R.; MOURA, J. M.; TAPAJÓS, R. Influência da umidade no efluxo de CO₂ do solo para atmosfera em uma área de floresta primária, Belterra, PA. Ciência e Natura, 34-37, 2013.
- NIED, A.H.; DALLACORT, R.; NIED, M.C.S; Umidade Relativa do Ar em Tangará Da Serra-MT, Trabalho publicado com Projeto de Extensão da UNEMAT, 2010.
- NUNES, F. P.; PINTO, M. T. C. Decomposição do folheto em reflorestamento ciliar na bacia hidrográfica do rio São Francisco, Minas Gerais. Cerne, 18(3): 423-431, 2012.
- ODUM, E. P. Ecologia. Tradução: Christopher J. Tribe. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- PAIVA, A.O.; FARIA, G.E. Estoque de carbono do solo sob Cerrado Sensu Stricto no Distrito Federal, Brasil. Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas, Chapadinha, v. 1, p. 59-65, 2011.
- 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.
- PEREIRA, S. P.; NOVAIS, J. W. Z.; JÚNIOR, O. B. P.; DE MUSIS, C. R.; DE ANDRADE, L. P.; JOAQUIM, T. D. O. Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ em fragmento de cerrado Mato-Grossense. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, 9(2), 2018.
- PINTO-JUNIOR, O. B.; SANCHES, L.; DALMOLIN, A. C.; DE NOGUEIRA, J. S. Efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem Soil efflux CO₂ in mature transitional tropical forest Amazônia and pasture area. Acta Amazonica, 39(4), 813-821, 2009.
- QUEIRÓS, R. J. S. Estimativa do índice de área foliar em povoamento de Pinheiro Bravo recorrendo a inventário florestal, detecção remota e Sistemas de Informação Geográfica. 91f.

Dissertação (Mestrado em Gestão ambiental e ordenamento do território). Escola Superior Agrária de Ponte de Lima, 2013.

REVELLE, W. psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <http://CRAN.Rproject.org/package=psych> Version = 1.4.3. 2014.

RODRIGUES, P.P.; GOMES, I.T.S.; SIMON, M.L.S.; NUNES, J.R.S.; AÑEZ, R.B. Inventário florístico no entorno das trilhas do parque natural municipal “Ilto Ferreira Coutinho”. Anais: Resumos Expandidos. VI SIMPÓSIO DA AMAZÔNIA MERIDIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS SCIENTIFIC ELECTRONIC ARCHIVES, Special Edition. Vol. 8 (3), 2015.

ROHDE, G. M. Epistemologia ambiental: uma abordagem filosófico-científica sobre a efetuação humana alopoiética da Terra e seus arredores planetários. 2.ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 407p., 2005.

SANTANA, J.A.S. Estrutura fitossociológica, produção de serrapilheira e ciclagem de nutrientes em uma área de Caatinga no Seridó do Rio Grande do Norte. 184f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2005.

SAYER, E.J.; WRIGHT, S.J.; TANNER, E.V.J.; YAVITT, J.B.; HARMS, M.N.; POWERS, J.S. KASPARI, M.; GARCIA, M.N. & TURNER, B.L. Variable responses of lowland tropical forest nutrient status to fertilization and litter manipulation. *Ecosystems* 15:387-400. 2012.

SCHLESINGER, W. H.; Biogeochemistry. An Analysis of Global Change, Academic Press: San Diego, 1991.

SCORIZA, R. N.; PEREIRA, M. G.; PEREIRA, G. H. A.; MACHADO, D. L.; SILVA, E. M. R. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Floresta & Ambiente*, v.2, p. 1-18, 2012.

SILVA, C. D.; LOBO, F. D. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. *Acta amazônica*, 39(3), 591-600, 2009.

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*, 37(4), 543-548, 2007.

SOUTO, P.C. Acumulação e decomposição da serrapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de Caatinga na Paraíba, Brasil. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

STUCCHI, G.B. Estimativas dos estoques de carbono na parte aérea de reflorestamento de espécie nativa e remanescentes florestais. 2013.79 p. Dissertação (Mestrado de Recursos Naturais) - Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz-Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

TOSCAN, M. A. G.; TEMPONI, L. G.; GUIMARÃES, A. T. B.; JÚNIOR, J. F.C. Litter production and seed rain in semideciduous forest fragments at different successional stages in the western part of the state of Paraná, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*, v. 28, n. 3, p. 392-403, 2014.

VALENTINI, C. M. A.; SANCHES, L.; DE PAULA, R. B.; VOURLITIS, G. L.; NOGUEIRA, J. S.; PINTO JR., O. B.; LOBO F. A. Soil respiration and aboveground litter dynamics of a tropical transitional forest in northwest Mato Grosso, Brazil. *Journal of Geophysical Research*, 113:1-11, 2008.

VILLELA, D. M.; DE MATTOS, E.A.; PINTO, S.A.; VIEIRA, S.A.; MARTINELLI, L.A. Estoques e fluxos de carbono e nitrogênio nas zonas costeiras da Mata Atlântica do sudeste do Brasil: potenciais impactos das mudanças climáticas sobre o funcionamento biogeoquímico. *Brazilian Journal Biology*, v.72, n.3, 2012, p. 633- 642.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serrapilheira e ciclagem de nutriente de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore*, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

WATSON, D. J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I., variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals of Botany, Oxford*, v. 11, n. 1, p. 41-76, Jan. 1947.

WELLES, JON M. Some indirect methods of estimating canopy structure. *Remote sensing reviews*, v. 5, n. 1, p. 31-43, 1990.

WOODGATE, W., JONES, S.D., SUAREZ, L., HILL, M., ARMSTON, J.D., WILKES, P., BERELOV, M.S., HAYWOOD, A., MELLOR, A.; Understanding the variability in ground-based methods for retrieving canopy openness, gap fraction, and leaf area index in diverse forest systems. *Agricultural and Forests Meteorology*, p.83-95, 2015.

ZANATTA, J.A.; BAYER, C.; DIECKOW, J.; VIEIRA, F.C.B.; MIELNICZUK, J. Soil organic carbon accumulation and carbon costs related to tillage, cropping systems and nitrogen fertilization in a subtropical Acrisol. *Soil and Tillage Research*, v. 94, n. 2, p. 510-519, 2007.