

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

**Relações entre Aporte de Serrapilheira, Nutrientes e
Efluxo de Dióxido de Carbono em Floresta Inundável de
Vochysia divergens Pohl no Pantanal Mato-Grossense**

LUDYMILLA BARBOZA DA SILVA

**PROF^a. DR^a. LUCIANA SANCHES
ORIENTADORA**

**Cuiabá, MT
Novembro de 2013**

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

Relações entre Aporte de Serrapilheira, Nutrientes e Efluxo de Dióxido de Carbono em Floresta Inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense.

LUDYMILLA BARBOZA DA SILVA

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

**PROF^a. DR^a. LUCIANA SANCHES ALVES
ORIENTADORA**

**Cuiabá, MT
Novembro de 2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.

S586r Silva, Ludymilla Barboza da.
Relações entre Aporte de Serrapilheira, Nutrientes e Efluxo de Dióxido de Carbono em Floresta Inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense / Ludymilla Barboza da Silva. -- 2013
xv, 70 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientadora: Luciana Sanches.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2013.
Inclui bibliografia.

1. Produção de serrapilheira. 2. Acúmulo de serrapilheira sobre o solo. 3. Decomposição líquida da serrapilheira. 4. Respiração do

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

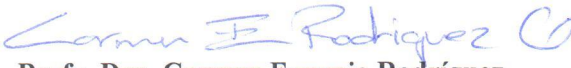
FOLHA DE APROVAÇÃO

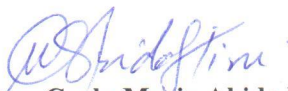
TÍTULO: RELAÇÕES ENTRE O APORTE DE SERRAPILHEIRA, NUTRIENTES E EFLUXO DE DIÓXIDO DE CARBONO EM FLORESTA INUNDÁVEL DE *Vochysia divergens* POHL NO PANTANAL MATO-GROSSESE


AUTORA: LUDYMILLA BARBOZA DA SILVA

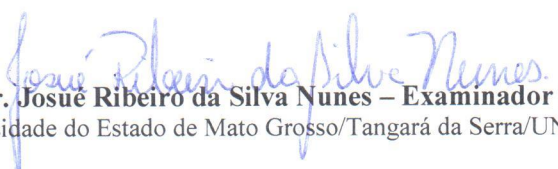
Tese de Doutorado defendida e aprovada em 12 de novembro de 2013, pela comissão julgadora:


Profa. Dra. Luciana Sanches - Orientadora
Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia
UFMT


Profa. Dra. Carmen Eugenia Rodríguez Ortíz – Examinadora Interna
Instituto de Biociências – UFMT


Profa. Dra. Carla Maria Abido Valentini
Examinadora Externa
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Mato Grosso – IFMT


Profa. Dra. Nara Luisa Reis de Andrade
Examinadora Externa
Departamento de Engenharia Ambiental/UNIR


Prof. Dr. Josué Ribeiro da Silva Nunes – Examinador Externo
Universidade do Estado de Mato Grosso/Tangará da Serra/UNEMAT

DEDICATÓRIA

**Aos meus pais, Adilson e Marli,
meus exemplos pessoais de determinação e fé.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço o CNPq pela bolsa de doutorado.

À FAPEMAT e ao CNPq por subsidiaram os Projetos de Pesquisa “Influência dos padrões de hidrometeorológicos intra dossel no estoque de carbono em área de *Volchysia Divergens* Pohl” e “Relação entre a inundação, o microclima e o índice de área foliar em área de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Matogrossense”, respectivamente, nos quais esse trabalho está inserido. À FAPEMAT através do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa processo n. 823971/2009.

À professora Dra. Luciana Sanches pela orientação iniciada ainda no mestrado e durante o doutorado. Obrigada pelo apoio, pelos ensinamentos e visão acadêmica. Agradeço também pela sua coordenação nos projetos de pesquisa que também contribuíram na realização desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental - PGFA e ao professor Dr. José de Souza Nogueira pela sua coordenação a frente do PGFA e apoio a pesquisa.

Aos professores que ajudam a construir o PGFA, com sua dedicação à pesquisa e a docência.

Aos meus pais, pelos ensinamentos e apoio em todos os sentidos. Agradeço por me ensinarem a olhar a vida com discernimento, respeito e alegria.

A minha irmã Laylla e meu irmão Junior, pelo apoio e compreensão pela minha ausência em muitos momentos durante o doutorado.

Ao meu noivo Gabriel Adorno Lopes pela ajuda, paciência e compreensão durante esses anos de mestrado e doutorado.

A equipe de pesquisa Aryadne, Nadja e Jonathan que contribuíram nas medições, pelas discussões e solidariedade em campo.

Aos professores Dr. Shozo Shiraiwa e Dr. Fernando S. Ximenes pelas contribuições fundamentais nos trabalhos de altimetria e geologia, respectivamente.

Aos professores Dr. Francisco A. Lobo e Dra. Carmen Eugenia R. Ortiz por disponibilizarem o Laboratório de Ecofisiologia Vegetal – FAMEVZ e a professora Dra. Gersina por ceder o Laboratório de Análise Físico-Química de Água e Resíduos (LAFQAR) – FAET para processar as amostras.

Ao amigo e prof. Dr. Osvaldo Borges por dividir sua experiência e pelas contribuições teóricas e metodológicas sempre muito importantes.

Aos estudantes, Lucas Peres Angelini, Dalila Morgana de Souza Mützenberg e Débora Aparecida Souza Guedes do IFMT por terem contribuírem na instalação dos transectos na área de estudo;

Aos colegas, Jeison, Erondina, Geraldo por auxiliarem na construção dos coletores de serrapilheira e ao Jeison e Leone que ajudaram na instalação dos coletores de serrapilheira no interior da floresta; Renan, Thiago Rangel e Leone pelas colaborações nos trabalhos de campo por diversas vezes; Geraldo, Thiago Franco e Osvaldo Pereira pela colaboração na instalação da estação micrometeorológica na floresta;

Aos colegas Paula, Andréia, Hosana, Erondina, Fernando e Vanessa nas medições em campo e Ândrea por colaborar no Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da FAMEVZ e ao técnico Jonas no Laboratório de Análise Físico-Química de Água e Resíduos (LAFQAR) – FAET.

Aos colegas Sergio Gripp e Suzy Klemp por dividirem o conhecimento sobre georreferenciamento.

A Andrea, Fernanda, Karina, Nara, Vanessa, Erondina, Aryadne e Eliandra pelas discussões sempre pertinentes e profissionais, e também pela amizade ao longo do mestrado e doutorado.

Essa pesquisa foi construída com a ajuda de muitas mãos. Com muita gratidão agradeço a todos que direta ou indiretamente participaram do desenvolvimento dessa pesquisa.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS	xiii
RESUMO	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 PROBLEMÁTICA	1
1.2 JUSTIFICATIVA	2
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1 Objetivo Geral.....	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 ÁREAS INUNDÁVEIS.....	4
2.2 O BIOMA PANTANAL	4
2.3 A ESPÉCIE <i>Vochysia divergens</i> POHL NO PANTANAL	6
2.4 SERRAPILHEIRA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS.....	7
2.5 EFLUXO DE CO ₂ DO SOLO	12
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	14
3.2 PADRÕES MICROMETEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS	15
3.3 PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E SERRAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO.....	16
3.4 MEDIDAS DE EFLUXO DE CO ₂ DO SOLO, TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO	17
3.4.1 ANÁLISE DO SOLO.....	19
3.5 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA DE RAÍZES	19
3.6 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO	19
3.7 ANÁLISE DOS DADOS.....	20
3.7.1 Decomposição da Serrapilheira	20
3.7.2 Padrão Espacial e Temporal dos Dados.....	21
3.7.3 Serrapilheira Acumulada sobre o Solo	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS	23
4.2 CARACTERÍSTICAS DOS TRANSECTOS.....	25
4.3 DINÂMICA DE SERRAPILHEIRA	27
4.3.1. Produção de Serrapilheira	27

4.3.2 Serrapilheira Acumulada sobre o Solo	31
4.3.3 Decomposição da Serrapilheira	34
4.4 PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM GRADIENTE POPULACIONAL DE <i>V. Divergens</i>	37
4.5 EFLUXO DE CO ₂ DO SOLO	41
4.5.1 Efeito da Temperatura do Solo e Umidade do Solo sobre o Efluxo de CO ₂ do Solo	42
4.5.2 Variações espaciais no efluxo de CO ₂ do solo e variáveis ambientais.....	44
5. CONCLUSÕES	48
6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	49
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
7.1 BIBLIOGRAFIA CITADA	50
7.2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	68
ANEXO	69

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** (A) Localização da floresta com dominância de *V. divergens* destacada pela linha amarela. (B) Área de estudo (ponto em amarelo) situada no Pantanal (área em cinza). (C) Delimitação da área correspondente à floresta e pontos de coleta situados nos transectos A, B, C, D e E.....14
- Figura 2.** Ilustração do coletor de serrapilheira instalado na área em estudo durante a estação seca e cheia, respectivamente.....16
- Figura 3.** (A) Analisador de gás por infravermelho tipo sistema fechado (EGM-4) e (B) câmara respiração do solo (SRC-1)..... 18
- Figura 4.** Precipitação acumulada mensal (mm). Média (\pm DP) da altura da lâmina de água (cm) e umidade do solo (%). Média (\pm DP) da temperatura do ar ($^{\circ}$ C) e umidade relativa do ar (%) abaixo do dossel (círculos fechados) e exterior da floresta (círculos abertos), de janeiro de 2012 a fevereiro de 2013. As linhas verticais pontilhadas delimitam as estações cheia, vazante, seca e enchente. 24
- Figura 5.** Média mensal (\pm DP) de folhas, galhos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e produção total de serrapilheira entre janeiro de 2012 a fevereiro de 2013. As linhas verticais pontilhadas delimitam as estações cheia, vazante, seca e enchente..... 28
- Figura 6.** Média estacional (\pm DP) das folhas de *V. divergens* e das folhas comunidade de plantas da floresta presentes na serrapilheira..... 29
- Figura 7.** Média mensal (\pm DP) de folhas, galhos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e serrapilheira acumulada sobre o solo de janeiro a dezembro de 2012..... 32
- Figura 8.** Resultado do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para os 20 pontos de acúmulo de serrapilheira sobre o solo. Letras iguais indicam pontos do mesmo transecto, e os números indicam cada ponto dentro do transecto. Os símbolos (circulo cinza) indicam a classe de umidade do solo vigente em cada ponto. U_{solo} 33

Figura 9. Box-plot da taxa de decomposição (k) e decomposição líquida das folhas e da serrapilheira total nas estações vazante, seca e enchente. Box-plot indica o mínimo, 1º quartil, mediana, 2º quartil e o valor máximo. 35

Figura 10. Box-Plot do efluxo de CO₂ do solo, temperatura do solo e umidade do solo nas estações cheia, vazante, seca e enchente. 41

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Características físicas do terreno, da vegetação e das propriedades do solo nos transectos situados na floresta de *V. divergens*. 26
- Tabela 2.** Coeficientes da correlação de Spearman entre as folhas de *V. divergens* e folhas da comunidade de plantas na produção de serrapilheira e variáveis hidrometeorológicas representadas pela precipitação (Ppt), velocidade do vento (u), temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), umidade do solo (U_{solo}) e altura da lâmina de água (I). 30
- Tabela 3.** Coeficientes da correlação de Spearman entre a taxa de decomposição e decomposição líquida das folhas e da serrapilheira total e variáveis hidrometeorológicas representadas pela precipitação (Ppt), velocidade do vento (u), temperatura do ar (T_{ar}), temperatura do solo (T_{solo}), umidade relativa do ar (UR), umidade do solo (U_{solo}) e altura da lâmina de água (I). 36
- Tabela 4.** Média ($\pm DP$) estacional da fração foliar da serrapilheira das folhas da comunidade de plantas e folhas de *V. divergens* nos transectos. Média anual do índice de cobertura relativa (ICR) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'). 38
- Tabela 5.** Média ($\pm DP$) dos teores ($g\ kg^{-1}$) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e carbono (C) na serrapilheira total e nas folhas de *V. divergens* nos transectos A, B, C, D e E. Resultados da ANOVA foram representados pelo valor F ($\alpha=0,05$). 39
- Tabela 6.** Análise de regressão linear entre efluxo de CO_2 do solo e as variáveis conteúdo de água no solo e temperatura do solo em condições de conteúdo de água do solo variando entre 1% e 19,9%, 20 e 29,9% e acima de 30% 43
- Tabela 7.** Resumo das características físicas, da vegetação, efluxo de CO_2 do solo e propriedades do solo em área de *V. divergens*. 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

AB_K – Área basal da espécie no transecto

AB_L – Área basal de todas as espécies arbóreas no transecto

DAP – Diâmetro na altura do peito (cm)

I – Altura da lâmina de água (cm)

$ICR_{V. divergens}$ – Índice de cobertura relativa de *V. divergens*

Ppt – Precipitação acumulada (mm)

H' – Índice de diversidade biológica de Shannon-Wiener

SESC – Serviço Social do Comércio

T_{ar} – Temperatura do ar abaixo do dossel (°C)

u – velocidade do vento ($m s^{-1}$)

U_{ar} – Umidade relativa do ar abaixo do dossel (%)

U_{solo} – Umidade do solo (%)

RESUMO

SILVA, L. B. Relações entre aporte de serrapilheira, nutrientes e efluxo de dióxido de carbono em floresta inundável de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Mato-Grossense. Cuiabá, 2013, 76f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso.

Áreas naturais alagadas estão entre os ecossistemas com alta produtividade e são amplamente distribuídas no mundo. O Pantanal constitui uma das maiores planícies inundáveis contínuas do mundo e cerca de 30% da sua área compreende florestas sazonalmente inundáveis. Tendo em vista a importância desses ecossistemas florestais, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a dinâmica de serrapilheira e efluxo de CO₂ em uma floresta sazonalmente inundável no Pantanal Mato-Grossense. A dinâmica de serrapilheira e o efluxo de CO₂ do solo variou sazonalmente e entre os transectos. A fração foliar da serrapilheira foi a parcela mais importante dada sua dinâmica espacial e temporal para o aporte de nutrientes ao solo. O padrão espacial e temporal de deposição de folhas de *V. divergens* e folhas da comunidade de plantas foram significativamente diferentes, com picos nas estações de transição. Na estação cheia houve o aporte de nutrientes fósforo, potássio, nitrogênio e carbono na ordem crescente. O acúmulo de serrapilheira sobre o solo foi superior nos pontos com maior umidade do solo situados no centro da floresta. Em escala temporal, o efluxo de CO₂ do solo foi superior em faixa de umidade do solo entre 1 - 19,9% em que a temperatura do solo foi superior, condições com maior vigência nas estações vazante e enchente. O padrão espacial do efluxo de CO₂ do solo apresentou maiores valores nos transectos com maior dominância de *V. divergens* e menor lâmina de água sobre o solo e duração da inundação.

Palavras-chaves: Produção de serrapilheira, acúmulo de serrapilheira sobre o solo, decomposição líquida da serrapilheira, respiração do solo, ciclagem de nutrientes.

ABSTRACT

SILVA, L. B. Relations between return of litter, nutrients and carbon dioxide efflux in floodplain forest *Vochysia divergens* Pohl in the Pantanal of Mato Grosso. Cuiabá, 2013, 76f. Thesis (Doctorate in Environmental Physic); Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso.

Natural flooded areas are among high productivity ecosystems and are broadly distributed around the world. The Pantanal is one of the biggest wetland of the world and around 30% of its area comprises seasonal floodable forests. Considering the importance of these forest ecosystems, this research had as main purpose to analyses the dynamics of litter and CO₂ soil effluxes in a seasonal flooded forest at Pantanal Mato-Grossense. This dynamic vary between seasons and transects. The litterfall leaf fraction was the most important compartment because of its spatial and temporal dynamics to the nutrients input into soil. The spatial and temporal pattern of *V. divergens* leaves deposition was significantly different compared to the another plants in the community, with peaks in the transitional seasons. The nutrient input in the flooded period was, in ascending order, phosphorus, potassium, nitrogen and carbon. The accumulated litterfall above soil was high at points with higher soil moisture, located in the middle region of the forest. In temporal scale, the CO₂ soil efflux was higher within the 1-19,9% soil moisture range where the temperature was also higher, occurring most at flooding and rising water period. The CO₂ soil efflux spatial pattern the higher values was observed at transects with *V. divergens* dominance, thinner water lamina above the soil and within the flooding season.

Keywords: litter production, litter floor mass, net of litter decomposition, soil respiration, nutrient cycling.

1. INTRODUÇÃO

1.1 PROBLEMÁTICA

As áreas úmidas cobrem cerca de 250 milhões de hectares no mundo (Arieira e Nunes da Cunha, 2006), e estão entre os ecossistemas com maior produtividade e são de grande importância nos ciclos biogeoquímicos, no transporte de matéria orgânica por meio do fluxo de água para áreas adjacentes e como habitats para a fauna e flora. A saturação ou completo alagamento do solo pela água superficial ou subterrânea nessas áreas seleciona organismos com adaptações para viver em solos mal drenados. As características do solo, da fauna e da flora são determinadas pelo regime hídrico local que comumente apresenta ciclos de inundação em zonas costeiras, estuários, pântanos e planícies.

Na região Neotropical, as planícies inundáveis ocorrem desde a Amazônia Central, o Pantanal que abrange o Brasil e a Bolívia, a Ilha do Bananal no Brasil, os Llanos Bajos do rio Orinoco na Venezuela, as savanas do nordeste da Bolívia e também em áreas costeiras.

O Pantanal é a maior planície inundável contínua do mundo com aproximadamente 150.000 km² e estende-se por 600 km sentido norte-sul ao longo do rio Paraguai e seus afluentes. A tendência fortemente sazonal da precipitação, recorrente em regiões tropicais e subtropicais, situa o Pantanal na categoria de área temporariamente inundada. A diversidade de ambientes aquáticos, campos inundáveis, cerrado, florestas ripárias e florestas inundáveis compõem o complexo mosaico ecológico do Pantanal.

As oscilações sazonais dos níveis da inundação no Pantanal, causadas pela variação pluviométrica e mudanças na dinâmica sedimentológica ao longo do tempo promovem mudanças fundamentais nas condições ambientais dos habitats, dentre os quais o estresse hídrico é o principal fator e caracteriza-se tanto pela falta quanto pela saturação de água no solo. Tais condições levaram a permanência de grande quantidade de espécies pioneiras no Pantanal, que mantêm suas populações em altas densidades, onde uma única espécie apresenta parâmetros de dominância superior a 50% caracterizando a monodominância de estandes florestais. Dentre algumas espécies que formam os estandes monodominantes no Pantanal tem-se a *Tabebuia aurea* Benth & Hook,

Copernicia alba Morong e *Vochysia divergens* Pohl que compõem o paratadal, carandazal e cambarazal, respectivamente.

As florestas inundáveis cobrem 30% do Pantanal, e apenas 5% das espécies arbóreas no Pantanal habitam, exclusivamente, zonas com prolongado alagamento, enquanto 30% estão restritas às áreas raramente alagadas e 65% são de ampla distribuição no gradiente.

A espécie *Vochysia divergens* tem distribuição relacionada às áreas periodicamente inundáveis do e, nos últimos anos, tem se espalhado rapidamente pelos campos naturais e manejados, formando extensas florestas (NUNES da CUNHA e OLIVEIRA, 2001; NUNES da CUNHA e JUNK, 2004).

Além das mudanças na paisagem ocasionadas pela expansão das florestas com dominância de *Vochysia divergens* sobre áreas de campos, as alterações estendem-se a dinâmica sazonal da evapotranspiração segundo estudos de Sanches et al. (2010), no armazenamento de energia de acordo com Sanches et al. (2010 e 2013) e nas mudanças na composição química do solo conforme estudos de Vourlitis et al. (2013).

Nesse sentido o presente trabalho visa contribuir para a compreensão de processos pouco estudados nas florestas inundáveis de *Vochysia divergens* no Pantanal Matogrossense como o aporte de nutrientes via serrapilheira, e processos totalmente desconhecidos como o efluxo de CO₂ no solo, e o controle exercido pela sazonalidade climática sobre esses processos.

1.2 JUSTIFICATIVA

A vegetação é o compartimento que regula o acoplamento entre o solo e a atmosfera, e determina os aspectos qualitativos e quantitativos fundamentais aos fluxos de matéria nos ecossistemas. O aporte de nutrientes no solo dos ecossistemas florestais tem sua gênese predominantemente na produção de serrapilheira que controla diretamente a quantidade e qualidade dos nutrientes que retornam ao sistema do solo, que saem via lixiviação, decomposição e respiração do solo.

O conhecimento da dinâmica da serrapilheira que engloba a produção ou aporte, acúmulo e decomposição, é o ponto de partida para a compreensão dos processos que mantém grande parte dos fluxos de nutrientes no solo que são altamente relacionados à produtividade primária, regulação do fluxo de energia nos ecossistemas, atividade biológica do solo e com o grau de perturbação dos ecossistemas.

O padrão de distribuição espacial e temporal da serrapilheira constitui um indicador eficiente da função dos ecossistemas com relação aos estoques e fontes de nutrientes, aspectos da estabilidade da vegetação e interação da vegetação ao clima. Além disso, a análise do aporte de serrapilheira e o efluxo de CO₂ em área com gradiente populacional de *V. divergens*, em parte, permite determinar o papel desse tipo de formação florestal e o impacto das condições de estresse hídrico sobre a química, física e biologia do solo nesse ecossistema.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a dinâmica de serrapilheira e efluxo de CO₂ em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal Mato-Grossense.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analisar o padrão sazonal e espacial da produção, acúmulo e decomposição de serrapilheira ao longo do gradiente vegetacional;
- Avaliar o aporte de macronutrientes e carbono para o solo proveniente da serrapilheira no período de cheia;
- Avaliar a influência da temperatura do solo e umidade do solo sobre o efluxo de CO₂ do solo;
- Relacionar o efluxo de CO₂ do solo e as variáveis ambientais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁREAS INUNDÁVEIS

As planícies inundáveis são áreas que oscilam entre as fases terrestre e aquática e são marcadas pela alta complexidade estrutural, refletida por um mosaico paisagístico e funcional decorrente das drásticas modificações sazonais as quais o sistema é submetido periodicamente (JUNK, 1997).

A inundação está associada ao regime hidrológico, que provoca a expansão, contração e fragmenta o dos sistemas aquáticos, além de interferir no grau de conectividade entre as partes do sistema (FANTIN-CRUZ et al., 2011).

Na região Neotropical   comum a ocorrência de plan cias de inunda o, como as plan cias inundáveis da Amazônia Central, o Pantanal que abrange o Brasil, Bolívia e Argentina, e a Ilha do Bananal (Brasil), os Lhanos Bajos do rio Orinoco (Venezuela), as savanas do nordeste da Bolívia entre os rios Madre de Dios, Beni, Mamoré e Guaporé, além das áreas costeiras (JUNK, 1997) entre outros.

As características topográficas, os solos pobremente drenados, associados   pronunciada sazonalidade hídrica e a alta taxa pluviométrica, são fatores que influenciam o grande número de áreas periodicamente inundadas na região Neotropical.

2.2 O BIOMA PANTANAL

O Pantanal   a maior área inundável contínua do mundo, e experimenta uma extensa e prolongada inunda o sazonal, com picos de inunda o em meses distintos em diferentes compartimentos geográficos da planície (ASSINE, 2003).

O Pantanal   um dos seis biomas existentes no Brasil e representa 1,76% do território nacional (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2013).

Situado na depressão do rio Paraguai 16,20  S e 55,58  O, o Pantanal se estende entre o antigo escudo cristalino do Brasil Central e sua zona de transi o para o sopé dos Andes geologicamente jovens. A  rea de influência do rio Paraguai superior abrange cerca de 496.000 km², o Pantanal cerca de 150.000 km², dos quais cerca de 140 mil km² pertencem ao Brasil, 15.000 km² pertencem   Bolívia e 5.000 km² ao Paraguai (NUNES da CUNHA e JUNK, 2004).

Geologicamente o Pantanal pode ser considerado um sistema jovem com aproximadamente 2,5 milhões de anos, com muitas das fei es morfolologicamente

oriundas de uma evolução paleográfica condicionada por mudanças climáticas e tectônicas que vem ocorrendo desde o final do Pleistoceno (ASSINE, 2003).

O Pantanal pertence à categoria das zonas úmidas temporárias sujeitas a um pronunciado pulso de inundação monomodal (JUNK et al., 2006a). Nos trópicos e sub-trópicos as zonas úmidas ocorrem comumente e possuem um padrão de chuvas fortemente sazonal. Outra característica marcante em grande parte dessas áreas é a ocorrência de um período completamente seco após o período de chuvas, e conseqüentemente a colonização por espécies vegetais e animais terrestres que podem ou não ser específicas de áreas úmidas (JUNK et al., 2006b).

O clima do Pantanal é do tipo Aw, conforme classificação de Köppen, com temperatura do ar média no verão entre 26°C e 29°C e de 20°C a 23°C no inverno (HOFFMAN et al., 2010). A extensão territorial com ampla variação na latitude, segundo Brandão et al. (2011), promove padrões de temperatura distintos entre as regiões norte e sul do Pantanal que podem chegar a amplitudes na temperatura anual média de 8°C (Norte) e 5°C (Sul), respectivamente.

A seca característica do inverno no Pantanal origina-se da estabilidade gerada pela influência do anticiclone subtropical do Atlântico Sul e das pequenas dorsais que se formam sobre o continente (HOFFMAN et al., 2010; BRANDÃO et al., 2011). Segundo Brandão et al. (2011) associado ao período de chuva está o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (CIT) para Sul, acompanhando a marcha aparente do Sol em direção ao Trópico de Capricórnio.

O período chuvoso tem início em setembro na Serra dos Parecis, na região próxima a Rondônia e em toda a porção noroeste da bacia estendendo-se até junho, e à medida que avança para o Sul o período chuvoso sofre um atraso, iniciando-se em novembro na região meridional (BRANDÃO et al., 2011).

A precipitação acumulada anual no Pantanal assim como a temperatura do ar, apresenta gradiente entre a região norte com 1800 mm e a região sul com 1500 mm. Os extremos sul e norte da bacia apresentam três meses de seca ao longo do ano, enquanto o Pantanal propriamente dito e as cabeceiras localizadas a Leste (região de Rondonópolis e Coxim) ficam por até quatro meses submetidos a condições de seca, podendo chegar a até cinco meses no bolsão desde o norte de Poconé até próximo a Corumbá (HOFFMAN et al., 2010; BRANDÃO et al., 2011).

Em decorrência dos processos de gleização e plintização responsáveis pelas cores cinzentas no perfil do solo, os solos do Pantanal apresentam grande diversidade, com Planossolos, Plintossolos, Gleissolos, Cambissolos Flúvicos, Neossolos, Luvisolos e Vertissolos (COUTO et al., 2002).

Propriedades físicas e químicas da água e dos solos constituem um nível fundamental para a composição de espécies e produtividade em água e zonas úmidas. Em geral pode-se afirmar que em todos os habitats terrestres e aquáticos do Pantanal há um baixo nível de nutrientes e sais minerais (condutância elétrica tipicamente $<100 \text{ uS cm}^{-1}$ e pH neutro a ligeiramente ácido). Existem exceções como as salinas e alguns solos de alta salinidade no sul do Pantanal e os solos com alta fertilidade devido à ação da atividade humana (JUNK et al., 2009).

A flora do Pantanal pode alcançar até 2.000 espécies e constitui um encontro de elementos de ampla distribuição e de províncias fitogeográficas muito próximas, tais como o Cerrado, florestas estacionais, Chaco, Amazônia e Mata Atlântica (POTT et al., 2011). O grupo mais numeroso é de espécies com ampla distribuição, enquanto o segundo contingente é proveniente do Cerrado. Plantas endêmicas são raras, somente sete espécies catalogadas (POTT et al., 2011).

A vegetação é um mosaico de plantas aquáticas, campos inundáveis, florestas ripárias, savanas (cerrados), cerradão, floresta decidual, e uma grande parte de savanas e florestas pioneiras monodominantes (POTT et al., 2011).

Cerca de 30% da área do Pantanal é coberta por florestas inundáveis (NUNES DA CUNHA e JUNK, 2004). A proporção de ocorrência de certas comunidades vegetais é dependente das características ecológicas, especialmente da frequência, extensão, altura e duração das inundações e das características do solo, sendo inversa a relação entre a altura da inundação e diversidade das espécies (ARIEIRA e NUNES DA CUNHA, 2006).

2.3 A ESPÉCIE *Vochysia divergens* POHL NO PANTANAL

A espécie *Vochysia divergens* Pohl, popularmente conhecida como cambará ou Cambarazal é característica do Pantanal e origina formações florestais densas, monoespecíficas e dominantes (NASCIMENTO e NUNES DA CUNHA, 1989; NUNES DA CUNHA et al., 2007). Tolerante a inundação sazonal e a períodos plurianuais de inundação o cambará (*V. divergens*) se expande rapidamente em campos mas a produtividade é limitada pelo fogo e condições de seca (NUNES da CUNHA et al., 2007).

As taxas mais elevadas de estabelecimento do cambará (*V. divergens*) ocorrem em solo descoberto, o que indica capacidade de colonizar áreas perturbadas, como por exemplo, áreas recentemente sedimentadas ao longo dos rios. Nos habitats e comunidades não alagadas, *Vochysia divergens* ocorre raramente ou é ausente (SILVA et al., 2000; NUNES da CUNHA e JUNK, 2004).

As plantas jovens de *V. divergens* crescem muito lentamente à sombra, mas repõem as árvores mortas logo que as condições de luz no solo da floresta indicam a existência de clareiras, contribuindo na manutenção do cambarazal, não obstante o fato de que *V. divergens* possui características de uma espécie pioneira dos primeiros estágios sucessionais chegando a atingir 29 m de altura (~73 anos de idade) nos estandes mais velhos de cambarazal (NUNES da CUNHA e JUNK, 2004).

A espécie *V. divergens* não é considerada um problema em áreas alagáveis, porém quando atinge partes mais altas dos terrenos do Pantanal e avança em direção aos campos e cordilheiras formando florestas é considerado um problema grave pelos pecuaristas, pois coloniza campos utilizados como áreas de pastejo (JUNK e NUNES da CUNHA, 2005).

As características morfológicas da *Vochysia divergens* segundo Lorenzi (2009) incluem uma copa frondosa pouco densa, com ramos novos e angulosos e divaricados, tronco ereto e cilíndrico de 30 a 50 cm de diâmetro, com casca clara e partida, com descamamento em placas irregulares. As folhas são simples, 3-4 verticilada, coriáceas, com nervura central proeminentes em ambas as faces, brilhantes e glabras na face superior e opacas na inferior, de 7 a 13 cm de comprimento, as inflorescências em racemos terminais, de 20-28 cm de comprimento, com muitas flores pediceladas de cor amarela, os frutos cápsula trigona, glabra e brilhante, contendo de 4 a 5 sementes (LORENZI, 2009).

A espécie ocorre nos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e também na Bolívia, e é particularmente frequente no Pantanal Mato-grossense (LORENZI, 2009).

2.4 SERRAPILHEIRA E VARIÁVEIS AMBIENTAIS

A dinâmica da serrapilheira de origem vegetal, composta por folhas, ramos, órgãos reprodutivos e detritos (COSTA et al., 2010), inclui a produção ou aporte, acúmulo e decomposição, processos fundamentais a manutenção dos estoques e ciclagem de nutrientes, altamente relacionados à produtividade

primária e regulação do fluxo de energia nos ecossistemas (ARUNACHALAM et al., 1998; UNECE, 2004).

Segundo Scoriza et al. (2012) a produção ou o aporte de serrapilheira constitui uma das vias de entrada mais importantes de material orgânico nas camadas do solo, representando a produção de material decíduo a partir da cobertura vegetal e deposição de resíduos animais. A produção de serrapilheira controla diretamente a quantidade de nutrientes que retornam ao solo e seu acúmulo se relaciona com a atividade decompositora dos microorganismos e com o grau de perturbação dos ecossistemas (BRUN et al., 2001; FIGUEIREDO FILHO et al., 2003; FERNANDES et al., 2006).

A mineralização da serrapilheira produzida anualmente contribui para aproximadamente metade do CO₂ proveniente do solo, estimado em 68±4 Pg C ano⁻¹ (Pg=10¹⁵ g) com base em estimativas em biomas terrestres, e essa proporção permanece estável devido às entradas anuais relativamente constantes (COÛRTEAUX et al., 1995). O carbono que não é liberado para a atmosfera, é incorporado no húmus do solo ou solubilizado na água percolada no solo (BRANDÃO et al., 2012).

Os controles exercidos sobre a produção e decomposição de serrapilheira são processos físicos e biológicos e incluem a atividade e composição do solo e da serrapilheira, macro e microfauna do solo (WIEDER e WRIGHT, 1995; AERTS, 1997) composição de espécies, fenologia (UNECE, 2004) densidade, área basal, idade da vegetação, altitude, latitude e clima (ARUNACHALAM et al., 1998).

A produção e decomposição das frações de folhas provenientes da serrapilheira em florestas secas são influenciadas segundo Anderson (1993) e Cuervas (1995) pela sazonalidade da precipitação e composição florística.

A serrapilheira por ser a principal via de transferência de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e cálcio é utilizada, para comparar a eficiência de utilização de nutrientes, em diferentes florestas. A fração folhas da serrapilheira, por apresentar pequena variação em sua distribuição espacial, em seu conteúdo de nutrientes, e por ser a responsável pela maior parte da transferência anual de nutrientes ao solo, se torna a fração mais adequada para comparação entre ecossistemas florestais, no tocante à eficiência de seus componentes vegetais na utilização de nutrientes. Os nutrientes menos disponíveis apresentam uma alta eficiência de uso pela vegetação, e vice-versa (VITOUSEK, 1982).

A decomposição também é controlada pela qualidade e a quantidade de nutrientes que compõem a serrapilheira que depende da espécie, do tamanho e tipo das folhas, capacidade de translocação do nutrientes antes da senescência, bem como do tipo de solo (SCHUMACHER, 2004).

De acordo com Brady e Weil (2013) os compostos orgânicos dos tecidos vegetais podem ser agrupados em categorias. Os carboidratos, que variam em complexidade desde açúcares simples até amidos e celulose e são os mais abundantes compostos vegetais orgânicos. As ligninas e os polifenóis são notoriamente resistentes à decomposição. Certas partes da planta, especialmente sementes e revestimento de folhas, contêm quantidades significativas de gorduras, ceras e óleos, compostos mais complexos que os carboidratos e menos complexos do que as ligninas. As proteínas, por sua vez, contém cerca de 16% de nitrogênio e se decompõem facilmente.

Os compostos orgânicos, em termos de facilidade de decomposição segundo Brady e Weil (2013) podem seguir a ordem crescente, em que as ligninas possuem a decomposição mais lenta em relação às gorduras e ceras, celulose, hemicelulose, proteínas brutas, enquanto que, os compostos decompostos mais rapidamente são os açúcares, amidos e proteínas simples.

O armazenamento de nutrientes na vegetação sobre o solo aumenta na seguinte ordem: florestas boreais < temperadas < tropicais (WARING e SCHLESINGER, 1985). No entanto, o estoque de matéria orgânica no perfil do solo aumenta das florestas tropicais para as boreais (WARING e SCHLESINGER, 1985).

As reservas orgânicas e minerais encontram-se localizadas na fitomassa da floresta, distribuídas nos troncos, folhas, ramos, raízes e, de acordo com a estrutura e aspectos ecológicos da floresta, no sub-bosque e epífitas, bem como na serrapilheira e no próprio solo. A transferência de nutrientes entre os compartimentos processa-se por meio da água (chuva, escoamento de troncos, lavagem de folhas, percolação de resíduos vegetais, decomposição e liberação de nutrientes). Além disso, deve-se considerar a participação da zoomassa (carnívoros, herbívoros e detritívoros) e as práticas de manejo (colheita e exploração) do sistema (FASSBENDER, 1985).

O fósforo liberado pelo intemperismo de uma rocha pode ser utilizado pela vegetação por muitos anos antes de ser perdido do sítio por meio da percolação da

água. O movimento de nutrientes dentro de uma floresta é chamado ciclo intra-sistema e inclui a absorção de nutrientes pelas plantas e as perdas de nutrientes devido à morte e decomposição de partes de plantas (WARING & SCHLESINGER, 1985).

Diversos estudos destacaram a produção de serrapilheira significativamente maior em áreas com florestas sazonalmente inundadas em relação às florestas de terra firme (CONNER e DAY, 1982; SHURE e GOTTSCHALK, 1985; BRISON, 1990; HAASE, 1999).

Os métodos aplicados ao estudo da ciclagem de nutrientes no solo podem ser classificados quanto às entradas ou retornos de nutrientes, os processos de decomposição e as perdas de nutrientes.

Dentre as metodologias para determinar a decomposição da serrapilheira de origem vegetal, o balanço de massa proposto por Olson (1963) tem sido amplamente utilizados em estudos de diversos ecossistemas (MIDDLETON et al., 1992; WIDER e WRIGHT, 1995; SANCHES et al., 2008; GINGERICH e ANDERSON, 2011; HEWIS et al., 2013). Segundo Wieder e Lang (1982) os modelos matemáticos classicamente utilizados na análise decomposição são as funções de decaimento exponencial simples e dupla, linear e o quadrático. O modelo mais frequentemente utilizado é a função simples de decaimento exponencial primeiramente proposta por Jenny et al. (1949) e discutido posteriormente com mais detalhes por Olson (1963). A razão para a maior utilização do modelo exponencial simples surgiu pelo fato de que apenas uma constante de decaimento (k) gerada pelo modelo caracteriza a perda de massa, e facilita as comparações com dados de outros ecossistemas e tentativas de modelar o acúmulo de carbono orgânico em diferentes tipos de solos (WIEDER e LANG, 1982).

Quando a taxa de decomposição ou taxa de retorno (k) absoluta proposta por Jenny et al. (1949) e Olson (1963) é dada pela razão entre a produção de serrapilheira (X_0) e o acúmulo de serrapilheira sobre o solo (X_t) em que k dado pela equação ($k = X_0 / (X_0 + X_t)$) ou seja uma fração massa remanescente, o k representa a taxa de decomposição relativa. A partir dessa proposição o modelo de decaimento exponencial simples conforme Jenny et al. (1949) e Olson (1963) é dada pela Equação ($X_t / X_0 = e^{-kt}$). Wieder e Lang (1982) apresentaram uma análise dos modelos propostos em estudos sobre decomposição e destacaram o efeito da composição química da serrapilheira sobre os valores de k , isso porque

nos processos de decomposição inicialmente os componentes solúveis e relativamente mais fáceis de degradar são compreendidos pelos açúcares, amidos e proteínas e serão utilizados rapidamente pelos decompositores, enquanto que matérias mais recalcitrantes como a celulose, ceras, gorduras, taninos e ligninas serão degradados em taxas relativamente menores.

Outro método para avaliação da decomposição da serrapilheira, consiste no uso de sacolas de decomposição conhecidas como “litterbags”, método que foi desenvolvido por Bocock e Gilbert (1957) e, segundo Scoriza et al. (2012) consiste em uma forma de avaliação direta da taxa de decomposição da serrapilheira, pois se dá por medidas de perda de massa do material formador de serrapilheira ao longo de um intervalo de tempo. Esse método, segundo Wieder e Lang (1982), apresenta algumas dificuldades como a exclusão do contato de macroinvertebrados com a amostra contida no interior da “litterbag”, alteração do microclima no interior da “litterbag” devido à diminuição da secagem da amostra e ainda, a redução da taxa de colonização e crescimento de fungos.

O papel controlador da macrofauna sobre a decomposição foi avaliado por Zimmer et al. (2004) e Treplin et al. (2013) e o fato de não incluir esse elemento, na maioria dos ecossistemas, implica em assumir uma subestimativa importante da taxa de decomposição. Tamanhos distintos de abertura da malha podem ser utilizados como alternativa para permitir o acesso de macroinvertebrados às amostras no interior das litterbags (COLEMAN et al., 1999; CIANCIARUSO et al., 2006; PEREIRA et al., 2008; MENEZES et al., 2010; GINGERICH e ANDERSON et al., 2011).

A decomposição de compostos orgânicos em solos com condições aeróbias se dá pela quebra de grandes moléculas orgânicas em componentes menores e mais simples. Quando tecido orgânico é adicionado a um aeróbio três reações microbiológicas básicas podem ocorrer de acordo com Brady e Weil (2013): (1) oxidação enzimática de compostos de carbono para produzir dióxido de carbono, água, energia e biomassa de decompositores; (2) liberação e/ou imobilização de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e enxofre, por uma série de reações específicas para cada elemento; (3) formação de compostos muito resistentes a ação microbiana, tanto pela modificação de compostos do tecido original como por intermédio da síntese microbiana.

2.5 EFLUXO DE CO₂ DO SOLO

O dióxido de carbono (CO₂), de forma geral, é produzido no solo pelas raízes e organismos do solo e, em pequena escala pela oxidação de materiais que contem carbono no solo (RAICH e SCHLESINGER, 1992). A respiração do solo origina-se da decomposição microbiana heterotrófica da matéria orgânica, da respiração autotrófica da rizosfera e da associação micorrízica (HANSON et al., 2000; JURASINSKI et al., 2012).

O efluxo de CO₂ do solo constitui o segundo maior componente do ciclo global de carbono (RAICH e SCHLESINGER, 1992) e maior reservatório terrestre de carbono nos ecossistemas (DIXON et al., 1994). Estimada entre 60 Pg C ano⁻¹ (SCHLESINGER, 1997) e 80 Pg C ano⁻¹ (RAICH e POTTER, 1995; RAICH et al., 2002) a respiração do solo representa o segundo maior fluxo entre a superfície dos ecossistemas e a atmosfera (RAICH et al., 2002). Devido à magnitude desse fluxo, pequenas mudanças na taxa de respiração do solo podem afetar significativamente a concentração de CO₂ na atmosfera (IPCC, 2001; SOE e BUCHMANN, 2005).

A contribuição da respiração das raízes no efluxo total de CO₂ possui ampla variação. Em ecossistemas florestais diversos, por exemplo, a faixa está entre 10% e 90% (HANSON et al., 2000; SUBKE et al., 2006). Em uma floresta decídua localizada no sul da Alemanha, Moyano et al. (2008) observaram taxas de respiração de raízes finas representando até 44% do efluxo total de CO₂. Já em uma fitofisionomia de Cerradão estudada por Butler et al. (2012) a contribuição da respiração autotrófica esteve entre 55% na estação úmida e 79% na estação seca. Valores menores foram encontrados por Redmann e Abouguendia (1978) em um ecossistema com dominância de *Agropyron dasystachyum* variando entre 17% e 26% de contribuição da respiração autotrófica (rizosfera) em relação à respiração total do ecossistema.

Fatores importantes influenciam a respiração do solo e inclui a temperatura do solo (LLOYD e TAYLOR, 1994; RECHSTEIN et al., 2000; FANG e MONCRIEFF, 2001; RECHSTEIN et al., 2003; RETH et al., 2005; SOE e BUCHMANN, 2005); o conteúdo de água no solo (BUNNELL et al., 1977; RECHSTEIN et al., 2005; RETH et al., 2005; JURASINSKI et al., 2012; BUTLER et al., 2012); a produtividade primária líquida do ecossistema (JANSSENS et al., 2001); a qualidade do substrato (KUSAR, 1978; RAICH e SCHLESINGER, 1992; RETH et al., 2005); o uso do solo (RECHSTEIN et al.,

2003; RASILO et al., 2011), os regimes sazonais (RASILO et al., 2011; BUTLER et al., 2012) a fauna, a flora, suas populações e dinâmica de comunidade acima e abaixo do solo (REDMAN e ABOUGUENDIA, 1978; RECHSTEIN et al., 2005; RETH et al., 2005; JURASINSKI et al., 2012).

A relação entre os fatores que controlam o efluxo de CO₂ do solo são descritos por uma série de modelos, entretanto, permanecem incertezas na tentativa de compreender essas relações. Em adição a isso, diferentes tipos de modelos e princípios são utilizados com o objetivo de explicar as relações entre os fatores bióticos e abióticos e o efluxo de CO₂ do solo.

O aumento do efluxo de CO₂ em resposta ao aumento da temperatura do solo são comumente descritos por meio de modelos e equações de Arrhenius (LLOYD e TAYLOR, 1994; FANG e MONCRIEFF, 2001), modelos lineares (ROCHETTE et al., 1991), modelos quadráticos (HOUTHALSEN e CALDWELL, 1980) e modelos logísticos (JENKINSON, 1990). Parâmetros também foram propostos, dentre os quais, o valor Q₁₀ que representa a dependência ou sensibilidade da respiração do solo ao aumento a cada 10 °C na temperatura do solo (FANG e MONCRIEFF, 2001).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado entre dezembro de 2011 e fevereiro de 2013, na região norte do Pantanal Mato-grossense, em uma floresta com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (16°29' S, 56°25' O, coordenadas de referência) com área de aproximadamente 115.000 m². A floresta está localizada no Parque Baía das Pedras da Estância Ecológica do Serviço Social do Comércio (SESC) – Pantanal no município de Poconé, Mato Grosso, Brasil (Figura 1).

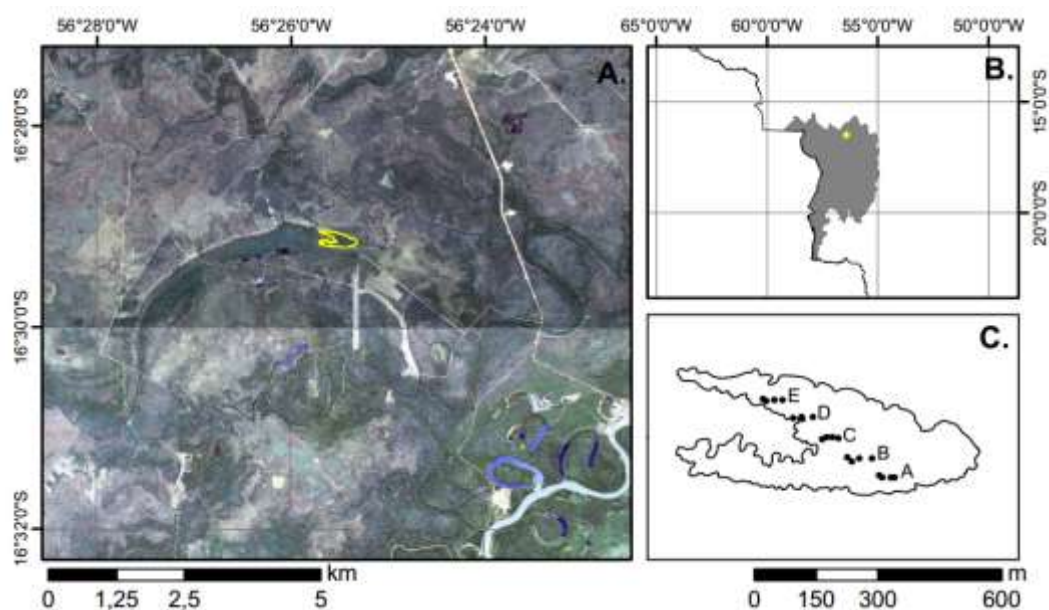


Figura 2. (A) Localização da floresta com dominância de *V. divergens* destacada pela linha amarela. (B) Área de estudo (ponto em amarelo) situada no Pantanal (área em cinza). (C) Delimitação da área correspondente à floresta e pontos de coleta situados nos transectos A, B, C, D e E.

A vegetação possui dossel fechado com altura das árvores entre 10-20 m com aproximadamente 14 espécies lenhosas distribuídas em 13 famílias com diâmetro superior a 20 cm. As espécies com maior abundância relativa são *V. divergens* (33%), *Licania parvifolia* (17%) e *Mouriri elliptica* (15%). O diâmetro médio do tronco (na altura 1,3 m) das espécies lenhosas foi 28,36 cm, a densidade foi em média 839,98 indivíduos/ha e a área basal média foi 66,16 m²/ha.

O clima é tropical úmido tipo Aw de acordo com a classificação climática de Köppen. Neste trabalho as estações foram classificadas em estação de cheia (janeiro, fevereiro e março), vazante (abril, maio e junho) seca (julho, agosto e

setembro) e enchente (outubro, novembro e dezembro) (Brasil, 2003). A estação seca caracteriza-se como o período em que a região encontra-se completamente seca com chuvas escassas. Com o início das chuvas inicia-se à enchente, quando algumas áreas tornam-se inundadas temporariamente e o nível dos rios começa a aumentar gradativamente. Na estação cheia, devido à grande quantidade de chuvas, muitas áreas são inundadas devido ao transbordamento lateral de rios e lagos, e acúmulo de água sobre o solo caracterizando a fase aquática do sistema. E a estação vazante, corresponde ao período em que o nível d'água começa a baixar, acompanhando a redução das chuvas, antecedendo a seca na região pantaneira (BATTIROLA et. al, 2010).

A temperatura do ar anual média na região oscila entre 22 °C e 32 °C (HOFMANN et al., 2010). A precipitação anual média é de 1383 mm com base em registros realizados entre os anos 1901 a 2003 em Cuiabá, que está cerca de 120 km distante da área de estudo, com maior média mensal em Janeiro (221 mm) e menor em Julho (10 mm) (FANTIN-CRUZ et al., 2011). Na região ao norte do Pantanal, a inundação coincide com a estação chuvosa (NUNES DA CUNHA et al., 2007), contudo variações interanuais na duração e intensidade da inundação são observadas historicamente.

Medidas do perfil superficial do solo entre 0 a 20 cm de profundidade demonstraram que o solo é ácido (pH=5,7), pouco drenado devido a textura argilosa com 44% de argila e 28% de areia.

3.2 PADRÕES MICROMETEOROLÓGICOS E HIDROLÓGICOS

Medidas micrometeorológicas foram realizadas abaixo do dossel e no exterior da floresta entre janeiro de 2012 e fevereiro de 2013. No exterior da floresta, a aproximadamente 2 km de distância ao sul, foi instalado um sensor de coleta de dados meteorológicos (Mod. WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland) de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação acumulada diária (mm d⁻¹) e velocidade do vento (m s⁻¹)

Abaixo do dossel da floresta foram monitoradas a temperatura do ar (°C) e a umidade relativa do ar (%) por meio de dois termohigrômetros (HMP 45C, Vaisala Inc. Helsinki Filand) instalados a 2 e 4 m de altura do solo em uma torre metálica situada no transecto B. O armazenamento dos dados foi realizado em

intervalos de 30 minutos, por um datalogger (modelo CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA).

A altura da lâmina de água, de janeiro a junho de 2012 e de dezembro de 2012 a fevereiro de 2013, foi medida em intervalos mensais por meio de uma trena graduada em 20 pontos fixos distribuídos nos transectos A, B, C, D e E.

3.3 PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA E SERRAPILHEIRA ACUMULADA SOBRE O SOLO

A produção de serrapilheira foi mensurada por meio de coletores metálicos com 1 m² de área e 1 m de altura recobertos com malha de nylon com 2 mm de abertura (Figura 2) adaptados para impedir contato do material decíduo com o solo e com a água durante o período de inundação. Os coletores foram projetados com altura superior a utilizada em estudos afins (PALMA et.al., 1998; SANCHES et al., 2008; VALENTINI et al., 2008; SCORIZA et al., 2012) e similar a coletores adaptados ao monitoramento de áreas alagáveis (HAASE et al., 1999).



Figura 3. Ilustração do coletor de serrapilheira instalado na área em estudo durante a estação seca e cheia, respectivamente.

Adjacente a cada um dos 20 coletores de serrapilheira foram realizadas as coletas da serrapilheira acumulada sobre o solo, por meio de um molde vazado (25 x 25 cm) colocado sobre o solo no qual todo material vegetal contido dentro do molde foi retirado como amostra.

As amostras de produção de serrapilheira e serrapilheira acumulada sobre o solo coletadas no campo mensalmente foram acondicionadas em sacolas plásticas devidamente identificadas. Posteriormente as amostras foram levadas ao Laboratório de Ecofisiologia Vegetal – FAMEVZ e ao Laboratório de Análise

Físico-Química de Água e Resíduos (LAFQAR) – FAET, ambos na Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT.

No laboratório as amostras de produção de serrapilheira e serrapilheira acumulada sobre o solo foram transferidas para sacos de papel kraft identificados e colocados em estufa de circulação forçada (Orion 520, FANEM, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 70 °C durante 72 h ou até apresentarem peso constante. Cada uma das amostras de produção de serrapilheira e serrapilheira acumulada sobre o solo foram separadas em frações de folhas, galhos estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e miscelânea.

Somente as amostras de produção de serrapilheira tiveram a fração foliar separada em subamostras constituídas por frações de folhas somente da espécie *V. divergens* e outra fração constituída por folhas da comunidade de plantas que incluem as 13 espécies lenhosas da floresta exceto *V. divergens*.

As frações de produção de serrapilheira e serrapilheira acumulada sobre o solo foram pesadas separadamente em balança analítica (AD 500, Marte, Santa Rita do Sapucaí, Brasil). As amostras de produção de serrapilheira tiveram as folhas de *V. divergens* classificadas e pesadas separadamente do restante das folhas provenientes da comunidade de plantas.

As amostras de produção mensal de serrapilheira de janeiro, fevereiro e março referente à estação cheia totalizaram 60 amostras e foram submetidas à análise química para determinação das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono por laboratório de análise comercial (Laboratório Plante Certo, Inc., Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil). A metodologia utilizada pelo laboratório de análise comercial Plante Certo para determinar do nitrogênio, fósforo, potássio e carbono do tecido vegetal são apresentados no Anexo A.

3.4 MEDIDAS DE EFLUXO DE CO₂ DO SOLO, TEMPERATURA E UMIDADE DO SOLO

O efluxo de CO₂ do solo foi medido mensalmente por um sistema constituído por analisador de gás por infravermelho (IRGA, EGM-4 Environmental Gas Monitor for CO₂, PP Systems, Hitchin, U. K.) conectado a uma câmara de respiração do solo (SRC-1, PP Systems, Hitchin, U. K.) com 1170 cm³ que cobre 78,5 cm² de solo a cada medida (Figura 3) expresso nas unidades g CO₂ m⁻² h⁻¹. O efluxo foi determinado a partir das mudanças na concentração de CO₂ no interior da câmara durante o tempo de medição.



Figura 4. (A) Analisador de gás por infravermelho tipo sistema fechado (EGM-4) e (B) câmara respiração do solo (SRC-1).

Simultâneas as medidas de efluxo de CO_2 do solo foram realizadas medidas de temperatura e umidade do solo nos 55 pontos de coleta situados ao longo dos transectos A, B, C, D e E. As medidas foram realizadas no intervalo entre 11 h e 14 h, por ser o período do dia com maior incidência de radiação solar e temperatura do solo.

Devido à área amostrada pela câmara de respiração do solo ser relativamente pequena, foram realizadas 3 repetições seguidas em cada um dos 55 pontos de coleta. Para eliminar a parcela de respiração das plantas das medidas de efluxo de CO_2 do solo foram realizadas medidas somente em locais ausentes de plântulas.

A medida da temperatura do solo na camada de 0-5 cm de profundidade foi realizada por meio de um termômetro digital tipo haste (Mod. AL-150C Precision, USA).

A umidade do solo foi medida na camada de 0-12 cm por meio de um sensor portátil tipo TDR (Hidrossense II Mod. CS620, Campbell Sci., EUA). O sensor tipo TDR (sigla em inglês, traduz-se Reflectometria no Domínio do Tempo) emite um pulso de energia eletromagnética que desce pelas duas hastes paralelas de metal e realizam medições da velocidade com que o pulso desce pelas hastes, velocidade essa influenciada pela natureza do solo que o circunda.

Microprocessadores no instrumento determinam a constante dielétrica do solo a partir dos padrões de onda gerados e, uma vez que a constante dielétrica do solo é influenciada principalmente pelo conteúdo de água, o instrumento converte as medidas em umidade do solo (BRADY e WEIL, 2013).

3.4.1 ANÁLISE DO SOLO

Amostras de solo no perfil de 0 a 20 cm de profundidade foram coletadas com um trado de amostra deformada. A amostragem foi realizada nos 55 pontos situados ao longo dos transectos A, B, C, D e E .

As amostras de solo foram encaminhadas a um laboratório de análise comercial (Laboratório Plante Certo, Inc., Várzea Grande, Mato Grosso, Brasil) onde foram submetidas à análise química para determinar a matéria orgânica, fósforo, potássio, pH, e análise física para determinar os teores de areia, silte e argila. A realização das análises pelo laboratório seguiu metodologia descrita por Malavolta et al. (1989).

3.5 DETERMINAÇÃO DA BIOMASSA DE RAÍZES

Para analisar a relação entre o efluxo de CO₂ do solo e a biomassa de raízes finas superficiais foram realizadas medidas em 55 pontos em outubro (estação seca) de 2012.

A massa de raízes finas superficiais foi determinada por meio de um trado tipo TAI (Trado de Amostra Indeformada, Sonda Terra, Piracicaba, Brasil) que retirou amostras indeformadas de solo em cilindros de inox com 100 cm³.

No Laboratório de Fisiologia Vegetal – FAMEV – UFMT as amostras foram secas em estufa de circulação forçada (Orion 520, FANEM, São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 105 °C durante 72h. Após isso, cada amostra teve a fração de raízes cuidadosamente separadas com auxílio de pinças e peneiras para posterior pesagem em balança analítica (AD 500, Marte, Santa Rita do Sapucaí, Brasil).

3.6 ESTRUTURA DA VEGETAÇÃO

A estrutura da vegetação foi caracterizada por meio dos parâmetros índice de cobertura relativa ou dominância da espécie *V. diveregens* (ICR) e do índice de diversidade de Shannon-Wiener (H').

A amostragem da vegetação foi realizada pelo Método do Quadrante do Ponto Central (Point-Centered Quarter Method – PCQM) (MITCHELL, 2007).

Em cada ponto, onde foram realizadas medidas de serrapilheira também foram realizadas medidas de amostragem da vegetação. A partir de cada ponto foram estabelecidos 04 quadrantes onde foi mensurada a menor distância do ponto central até a árvore mais próxima cuja circunferência fosse superior a 20 cm na altura do peito (1,3 m). Todos os indivíduos arbóreos amostrados foram identificados.

O índice de cobertura relativa da espécie *V. divergens* (ICR) foi determinado a partir da razão entre área basal da espécie no transecto (AB_K) e área basal de todas as árvores do transecto (AB_L), de acordo com a Equação (1).

$$ICR = \frac{AB_K}{AB_L} \times 100 \quad (1)$$

O ICR é expresso em percentual (%).

A diversidade de espécies de cada transecto foi estimada a partir do índice de Diversidade de Shannon-Wiener (H'), conforme Equação (2).

$$H' = -\sum_{j=1}^k IIR_j \log (IIR_j) \quad (2)$$

Em que, IIR_j é o índice de importância relativa da j -ésima espécie ($j=1, \dots, k$) (COTTAM e CURTIS, 1956; MITCHELL, 2007).

3.7 ANÁLISE DOS DADOS

3.7.1 Decomposição da Serrapilheira

A decomposição da serrapilheira (D) foi determinada pelo método do balanço de massa proposto por Olson (1963) conforme Equação (3) (KIRITA e HOZUMI, 1969; WIEDER e WRIGHT, 1995).

$$D = A_0 + P - A_{t+1} \quad (3)$$

Em que A_{t+1} é a serrapilheira acumulada sobre o solo no próximo mês, A_0 e P são a serrapilheira acumulada sobre o solo e a produção de serrapilheira no mês atual, respectivamente.

O coeficiente de decomposição (k) para folhas, galhos e estruturas reprodutivas foi determinado a partir das medidas de produção de serrapilheira (P) e serrapilheira acumulada sobre o solo (A_0) conforme Equação (4) (XU e HIRATA, 2002).

$$k = \frac{P}{P+A_0} \quad (4)$$

Em que P e A_0 foram dados em $g\ m^{-2}$.

3.7.2 Padrão Espacial e Temporal dos Dados

Diferenças na produção de serrapilheira, decomposição de serrapilheira, teor de macronutrientes e carbono na serrapilheira, e efluxo de CO₂ do solo foram avaliados por meio de ANOVA, teste de Tukey (estatística paramétrica) ou teste de Kuskall-Wallis (estatística não paramétrica) com nível de significância de 5%.

Analises de correlação por meio dos testes de Spermán foram utilizados para determinar o grau de relação temporal ou espacial entre a produção e decomposição de serrapilheira e as variáveis hidrometeorológicas e de estrutura da vegetação (GOTTELI e ELLISON, 2011).

A regressão linear foi utilizada para avaliar o efeito da temperatura do solo e umidade do solo sobre o efluxo de CO₂ do solo e também para avaliar o efeito das variáveis hidrometeorológicas sobre o acúmulo de serrapilheira sobre o solo.

3.7.3 Serrapilheira Acumulada sobre o Solo

O padrão espacial da serrapilheira acumulada sobre o solo foi determinado pela técnica de escalonamento multidimensional não métrico (Non-Metric Multidimensional Scaling - NMDS). Uma matriz de distâncias (D) entre os dados de serrapilheira acumulada sobre o solo foi construída a partir do índice de similaridade Bray-Curtis. Os escores Z foram criados a partir de distâncias (δ_{ij}) projetadas em um espaço bidimensional que representa a distância entre os dados (HOFFMAN et al., 2010; GOTTELI e ELLISON, 2011).

Regressões lineares múltiplas foram geradas a partir dos escores para avaliar os efeitos de temperatura do solo, umidade do solo, altura da lâmina de água, duração da inundação em meses, índice de cobertura da vegetação e efluxo de CO₂ do solo sobre o padrão espacial de serrapilheira acumulada sobre o solo.

O ajuste do modelo linear foi avaliado por meio coeficiente de determinação (R²; $\alpha=0,05$) e pelo fator *estresse* conforme Equação (5) (GOTTELI e ELLISON, 2011).

$$estresse = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij} - \hat{\delta}_{ij})^2}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \hat{\delta}_{ij}^2}} \quad (5)$$

Em que δ_{ij} são as distâncias dadas pelo índice de similaridade de Bray-Curtis dos valores observados de serrapilheira acumulada sobre o solo, e $\hat{\delta}_{ij}$ são os valores preditos a partir do modelo. O fator de estresse deve ser mínimo e quanto mais

próximo ao valor 0 (zero) melhor será o ajuste do modelo, tendo em vista que varia no intervalo entre 0 e 14.

O escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) foi realizado no software Past[®] e as regressões múltiplas no SYSTAT 12[®].

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS

A temperatura média do ar abaixo do dossel foi 24,8 °C e no exterior da floresta foi 24,7 °C no período entre janeiro de 2012 e fevereiro de 2013. As temperaturas abaixo e fora do dossel não apresentaram diferenças significativas ao longo dos meses (ANOVA, $F=0,5$; $p=0,48$). Durante a estação seca, de julho a setembro, houve maior amplitude da temperatura do ar. A maior variação da temperatura durante a estação seca relacionou-se à diminuição do calor específico do ar devido a menor concentração de vapor de água no ar (HOFMANN et al., 2010).

A umidade relativa do ar abaixo do dossel e no exterior da floresta não apresentaram diferenças significativas (ANOVA, $F=0,0007$; $p=0,97$) sendo superior a 70% ao longo do ano, exceto em agosto e setembro.

A precipitação total acumulada em 2012 na floresta de *V. divergens* foi 1638 mm, e foi 15% superior comparada à média histórica da região apresentada por Fantin-Cruz et al. (2011).

A superfície do solo esteve submersa em água durante 8 meses, que compreendeu um primeiro ciclo de inundação de janeiro a junho e um novo ciclo de inundação iniciou-se em novembro, com maior pico em fevereiro de 2013 (AQUINO, 2013). A inundação na floresta seguiu a tendência da precipitação, padrão recorrente no Pantanal que também foi observada por Nunes da Cunha et al. (2007) em diversos ecossistemas situados na região norte do Pantanal.

As flutuações sazonais da lâmina de água sobre o solo foi inferior a 20 cm em média. Os limiares de aeração do solo segundo Stroh et al. (2013) variam de bem aerado com lâmina de água menor que 19,23 cm a pobremente aerados com lâmina superior a 90 cm.

Nos 5 meses em que o solo não esteve inundado, a média da umidade do solo variou entre 32% final da estação vazante e 4% no final da estação seca. A baixa umidade do solo, inferior a 10% ao longo da estação seca foi também reportada por Vourlitis et al. (2011) no Pantanal em área com *V. divergens*.

Na Figura – 4 estão representadas as médias mensais das variáveis hidrometeorológicas.

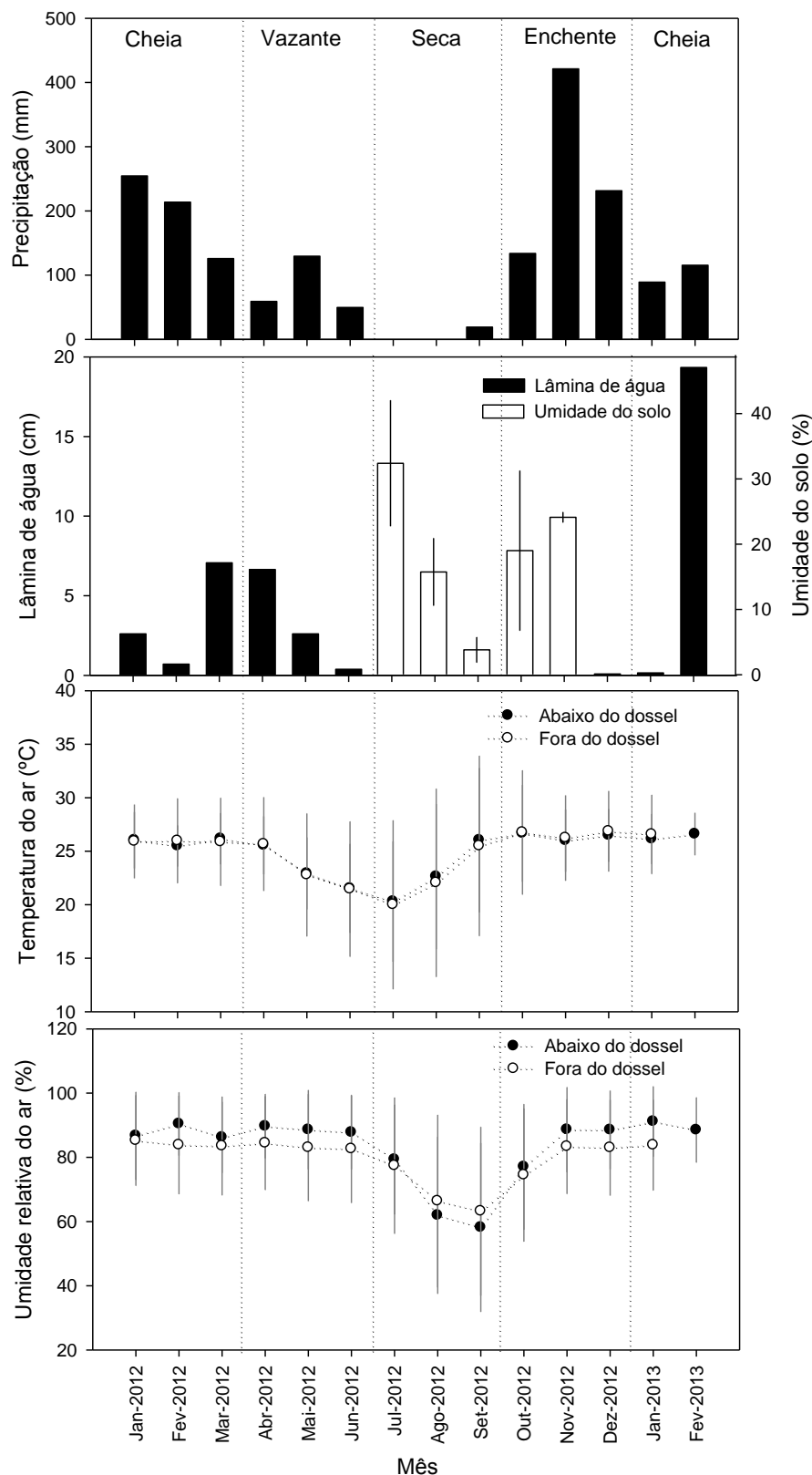


Figura 5. Precipitação acumulada mensal (mm). Média (\pm DP) da altura da lâmina de água (cm) e média da umidade do solo (%). Média (\pm DP) da temperatura do ar ($^{\circ}$ C) e umidade relativa do ar (%) abaixo do dossel (círculos fechados) e exterior da floresta (círculos abertos), de janeiro de 2012 a fevereiro de 2013. As linhas verticais pontilhadas delimitam as estações cheia, vazante, seca e enchente.

4.2 CARACTERÍSTICAS DOS TRANSECTOS

O índice de cobertura relativa apresentou gradiente do transecto A ao E. Nos transectos A, B e C o índice de cobertura relativa de *V. divergens* foi aproximadamente 72% superior em relação aos transectos D e E. Além disso, as condições de inundação foi um fator similar entre os transectos A, B e C com 4 meses de solo submerso em 2012, enquanto que o transectos C e D estiveram inundados por um período de tempo superior.

O índice de cobertura relativa de *V. divergens* que denota a dominância da espécie foi inversamente relacionado á diversidade de outras espécies lenhosas. Assim, os índices de diversidade de Shannon-Wiener foram menores nos transectos A, B e C onde a dominância de *V. divergens* foi de 54% em média.

Nos transectos com maior diversidade de espécies lenhosas as concentrações de potássio, matéria orgânica e argila também foram superiores com o estabelecimento de um gradiente do transecto A, com menores valores, ao transecto E, com maiores valores.

Quimicamente o solo foi heterogêneo entre os transectos, com exceção do fósforo, as concentrações do potássio e matéria orgânica variaram entre os transectos. Araújo et al. (2004) encontraram baixos teores de fósforo disponível ($< 10 \text{ mg dm}^{-3}$) no solo em área de floresta e pastagem na Amazônia ocidental. Os baixos teores de fósforo na forma disponível as plantas, devido o intemperismo, caracteriza os solos tropicais (BONSER et al., 1996; ROCHA et al., 2005). Por apresentar baixa mobilidade no solo (MARSCHNER, 2002; COSTA et al., 2009), o fósforo é, frequentemente, o fator que restringe o crescimento de plantas (HINSINGER, 2001).

Contudo o pH do solo na floresta de *V. divergens* foi ácido e variou entre 5,5 e 5,8 em média entre os transectos. Em solos inundados verifica-se o aumento no pH de solos ácidos devido a sua redução, enquanto que em solos alcalinos, observa-se o descréscimo do pH devido ao acúmulo mais intenso de CO_2 , fazendo com que a maioria dos solos inundados se encontrem em valores próximos as neutralidade (CAMARGO et al., 1993). Em decorrência de tais condições, ocorre o aumento do conteúdo de eletrólitos na solução do solo e, desse modo alguns íons, macro e micronutrientes como o potássio, amônio, zinco e o cobre aumentam a sua concentração no meio e, conseqüentemente, sua adsorção pela vegetação. Na Tabela – 1 são apresentadas as características físicas do terreno, vegetação e química do solo nos transectos A, B, C, D e E.

Tabela 1. Características físicas do terreno, da vegetação e das propriedades do solo nos transectos situados na floresta de *V. divergens*.

Variável	Transectos				
	A	B	C	D	E
Elevação (m)	116,63**	116,53**	116,78**	116,62**	116,52**
Altura da lâmina de água (cm)	4,9±4,3*	4,1±1,1*	3,6±1,1*	4,1±2,2*	7,7±2,8*
Número de meses com inundação	4	4	4	5	6
ICR de <i>V. divergens</i> (%)	66	49	48	17	13
Índice de div. de Shannon-Wiener	1,24	1,35	1,54	1,73	1,84
P (g dm ⁻³)	14,9±0,00*	16,2±0,03*	17,3±0,02*	15,4±0,05*	12,8±0,00*
K, (g dm ⁻³)	97,04±31,5*	111,0±33,4*	123,5±1,3*	130,4±1,4*	149,9±2,4*
M.O., (g dm ⁻³)	31,5±0,5*	33,4±0,03*	35,1±0,4*	40,0±0,04*	41,6±0,5*
pH	5,5±0,1*	5,7±0,07*	5,7±0,08*	5,8±0,01*	5,7±0,08*
Argila (g kg ⁻¹)	396,9±1,99*	422,2±10,6*	442,1±19,2*	443,5±21,2*	528,5±31,1*

*Média (±DP), ** Média.

4.3 DINÂMICA DE SERRAPILHEIRA

A dinâmica de serrapilheira compreendeu os processos de produção de serrapilheira pela vegetação, acúmulo de serrapilheira sobre o solo da floresta e a decomposição líquida da serrapilheira.

4.3.1. Produção de Serrapilheira

A produção total de serrapilheira pela vegetação inclui folhas, galhos, estruturas reprodutivas que compreende flores, frutos e sementes.

Houve sazonalidade na produção total de serrapilheira (Kruskall-Wallis, $H=110$; $p=0,00$) com valores 84% superiores na estação seca em relação à estação de cheia, com médias de $270\pm 187 \text{ g m}^{-2}$ e $43\pm 30 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente (Figura 5). O mesmo padrão sazonal foi descrito para florestas de *V. divergens* no Pantanal (HAASE, 1999), em floresta semidecídua na região amazônica (SILVA et al., 2007; SANCHES et al., 2009) e floresta semidecídua no sudeste brasileiro (CARMO PINTO et al., 2008).

As folhas foram à fração predominante e representaram aproximadamente 62% da serrapilheira total, que variou entre 45% na estação cheia e 69% na estação seca. Haase (1999) encontrou proporções de folhas na serrapilheira entre 57 e 75% em florestas inundáveis e não inundáveis no Pantanal, respectivamente, e Palik et al. (2005) encontraram valores menores, cerca de 45% de folhas na serrapilheira ao longo de um gradiente de florestas inundáveis ao norte de Minnesota nos EUA.

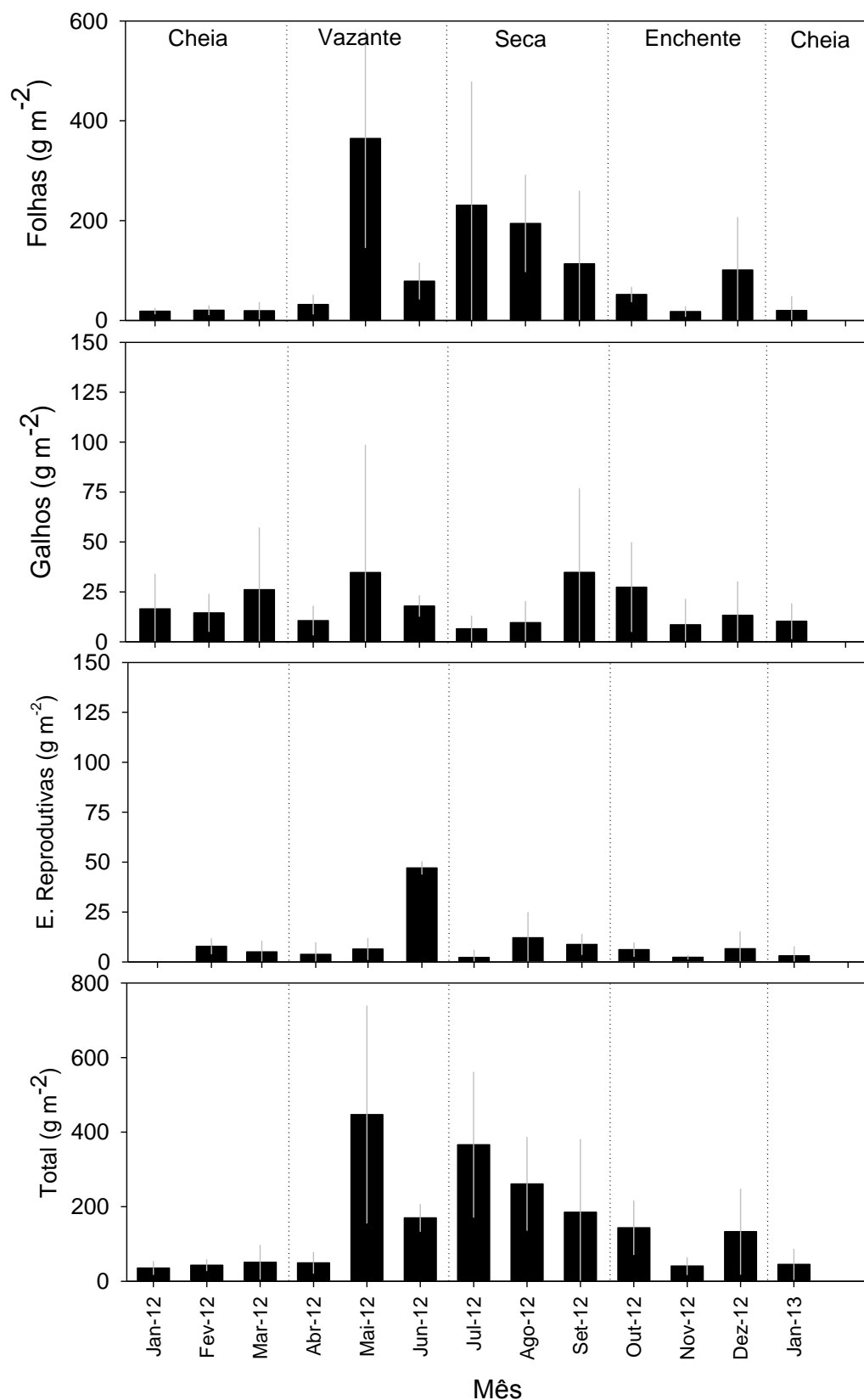


Figura 6. Média mensal ($\pm DP$) da produção de folhas, galhos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e produção total de serrapilheira entre janeiro de 2012 a fevereiro de 2013. As linhas verticais pontilhadas delimitam a duração das estações cheia, vazante, seca e enchente.

Para conhecer o padrão de deposição das folhas de *V. divergens*, esse compartimento foi analisado separadamente da comunidade de plantas da floresta (Figura 6).

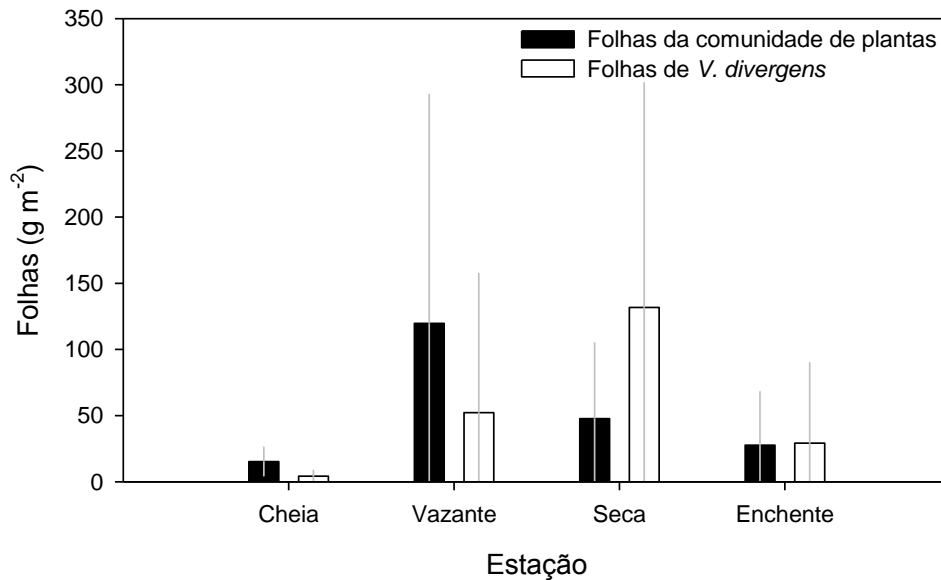


Figura 7. Média estacional (\pm DP) das folhas de *V. divergens* e das folhas comunidade de plantas da floresta presentes na serrapilheira.

O padrão sazonal das folhas de *V. divergens* na serrapilheira apresentou comportamento distinto em relação às folhas da comunidade de plantas da floresta (Krukall-Wallis, $H=13$; $p=0,0001$).

A proporção de folhas da comunidade de plantas presentes na serrapilheira total foi 56% e 42% superior na estação cheia e vazante em relação às folhas de *V. divergens*, respectivamente. É razoável considerar, que a proporção total de folhas na serrapilheira proveniente da comunidade de plantas da floresta seja superior à proporção de folhas de *V. divergens*.

Contudo na estação seca, a fração de folhas de *V. divergens* na serrapilheira foi 64% superior comparada à proporção de folhas da comunidade de plantas da floresta. A contribuição de folhas da comunidade de plantas da floresta na serrapilheira foi significativamente correlacionada à umidade relativa do ar e a umidade do solo. Enquanto que as folhas de *V. divergens* correlacionaram-se a umidade relativa do ar (Tabela 2).

Tabela 2. Coeficientes da correlação de Spearman entre as folhas de *V. divergens* e folhas da comunidade plantas na produção de serrapilheira, estruturas reprodutivas, serrapilheira total e variáveis hidrometeorológicas representadas pela precipitação (Ppt), velocidade do vento (u), temperatura do ar (T_{ar}), umidade relativa do ar (UR), umidade do solo (U_{solo}) altura da lâmina de água (I).

	Ppt	u	T _{ar}	UR _{ar}	U _{solo}	I
Folhas de <i>V. divergens</i>	-0,5	0,1	-0,5	-0,6*	-0,5	-0,3
Folhas da com. de plantas	-0,1	0,3	-0,3	-0,7*	-0,7*	-0,2
Galho	0,18	0,06	0,02	-0,1	-0,2	0,1
E. Reprodutivas	-0,4	0,2	-0,2	-0,8	-0,8*	-0,6*
Serrapilheira Total	-0,5	0,07	-0,6*	-0,7*	-0,6*	-0,05

*p<0,05

O aumento da produção da fração foliar de serrapilheira em períodos secos está relacionado à estratégia da diminuição da superfície transpirativa em condições de elevado déficit de pressão de vapor no ar e faixas limitantes de umidade do solo (KELLINGER et al., 1995; ALVES e PEREIRA, 2000; AUBINET et al., 2001; REICHARDT e TIMM, 2004). No entanto, com relação à deposição de folhas de *V. divergens*, fatores como a perda de água (DALMAGRO et al., 2013) e acesso a umidade do solo (GOLDSTEIN et al., 1989; MEDINA e FRANCISCO, 1994; HAASE, 1999; SANCHES et al., 2011; VOURLITIS et al., 2011) não são limitantes durante a estação seca, tendo em vista a produção de folhas novas (DALMOLIN et al., 2013) e a eficiência no uso da água por meio de um forte controle estomático (DALMAGRO et al., 2013). Desta forma, atribui-se a fenologia da espécie *V. divergens* a maior deposição de folhas na serrapilheira durante a estação seca.

As frações de estruturas reprodutivas variaram entre 0,4 g m⁻² mês⁻¹ na estação cheia e 67 g m⁻² mês⁻¹ na estação seca. A fração de flores constituiu 18% da serrapilheira na estação seca e não foi superior a 2% nas demais estações. Predominantemente as flores foram provenientes da população de *V. divergens* durante a estação seca, que possui o período de floração bem documentado na literatura (LORENZI, 2009).

A fração de galhos variou entre 6 e 34 g m⁻² mês⁻¹. A tendência de aumento da produção de galhos de janeiro a junho acompanhou a tendência da precipitação, possivelmente devido à força mecânica que esse evento exerce sobre a estrutura lenhosa da vegetação. Contudo, o padrão de galhos presentes na serrapilheira não correlacionou-se a sazonalidade da precipitação, embora à força

mecânica que esse evento exerce sobre a estrutura lenhosa da vegetação seja importante. Ainda, a fração de galhos na serrapilheira foi marcada pela heterogeneidade temporal e baixa correlação com variáveis hidrometeorológicas, como observado também por König et al. (2002) e Carmo Pinto et al. (2008).

4.3.2 Serrapilheira Acumulada sobre o Solo

A serrapilheira acumulada sobre o solo diminuiu de 2275 g m^{-2} em janeiro para 622 g m^{-2} em junho e aumentou gradativamente até agosto com 1408 g m^{-2} . O maior acúmulo de serrapilheira sobre o solo em agosto (Figura 7) ocorreu após o pico máximo de produção de serrapilheira em julho (Figura 5).

Valores similares de acúmulo de serrapilheira sobre o solo foram observados no final da estação seca, em setembro com 1103 g m^{-2} , e durante a estação de enchente nos meses de outubro e novembro, com 895 g m^{-2} e 1001 g m^{-2} , respectivamente.

As folhas e galhos foram às frações predominantes na serrapilheira acumulada sobre o solo e variaram entre 59 e 78 % e 13 a 40%, respectivamente. As estruturas reprodutivas representaram entre 0 a 7% da serrapilheira acumulada sobre o solo, com picos máximos em agosto e outubro logo após a primeira floração da vegetação em julho a segunda floração em setembro.

A floresta sazonalmente inundável apresentou valores significativamente maiores em relação a áreas de mesma latitude, como cerradão e cerrado *strictu sensu* com aproximadamente $10,2$ e $7,6 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$ de serrapilheira acumulada na estação seca (VOURLITIS et al., 2013). Fatores como a diversidade e riqueza de espécies explicaram aproximadamente 95% do padrão espacial da serrapilheira acumulada sobre o solo (VOURLITIS et al., 2013).

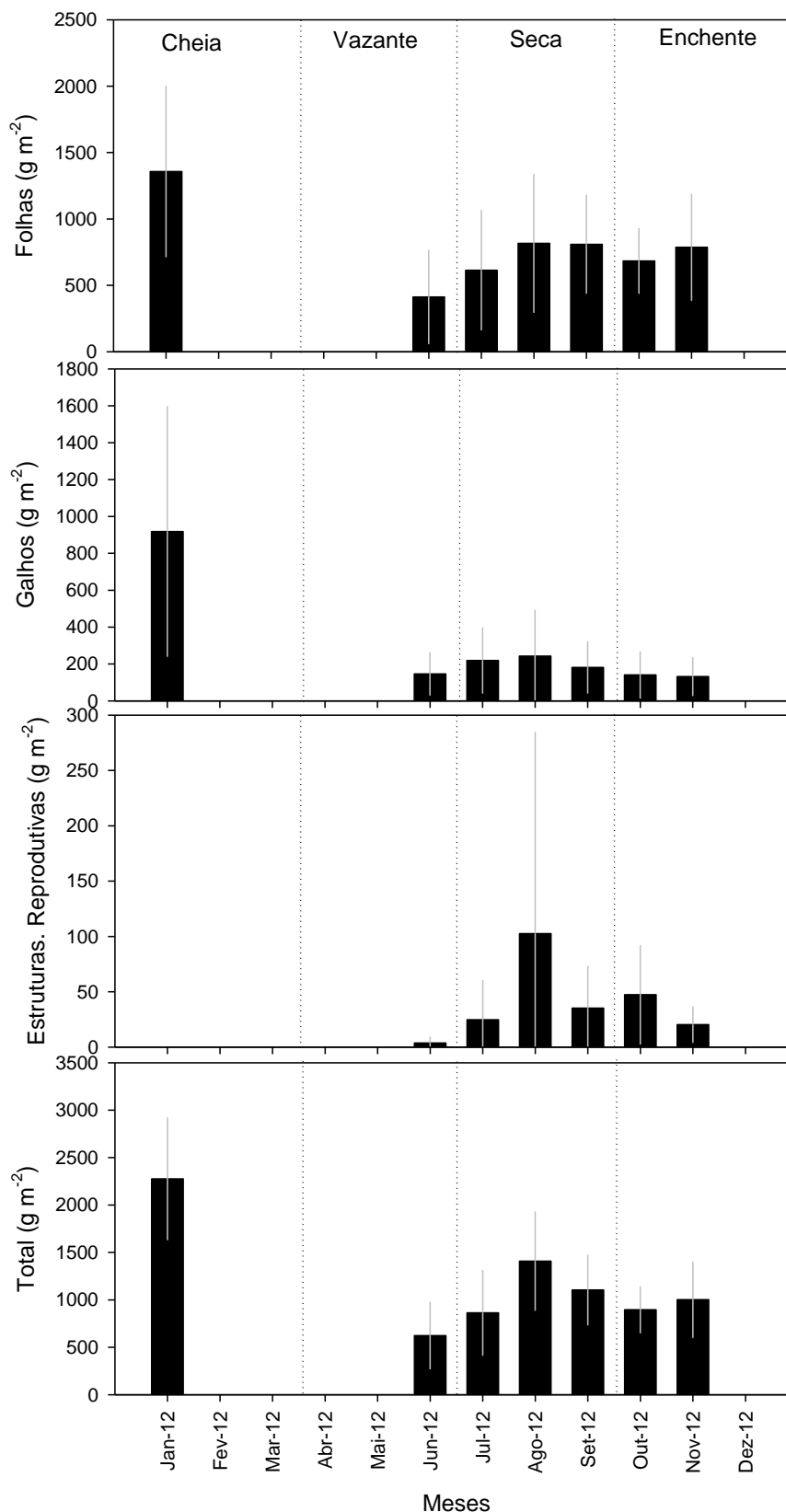


Figura 8. Média mensal (\pm DP) do acúmulo de folhas, galhos, estruturas reprodutivas (flores, frutos e sementes) e total de serrapilheira acumulada sobre o solo de janeiro a dezembro de 2012. Nos meses Fevereiro a Maio e em Dezembro não houveram medidas de acúmulo de serrapilheira pois o solo está submerso em água.

A quantidade de dados espaciais (20 pontos) coletados mensalmente suscitou a utilização de uma técnica para possibilitar a identificação do padrão espacial de serrapilheira acumulada sobre o solo e os fatores que influenciaram tal padrão. Desta forma, a técnica de análise multivariada denominada ordenação por meio do escalonamento multidimensional não métrico (Non-Metric Multidimensional Scaling - NMDS) construiu os eixos 1 e 2 que explicaram 84,0% da variação espacial da serrapilheira acumulada sobre o solo (fator de stress=0,155), em que o eixo 1 explicou a maior parte da variação espacial ($R^2=0,72$) e o eixo 2 ($R^2=0,18$) a variação residual. Na Figura – 8 está representada a similaridade entre os pontos de medida da serrapilheira acumulada sobre o solo.

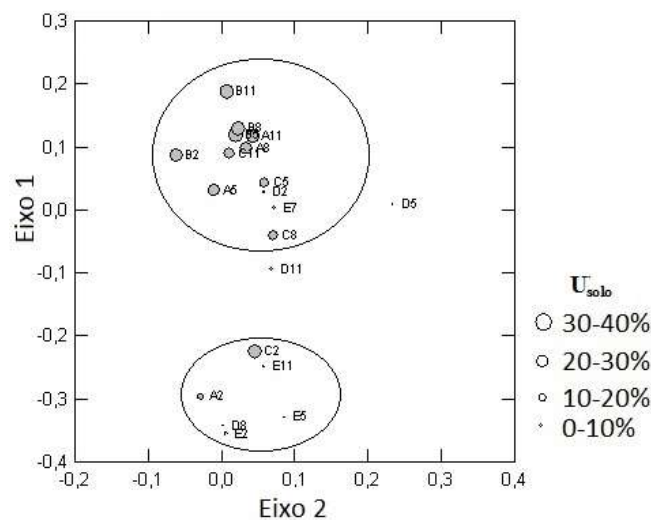


Figura 9. Resultado do escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) para os 20 pontos de acúmulo de serrapilheira sobre o solo. Letras iguais indicam pontos do mesmo transecto, e os números indicam cada ponto dentro do transecto. Os símbolos (círculo cinza) indicam a classe de umidade do solo vigente em cada ponto (U_{solo}).

A análise do eixo 1 permitiu a identificação de dois grupos distintos, com valores maiores e menores que 0 (zero). Com exceção dos pontos D5 e D11, que remetem a análise também do eixo 2, os grupos formados ao longo do eixo 1 que compreendem valores maiores e menores que zero que, representam o maior e menor acúmulo de serrapilheira sobre o solo, respectivamente.

O primeiro grupo com valores maiores que zero, compreendeu o maior número de pontos situados na região mais central da floresta e acumularam maior quantidade de serrapilheira sobre o solo em relação ao segundo grupo com valores

menores que zero que compreendeu os pontos situados em regiões periféricas da floresta.

O padrão espacial da serrapilheira acumulada sobre o solo não foi descrito adequadamente pela regressão linear múltipla gerada a partir da interação dos eixos gerados pelo NMDS e as variáveis hidrometeorológicas e parâmetros da vegetação que compreendem o índice de cobertura relativa de *V. divergens* e índice de diversidade de Shannon-Wiener. No entanto, na análise dos efeitos individuais de cada uma das variáveis hidrometeorológicas e parâmetros da vegetação sobre a serrapilheira acumulada sobre o solo, a umidade do solo foi identificada como a variável preditora do padrão espacial do acúmulo de serrapilheira sobre o solo.

Fatores como a precipitação, umidade do solo e do ar e regimes de temperatura (JOHANSSON, 1994) controlam os estágios iniciais de decomposição da serrapilheira. A literatura relaciona a decomposição da serrapilheira e as variáveis meteorológicas e, tendo em vista que a coleta da serrapilheira compreende principalmente o material nos estágios iniciais de decomposição, a relação espacial com a umidade do solo encontrada nesse estudo é corroborada com resultados reportados pela literatura (SANCHES et al., 2008; QIU et al., 2012).

4.3.3 Decomposição da Serrapilheira

A taxa de decomposição (k) das folhas variou de $0,2 \pm 0,03 \text{ mês}^{-1}$ na estação vazante a $0,05 \pm 0,03 \text{ mês}^{-1}$ na estação enchente, com valores intermediários na estação seca com média $0,19 \pm 0,09 \text{ mês}^{-1}$. As diferenças na taxa de decomposição (k) das folhas entre as estações foram significativas e a estação enchente foi significativamente menor em relação às estações vazante e seca.

O mesmo padrão sazonal foi observado para taxa de decomposição da serrapilheira total, com valores similares entre as estações vazante e seca, com médias $0,27 \pm 0,04$ e $0,20 \pm 0,08 \text{ mês}^{-1}$, que foram significativamente diferentes da estação enchente com média $0,09 \pm 0,06 \text{ mês}^{-1}$ (Figura 9).

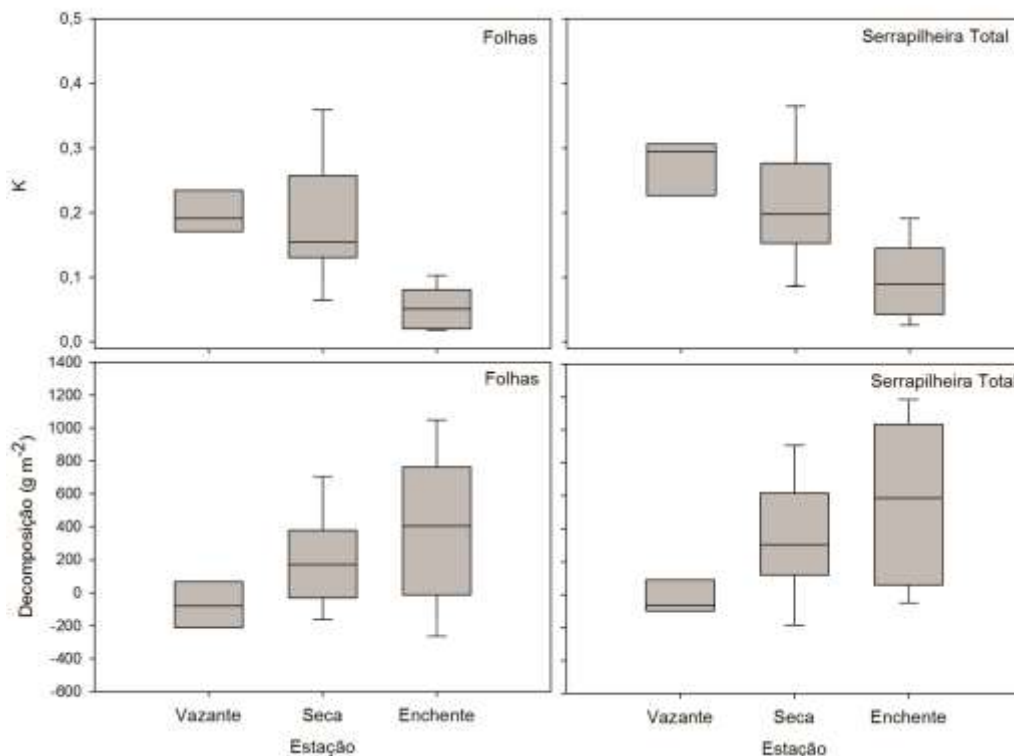


Figura 10. Box-plot da taxa de decomposição (k) e decomposição líquida das folhas e da serrapilheira total nas estações vazante, seca e enchente. Box-plot indica o mínimo, 1º quartil, mediana, 2º quartil e o valor máximo em cada estação.

A decomposição líquida das folhas apresentou sazonalidade com média significativamente menor na estação vazante, com média $-104 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$, em relação à estação enchente com média $379 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$, enquanto que a estação seca apresentou valores intermediários com média $219 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$.

Tendência similar foi observada no padrão sazonal da decomposição líquida da serrapilheira total, com a menor média $-17 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$ na estação vazante em relação à estação seca e enchente, com médias $344 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$ e $555 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$, respectivamente.

Valores similares de taxa de decomposição da serrapilheira total foram encontradas por Qiu et al. (2012) com médias entre $0,07$ e $0,10 \text{ mês}^{-1}$ em florestas sazonalmente inundadas e de $0,11$ para florestas de terra firme localizadas em zonas úmidas a oeste da Austrália. A floresta semidecidual ao norte de Mato Grosso apresentou valores anuais similares que variaram entre $0,03$ a $0,29 \text{ mês}^{-1}$ (SANCHES et al., 2008).

A decomposição de matéria orgânica em condições anaeróbicas é mais lenta do que em condições aeróbicas (KIRK, 2004), porque a energia livre é menor para as reações envolvidas (MCLATCHEY e REDDY, 1998; KIRK, 2004). A

decomposição da serrapilheira acumulada sobre o solo contribuiu em aproximadamente 34% da respiração do solo em florestas tropicais e 19% em florestas temperadas (LI et al., 2004; SULZMAN et al., 2005).

Em geral, a taxa de decomposição da serrapilheira total não foi superior a $0,2 \text{ mês}^{-1}$ em florestas tropicais, mesmo em latitudes diferentes, indicando a lenta decomposição da serrapilheira nesses ecossistemas. Fatores como a inundação (QIU et al., 2012) e a precipitação (SANCHES et al., 2008) estão negativamente relacionados a decomposição da serrapilheira.

As condições climáticas contribuíram para maiores taxas de decomposição da serrapilheira total (k) nas estações vazante e seca, contudo a decomposição líquida de serrapilheira foi menor nessas estações devido à produção significativamente maior em relação à estação enchente. Ou seja, a entrada de matéria no solo via serrapilheira foi superior à saída via decomposição nas estações vazante e seca.

A maior taxa de decomposição observada nas florestas sazonalmente inundáveis, durante a estação vazante, pode ser atribuída a fatores apontados por Brison (1981) que destacou o impacto das inundações em zonas úmidas sobre a decomposição e concluiu que os maiores valores ocorrem com condições aeróbias sob regime ótimo de umidade do solo. Burgess et al. (1995) e Hawke e José (1996) sugerem que a redução dos níveis de água aceleram a decomposição devido ao aumento da oxidação.

Na Tabela – 3 está representada a correlação de Spearman entre os parâmetros de decomposição e as variáveis hidrometeorológicas.

Tabela 3. Coeficientes da correlação de Spearman entre a taxa de decomposição e decomposição líquida das folhas e da serrapilheira total e variáveis hidrometeorológicas representadas pela precipitação (Ppt), velocidade do vento (u), temperatura do ar (T_{ar}), temperatura do solo (T_{solo}), umidade relativa do ar (UR), umidade do solo (U_{solo}) e altura da lâmina de água (I).

Serrapilheira	Ppt	u	T_{ar}	T_{solo}	UR	U_{solo}	I
k (folhas)	-0,9**	-0,2	-0,9**	-0,9**	-0,1	-0,1	0,5
k (serrapilheira total)	-0,7	-0,5	-0,9**	-0,7	0,3	0,1	0,8
Decomposição das folhas	0,1	0,5	0,5	0,1	-0,4	0,0	-0,7
Decomposição da ser. Total	0,5	0,5	0,8	0,4	-0,3	0,1	-0,8

**p-valor<0.01

A taxa de decomposição das folhas foi significativamente correlacionada ($p < 0,05$) à precipitação e a temperatura do solo e do ar. Relações triangulares (AERTS, 1997) como essa, com influências simultâneas de variáveis do clima, têm sido amplamente discutidas quanto aos efeitos sobre a decomposição. Nos estágios iniciais de acordo com JOHANSSON, 1994) as taxas de decomposição são controladas pelo clima e nos fases posteriores pela composição química da serrapilheira. A distribuição sazonal das chuvas desempenha um papel fundamental na taxa de respiração do solo, com maiores taxas no período de chuva. Tal processo deve-se a uma combinação de aumento da atividade microbiana associado ao crescimento da biomassa de raízes finas (PINTO et al., 2002).

4.4 PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA EM GRADIENTE POPULACIONAL DE *V. Divergens*

A população de *V. divergens* apresentou um gradiente bem definido ao longo dos transectos A, B, C, D e E. Enquanto que, a diversidade de espécies lenhosas apresentou gradiente inversamente relacionada ao índice de cobertura relativa de *V. divergens*.

A fração foliar da serrapilheira proveniente da comunidade de plantas apresentou valores significativamente superiores no transecto E durante a estação cheia e no transecto D na estação seca. Nesses transectos a diversidade de espécies lenhosas foi superior em relação aos transectos A, B e C (Tabela 4).

Na estação vazante, a fração foliar da serrapilheira proveniente da comunidade de plantas houve aumentou de 80 a 90% em relação à estação cheia. Na estação vazante e enchente não houve diferenças significativas entre os transectos.

A contribuição de folhas de *V. divergens* na serrapilheira apresentou variação significativa entre os transectos, exceto na estação cheia com médias menores que $10 \text{ g m}^{-2} \text{ mês}^{-1}$ ao longo dos transectos A, B, C, D e E.

A serrapilheira no transecto B durante a estação vazante teve contribuição de 33 a 87% maior de folhas de *V. divergens* em relação ao demais transectos e diferiu significativamente dos transectos C e D.

Na estação seca, os transectos com maior índice de cobertura relativa de *V. divergens* aumentaram aproximadamente 80% a contribuição de folhas dessa espécie em relação à estação vazante, enquanto que no transecto E com menor

índice de cobertura relativa e maior diversidade de espécies lenhosas apresentou decréscimo das folhas de *V. divergens* na estação seca. O padrão espacial da fração foliar total de serrapilheira correlacionou-se com o índice de cobertura relativa da espécie *V. divergens*, com coeficiente de correlação igual a 0,67 durante a seca.

Tabela 4. Média (\pm DP) estacional da fração foliar da serrapilheira das folhas da comunidade de plantas e folhas de *V. divergens* nos transectos. Média anual do índice de cobertura relativa (ICR) e índice de diversidade de Shannon-Wiener (H').

	Estação	Transecto					F _{valor}
		A	B	C	D	E	
Folhas da com. de plantas (g m ²)	Cheia	13 \pm 6	8 \pm 1	12 \pm 4	16 \pm 6	28 \pm 17	8,6***
	Vazante	136 \pm 195	74 \pm 73	97 \pm 125	136 \pm 200	157 \pm 234	0,4
	Seca	32 \pm 19	26 \pm 23	26 \pm 9	95 \pm 108	60 \pm 33	3,8*
	Enchente	21 \pm 14	21 \pm 18	21 \pm 11	23 \pm 14	52 \pm 84	1,4
Folhas de <i>V. divergens</i> (g m ²)	Cheia	5 \pm 4	5 \pm 4	5 \pm 4	2 \pm 1	3 \pm 7	0,9
	Vazante	41 \pm 61	138 \pm 159	20 \pm 18	17 \pm 13	46 \pm 13	3,0*
	Seca	246 \pm 241	197 \pm 199	83 \pm 59	93 \pm 99	40 \pm 106	3,6**
	Enchente	6 \pm 8	4 \pm 3	25 \pm 54	72 \pm 90	39 \pm 72	2,8**
ICR _{<i>V. divergens</i>}	Anual	66	49	48	17	13	
H'	Anual	1,24	1,35	1,54	1,73	1,84	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Na estação da vazante, com período acumulado de 4 a 6 meses de inundação, o padrão espacial da fração foliar total da serrapilheira correlacionou-se com o índice de cobertura relativa da comunidade de plantas, com coeficiente de correlação igual a 0,77 ($p=0,02$). Tais relações espaciais não foram observadas durante as estações cheia e vazante.

As relações espaciais entre folhas de *V. divergens* e folhas da comunidade de plantas com parâmetros da vegetação indicaram a influência da estação seca sobre *V. divergens*, e do tempo de inundação sobre a comunidade de plantas da floresta. O efeito das condições de seca sobre a vegetação e em decorrência disso o aumento da produção de serrapilheira, ocorre tanto em florestas com característica decídua e semidecídua, quanto perene em áreas baixas e ao longo dos cursos de água no Pantanal (RATTER et al., 1988; JUNK et al., 2006). A relação entre a distribuição de espécies, duração da estação seca e aeração do solo durante a inundação explicaram 49,9% da variabilidade espacial das espécies em

floresta inundável ao norte de Cambridge (STROH et al., 2013). O nível de complexidade de reações da biota às condições ambientais de uma área úmida, o número de espécies e a sua singularidade é um parâmetro importante para análises ambientais (JUNK et al., 2006).

A produção total de serrapilheira e a fração foliar de *V. divergens* de janeiro a março, período compreendido pela estação cheia, foi submetida à análise de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono. Durante o período de cheia a vegetação não apresenta limitação hídrica e a taxa de crescimento da vegetação da mesma área de estudo segundo Machado et al. (2013) foi maior. Magalhães e Blum (1999) observaram menores concentrações de nutrientes nas folhas durante períodos de crescimento vegetal em relação aos períodos com baixo ou estagnação do crescimento. Taiz e Zaiger (2006) destacaram as mudanças morfológicas e fisiológicas vegetais em função sazonalidade climática como, por exemplo, variações de tamanho e estrutura dos meristemas apicais da parte aérea da planta, que constituem as regiões de crescimento vegetal.

O teor do nitrogênio da serrapilheira total foi $11,07 \pm 1,9$ g kg⁻¹, fósforo $1,27 \pm 0,4$ g kg⁻¹, potássio $3,76 \pm 1,3$ g kg⁻¹ e carbono foi $508,1 \pm 9,5$ g kg⁻¹ na estação cheia e os teores dos elementos não diferiram significativamente entre os transectos conforme os resultados da ANOVA na Tabela - 5.

Tabela 5. Média (\pm DP) dos teores (g kg⁻¹) de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e carbono (C) na serrapilheira total e nas folhas de *V. divergens* nos transectos A, B, C, D e E. Resultados da ANOVA foram representados pelo valor F ($\alpha=0,05$).

		Transecto					F _{valor}
		A	B	C	D	E	
Serrapilheira Total	N	11,7 \pm 1,6	10,8 \pm 2,0	11,9 \pm 2,3	11,0 \pm 1,7	12,9 \pm 2	1,4
	P	1,2 \pm 1,6	1,2 \pm 0,3	1,1 \pm 0,4	1,4 \pm 0,5	1,2 \pm 0,4	1,6
	K	3,1 \pm 0,5	3,0 \pm 0,9	4,6 \pm 1,9	3,2 \pm 0,9	4,7 \pm 2,5	10,7
	C	508 \pm 9	509 \pm 5	514 \pm 6	504 \pm 12	502 \pm 13	8,3

As concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico estão situados nas faixas reportadas na literatura sobre florestas inundáveis de *V. divergens* no Pantanal nas quais Haase (1999) encontrou nitrogênio variando entre 13,3 e 20,2 g kg⁻¹, concentrações de fósforo de 1,23 a 2,08 g kg⁻¹, e potássio entre 3,64 a 8,51 g kg⁻¹. Em floresta Amazônica no Brasil (SCOTT et al., 1992) e

subtropical na Índia (ARUNACHALAM et al., 1998) encontram concentrações similares de nitrogênio de 12 e 12,8 g kg⁻¹, e menores de fósforo de 0,71 e 0,73 g kg⁻¹, respectivamente. Concentrações similares de nitrogênio e carbono orgânico, e maiores de fósforo na serrapilheira produzida durante a estação chuvosa foram reportadas por Silva et al. (2009) para folhas de quatro espécies presentes na serrapilheira durante a estação chuvosa, em uma floresta semidecídua ao norte de Mato Grosso, com médias 12 g kg⁻¹ para nitrogênio, 10 g kg⁻¹ de fósforo, 578 g kg⁻¹ de carbono.

O carbono foi o elemento com maior concentração na serrapilheira e os demais nutrientes foram na ordem crescente fósforo<potássio<nitrogênio. As concentrações iniciais de nitrogênio e fósforo na serrapilheira, bem como as razões carbono e nitrogênio e, carbono e fósforo frequentemente indicam a biodegradabilidade da serrapilheira (SWIFT et al., 1979).

A mineralização do fósforo provém da decomposição da serrapilheira e raízes mortas, e a taxa de retorno não coincide necessariamente com os períodos de maior demanda da vegetação (McGRATH et al., 2000). As flutuações temporais do fósforo disponível no solo, durante a estação úmida, estão associados aos fatores que controlam a decomposição da serrapilheira e a mineralização do fósforo, como por exemplo, a matéria orgânica do solo, temperatura, umidade do solo e qualidade do substrato bem como competição microbiana (STEWART e TIESSEN, 1987; LAJTHA e HARRISON, 1995).

Em floresta semidecidual ripária os menores valores de potássio ocorreram durante a estação chuvosa e os maiores durante a seca possivelmente pela deposição de fuligem de queimadas, ricas em potássio proveniente de extensas áreas de cultivo de cana-de-açúcar na região de estudo de Vital et al (2004).

A literatura destaca a relação entre a idade fisiológica da folha e os teores de macronutrientes, que são frequentemente maiores nas folhas mais novas (EVANS, 1979; COMERFORD, 1981; BELL e WARD, 1984).

A concentração de lignina e vários compostos secundários, influenciam significativamente as taxas de decomposição e mineralização da serrapilheira (PALM E SANCHEZ, 1990). Os elementos com maior mobilidade na planta apresentam uma retranslocação que pode funcionar como uma segunda fonte para o novo crescimento anual (FIFE e NAMBIAR, 1987), de modo a complementar ou até substituir a absorção do solo. Chapin III et al. (1980) observam que esta

retranslocação em ambientes naturais ocorre nas estações em que a absorção no solo é mais difícil.

4.5 EFLUXO DE CO₂ DO SOLO

A média anual do efluxo de CO₂ do solo na floresta sazonalmente inundável foi $1,12 \pm 0,65 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$. Houve sazonalidade (ANOVA, $F=14,6$; $p=0,05$) do efluxo de CO₂ do solo e os maiores valores coincidiram nas estações de transição vazante e enchente (Figura 10).

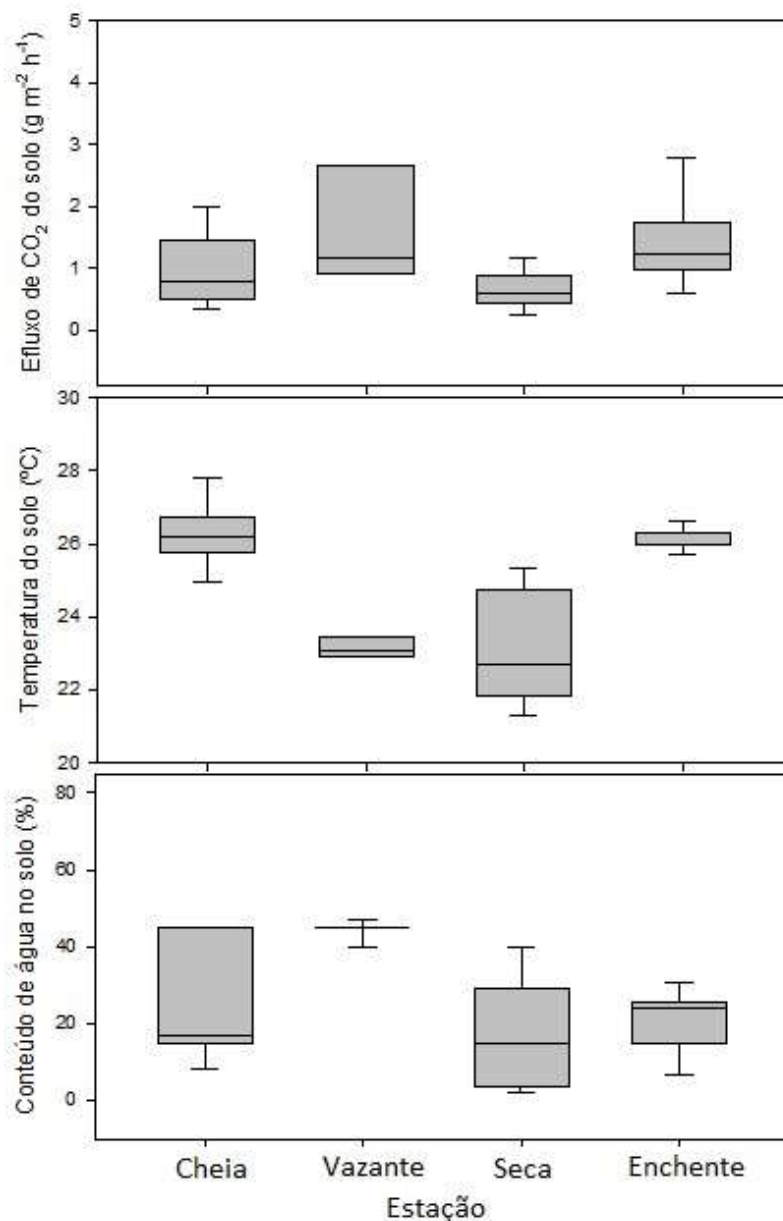


Figura 11. Box-Plot do efluxo de CO₂ do solo, temperatura do solo e umidade do solo nas estações cheia, vazante, seca e enchente.

A estação vazante apresentou coeficiente de variação superior às estações enchente, cheia e seca com coeficientes de variação 0,7 (vazante), 0,2 (cheia e

seca) e 0,09 (enchente), respectivamente. A variação espaço temporal do efluxo de CO₂ do solo foi amplamente descrita na literatura para diversos ecossistemas (SUBKE et al., 2003; SCOTT et al., 2004; VINCENT et al., 2006).

A temperatura do solo apresentou sazonalidade (ANOVA, F=74,7; p=0,002) com valores 11% superiores na estação cheia em relação à estação vazante, seca e enchente.

A sazonalidade do conteúdo de água no solo (ANOVA, F=10,3; p=0,03) foi definida por médias superiores a 30% nas estações cheia e vazante e menor que 20% nas estações seca e enchente. As faixas de umidade entre 20 e 30% ocorreram principalmente durante a estação enchente.

Segundo Buchmann (2000) a variabilidade sazonal do efluxo de CO₂ é mais explicada pela temperatura e umidade do solo, especialmente em ecossistemas de clima temperado. A umidade da serrapilheira (KEITH et al., 1997), as precipitações (SOTTA et al., 2004) e o período antes e depois da seca (BORKEN et al., 1999) são fatores que melhor explicam a variabilidade temporal do efluxo de CO₂ do solo.

4.5.1 Efeito da Temperatura do Solo e Umidade do Solo sobre o Efluxo de CO₂ do Solo

O efluxo de CO₂ do solo foi classificado para análise a partir das faixas de temperatura e umidade do solo vigentes. Em escala temporal a temperatura do solo e a umidade do solo são descritos pela literatura como os fatores abióticos com maior influência sobre o efluxo de CO₂ do solo em diversos ecossistemas (SMITH et al., 2003; RETH et al., 2005; SOE e BUCHMANN, 2005; BUTLER et al., 2012).

O efluxo de CO₂ do solo foi aproximadamente 50% maior quando a umidade do solo esteve na faixa entre 1%-19,9% em relação à classe de 20%-29,9% com médias 2,39 g CO₂ m⁻² h⁻¹ e 1,2 g CO₂ m⁻² h⁻¹, respectivamente. A classe com umidade do solo 1%-19,9% apresentou temperatura do solo 0,5 °C superior à classe 20%-29,9%. A diminuição do calor específico do solo, devido ao menor conteúdo de água, promoveu o aumento da temperatura do solo e ajudou compensar parte da limitação ocasionada pela baixa disponibilidade de água no solo. Resultados similares foram observados por Maier et al. (2011) que encontraram relação entre o efluxo de CO₂ do solo e potencial matricial do solo

($r^2=0,4$) em floresta com dominância de *Brachypodium pinnatum* no sudoeste da Alemanha.

Em condições de umidade do solo entre 1%-19,9% o efluxo de CO_2 do solo foi limitado predominantemente pela umidade solo ($r^2=0,59$) (Tabela 6). A umidade do solo entre 20-29,9% foi à faixa com elevado efluxo de CO_2 do solo. Abaixo dessa faixa o efluxo de CO_2 do solo foi limitado pela seca e acima disso o efluxo de CO_2 do solo foi limitado pela umidade excessiva do solo. Valores ótimos de umidade do solo variaram entre 25 e 40% em escala espacial em floresta decídua temperada inundável no nordeste da França (VINCENT et al., 2006).

Tabela 6. Análise de regressão linear entre efluxo de CO_2 do solo e as variáveis conteúdo de água no solo e temperatura do solo em condições de umidade do solo variando entre 1% e 19,9%, 20 e 29,9% e maior que 30%.

Umidade do Solo	Variável	Média±DP	Equação	R ²
1% - 19,9%	Temperatura do solo	25,16±1,08	Y = -26,258 + 1,136x	0,46
	Umidade do solo		Y = 4,612 - 0,178x	0,59
20% - 29,9%	Temperatura do solo	24,65±0,87	Y = -8,155 + 0,379x	0,56
	Umidade do solo		Y = 0,0970 + 0,0462x	0,05
≥ 30%	Temperatura do solo	24,55±1,25	Y = 20,650 - 0,746x	0,46
	Umidade do solo		Y = 1,697 + 0,0306x	0,198

Assim, a quantidade de água no solo pode tanto favorecer como inibir o efluxo de CO_2 do solo. A respiração microbiana do solo é limitada pela difusão de oxigênio necessário a respiração aeróbica pelos poros quando o solo encontra-se com umidade elevada e, por outro lado, na condição seca, o solo não permite a solubilidade de substratos de carbono orgânico fontes de energia para microbiota.

Nas faixas de umidade do solo entre 20%-29,9% e maior que 30% a temperatura do solo foi o fator limitante ao efluxo de CO_2 do solo. Em condições de saturação do solo o efluxo de CO_2 do solo provavelmente passou a ser suprimido. No solo saturado verifica-se a diminuição e/ou ausência de O_2 necessário ao processo de respiração no solo.

O efluxo de CO_2 do solo quando a umidade do solo foi superior a 30% foi similar aos valores de efluxo em condições de umidade do solo entre 1%-19%, com médias $2,61 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ($\geq 30\%$) e $2,39 \text{ g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (1%-20%). Isso indicou possivelmente que os controles exercidos por condições de seca e por

saturação do solo por água foram similares. Ou ainda pode ter havido aclimatação das atividades biológicas a condições hídricas do solo como observado por Smith (2005).

4.5.2 Variações espaciais no efluxo de CO₂ do solo e variáveis ambientais

Variações no efluxo de CO₂ do solo não explicadas totalmente em escala temporal podem ser parcialmente compreendidas pela heterogeneidade espacial do ambiente (Tabela 7). A respiração do solo é proveniente da respiração da biota e das raízes presentes na camada superficial do solo e na serrapilheira.

A relação entre o efluxo de CO₂ do solo e biomassa das raízes finas foi negativamente correlacionada ($r=-0,6$; $p=0,04$), e ambas variáveis não apresentaram variações significativas entre os transectos. Tanto a biomassa como o crescimento de raízes finas são fatores responsáveis pela manutenção e aumento do padrão espacial do efluxo (HANSON et al., 2000). A respiração das raízes finas ocupam faixas entre 5% e 50% (ANDERSON, 1992) do efluxo de CO₂ do solo, e similarmente a este estudo Coleman et al. (2000) também não encontraram variação espacial significativa entre a biomassa de raízes finas e o efluxo de CO₂ do solo. Valores superiores de biomassa de raízes finas em florestas temperadas inundáveis foram reportados por Vincent et al. (2006) e Hertel e Leuschner (2002), no entanto a variação espacial das raízes finas não explicou as variações no efluxo de CO₂ do solo.

O efluxo de CO₂ do solo foi superior nos transectos A, B e C submetidos a um menor período de inundação e maior dominância de *V. divergens*. Nesses transectos o acúmulo de serrapilheira sobre o solo e a decomposição líquida da serrapilheira foram superiores em relação aos transectos D e E. Isso se deve a menor vigência temporal das condições anaeróbias do solo por inundação. A menor altura da lâmina de água nos transectos A, B e C propiciou menor transporte de solo que encobriu grande parte da serrapilheira acumulada sobre o solo antes da inundação, fato que mereceu atenção após o período de inundação. Durante a coleta de serrapilheira sobre o solo no final da estação vazante foi observado o desaparecimento de toda a serrapilheira sobre o solo, no entanto, ao revolver o solo foi constatado que o transporte lateral de solo durante a estação cheia e vazante haviam apenas encoberto a serrapilheira.

Fatores potenciais influenciam a variabilidade do efluxo de CO₂ do solo por exemplo, a topografia (HANSON et al., 1993; RAYMANT e JARVIS, 2000), a densidade ou biomassa de raízes (FANG et al., 1998; JANSSENS et al., 1998;

STOYAN et al., 2000; RODEGHIRO e CESCATTI, 2006), a quantidade e qualidade de matéria orgânica do solo (SCOTT-DENTON et al., 2003; EPRON et al., 2004), biomassa microbiana (XU e QI, 2001) e características da vegetação (LAW et al., 2001).

O potássio exibiu um gradiente com valores crescentes no transecto A para o transecto E e coincidiu com gradientes da fração de argila no solo, lâmina de água sobre o solo e diversidade de espécies lenhosas dada pelo índice Shano-Winner (H'). A combinação das condições físicas do solo favoreceu o padrão espacial encontrado nesse estudo. Em outras palavras, segundo Brady e Weil (2013) as argilas do tipo 2:1, como vermiculita, a mica (ilita) e a esmectita fixam prontamente grandes quantidade de potássio, em adição a isso, as alternâncias de umedecimento e secagem do solo aumentam a fixação de potássio em formas não trocáveis e também a liberação do potássio previamente fixado na solução do solo.

O teor de fósforo no solo apresentou tendência espacial similar ao efluxo de CO_2 do solo da estação cheia. Nos solos de florestas tropicais de terra firme, o fósforo é o maior fator limitante para o crescimento, uma vez que, a maior parte do fósforo encontra-se fixada por hidróxidos de ferro, alumínio e manganês, fazendo com que o fósforo disponível esteja em concentrações muito pequenas (JORDAN, 1985). A matéria orgânica é uma das fontes mais importantes de fósforo disponível para as plantas (HERRERA et al., 1978) e uma outra forma de obtenção de fósforo, que pode ser substancial, mas ainda incerta, é pela deposição a partir da atmosfera (TALBOT et al., 1990; SWAP et al., 1992).

O pH do solo foi menor no transecto A coincidindo com a maior decomposição e serrapilheira acumulada sobre o solo. Para a maioria das plantas, um solo ligeiramente ácido com pH entre 6 e 7, permite que os micronutrientes catiônicos estejam solúveis o suficiente para satisfazerem as necessidades das plantas sem tornarem-se tóxicos (BRADY e WEIL, 2013). O pH entre 5,5 e 6 em todos os transectos na área de estudo em condições de inundação segundo Brady e Weil (2013) acentuam a disponibilidade do ferro e manganês.

A média da produção anual de serrapilheira acompanhou a tendência espacial da diversidade e foi inversamente relacionada à dominância de *V. divergens*. A decomposição líquida e o acúmulo de serrapilheira sobre o solo foi superior nos transectos A, B e C que possuem maior dominância de *V. divergens*.

Em escala temporal a temperatura e a umidade do solo foram os fatores dominantes no controle do efluxo de CO₂ do solo. Há indicações de que os padrões de distribuição das raízes e dos microrganismos na serrapilheira, nas camadas de húmus e no solo mineral sejam os maiores responsáveis pela variação espacial do efluxo de CO₂ do solo (SCHLESINGER, 1977; BARBOSA e FEARNSIDE, 1996).

Tabela 7. Resumo das características físicas, da vegetação, efluxo de CO₂ do solo e propriedades do solo em uma área de *V. divergens*.

	A	B	C	D	E
(A) Características Físicas					
Altura da lâmina de água (cm)	4,9±4,3	4,1±1,1	3,6±1,1	4,1±2,2	7,7±2,8
Número de meses com inundação	4	4	4	5	6
(B) Características da vegetação					
ICR de <i>V. divergens</i>	66	49	48	17	13
Índice de diversidade de Shannon-Wiener	1,24	1,35	1,54	1,73	1,84
Produção de serrapilheira (g m ⁻²)	133±115	128±102	74±41	140±98	172±129
Acumulo de serrapilheira sobre o solo (g m ⁻²)	1166±563	1455±863	953±846	872±707	574±389
Decomposição da serrapilheira (T ha)	4±3	4±5	2±5	3±4	2±3
(C) Efluxo de CO₂ do solo (g CO₂ m⁻² h⁻¹)					
Cheia	0,4±0,2	0,6±0,2	0,7±0,2	0,2±0,04	0,13±0,08
Vazante	1±0,05	0,8±0,05	-	-	-
Seca	0,3±0,08	0,3±0,2	0,3±0,4	0,1±0,5	0,3±0,6
Enchente	1,4±0,2	0,8±0,2	0,4±0,2	0,4±0,2	0,4±0,2
(D) Propriedades do solo (0-20 cm)					
P, g dm ⁻³	14,9±0,00	16,2±0,03	17,3±0,02	15,4±0,05	12,8±0,00
K, g dm ⁻³	97,04±31,5	111,0±33,4	123,5±1,3	130,4±1,4	149,9±2,4
M.O., g dm ⁻³	31,5±0,5	33,4±0,03	35,1±0,4	40,0±0,04	41,6±0,5
pH	5,5±0,1	5,7±0,07	5,7±0,08	5,8±0,01	5,7±0,08
Argila, g kg ⁻¹	396,9±1,99	422,2±10,6	442,1±19,2	443,5±21,2	528,5±31,1
Raízes (g dm ⁻³)	2,0±0,09	2,1±0,15	2,0±0,13	2,2±0,4	2,1±0,3

5. CONCLUSÕES

A produção de serrapilheira, o acúmulo de serrapilheira sobre o solo, a decomposição da serrapilheira e o efluxo de CO₂ do solo variaram sazonalmente e entre os transectos.

A contribuição das folhas de *V. divergens* na serrapilheira explicou a produção de serrapilheira na estação seca e, a fração foliar da serrapilheira nos transectos correlacionou-se com o índice de cobertura relativa da espécie *V. divergens* nessa estação.

A contribuição das folhas da comunidade de plantas da floresta explicou a produção de serrapilheira na estação vazante e, especialmente correlacionou-se ao índice de cobertura relativa da comunidade de plantas. Tais relações espaciais não foram observadas durante as estações cheia e vazante.

O acúmulo de serrapilheira sobre o solo foi superior nos pontos com maior umidade do solo situados na região central da floresta e menor nos pontos situados na periferia ou borda da floresta.

O aporte de nutrientes na estação cheia foi na ordem crescente de fósforo, potássio, nitrogênio e carbono. A concentração desses nutrientes na serrapilheira não variou entre os transectos e as faixas de concentração estão dentro dos intervalos reportados na literatura.

O efluxo de CO₂ do solo foi superior na faixa de umidade do solo entre 1-19,9% em que a temperatura do solo foi superior, condições com maior vigência nas estações vazante e enchente.

O padrão espacial do efluxo de CO₂ do solo foi significativamente correlacionado a biomassa de raízes finas.

Os maiores valores de efluxo de CO₂ do solo foram observados nos transectos com maior dominância de *V. divergens* e menores valores de lâmina de água sobre o solo e período de inundação.

6. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.

Recomenda-se trabalhos futuros que incluam a determinação da biomassa de raízes finas nas estações cheia, vazante, seca e enchente para relacionar as medidas estacionais do efluxo de CO₂ do solo.

Trabalhos que contemplem a determinação da composição química das folhas novas de *V. divergens*, situadas em diferentes posições da copa, simultaneamente as medidas de composição química da serrapilheira produzida periodicamente e acumulada sobre o solo, para analisar a alocação de nutrientes em diferentes compartimentos do ecossistema.

A determinação da altura da camada de mistura de solo e serrapilheira e sua relação com parâmetros de inundação, são características importantes que podem ser contemplados em estudos específicos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

7.1 BIBLIOGRAFIA CITADA

AERTS, R.; DECALUWE, H. Nutritional and plant-mediated controls on leaf litter decomposition of carex species. **Ecology**, v.78, p. 244-260, 1997.

ALVES, A.R.; SOUTO, J.B.; SOUTO, P. C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de caatinga na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, p. 194-203, 2006.

ALVES, I.; PEREIRA, L. S. Modelling surface resistance from climatic variables? **Agricultural Water Management**, v.42, p.371-385, 2000.

ANDERSON, J. M. Responses of soils to climate change. **Adv. Ecol. Res.**, v.22, p.163–210, 1992.

AQUINO, A. F. **Inundação na floresta com dominância de *Vochysia divergens***. Cuiabá, Mato Grosso, 05 de abril. 2013. Reunião do Grupo de Pesquisa em Ciências Ambientais.

ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L.; AMARAL, E. F.; GUERRA, A. Uso da Terra e propriedades físicas e químicas de Argissolo Amarelo distrófico na Amazônia Ocidental. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p.307-315, 2004.

ARIEIRA, J; NUNES DA CUNHA, C. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. **Acta Botanica Brasilica.**, v.20, p. 569-580, 2006.

ARUNACHALAM, A.; KUSUM, M. A.; PANDEY, H. N.; TRIPATHI, R. S. Fine litterfall and nutriente dynamis during forest regrowth in the humid subtropics of north-eastern India. **Forest Ecology and Management**, v.110, p. 209-219, 1998.

ASSINE, M. L. **Sedimentação na Bacia do Pantanal Matogrossense, Centro Oeste do Brasil**. 2003. 115 f. Tese de Livre-Docência - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 2003.

AUBINET, A.; CHERMANNE, B.; VANDENHAUTE, M.; LONGDOZ, B.; YERNAUX, M.; LAITAT, E. Long term carbon dioxide exchange above a mixed

forest in the Belgian Ardennes. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.108, p.293-315, 2001.

BARBOSA, R.I.; FEARNSIDE, P.M. Carbon and Nutrient Flows in an Amazonian Forest: Fine Litter Production and Composition at Apiaú, Roraima, Brazil. **Tropical Ecology**, v. 37, p.115-125, 1996.

BATTIROLA, L. D. **Estratificação vertical e distribuição temporal da comunidade de artrópodes terrestres em uma floresta monodominante, sazonalmente inundável, na região norte do Pantanal de Mato Grosso, Brasil.** 2007. 508 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

BATTIROLA, L. D.; MARQUES, M. I.; BRESCOVIT, A. D., NETO, G. H.; ANJOS, K. C. Comunidade edáfica de Araneae (Arthropoda, Arachnida) em uma floresta sazonalmente inundável na região Norte do Pantanal de Mato Grosso, Brasil. *Biota Neotropica*, v. 10, 2010.

BELL, D. T.; WARD, S. C. Foliar and twig micronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in selected species of Eucalyptus used in rehabilitation: sources of variation. **Plant and Soil**. v. 81, p.363-376, 1984.

BOCOCK, K. L.; GILBERT, O. J. W. The disappearance of litter under different woodland conditions. **Plant and Soil**, v.9, p.179-185, 1957.

BONSER, A. M.; LYCH, J. P.; SIEGLINDE, S. Effect of phosphorus deficiency on growth angle of basal roots in Phaseolus vulgaris. **New Phytologist**, v. 132, p. 281-288, 1996.

BORKEN, W.; XU, Y. J.; BRUMME, R.; LAMERSDORF, N. A climate change scenario for carbon dioxide and dissolved organic carbon fluxes from a temperate forest soil: Drought and Rewetting Effects. **Soil Science Society of America Journal**, v. 63, p. 1848-1855, 1999.

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

BRANDÃO, A. A. **Dinâmica temporal do efluxo de CO₂ do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense.** 2012. 60 f. Dissertação (mestrado) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

BRASIL. **Plano de Manejo do Parque Nacional do Pantanal Matogrossense. Brasília**, 2003. 505 p.

BRINSON, M. M.; LUGO, A. E.; BROWN, S. Primary productivity, decomposition and consumer activity in freshwater wetlands. **Annual Review Ecological**, v. 12, p. 123-161, 1981.

BRISON, M. M. Riverine forests. In: LUGO, A. E.; BRISON, M. M.; BROWN, S. Forested Wetlands. **Ecosystems of the World**, v.15. p. 87-141, 1990.

BRUN, E.J.; SCHUMACHER, M.V.; SPATHELF, P. Relação entre a produção de serrapilheira e variáveis meteorológicas em três fases sucessionais de uma floresta estacional decidual no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, p.277-285, 2001.

BUCHMANN, N. Biotic and abiotic factors controlling soil respiration rates in *Picea abies* stand. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 32, p. 1625-1635, 2000.

BUNNELL, F. L.; TAIT, D. E. N.; FLANAGAN, P. W. Microbial respiration and substrate weight loss – II. A model of the influences of chemical composition. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 9, p. 41–47, 1977.

BURGESS, N.; WARD, D.; HOBBS, R., AND BELLAMY, D. Reedbeds, fens and acid bogs. p. 149–196. In Sutherland, W. J.; Hill, D. A. **Managing Habitats for Conservation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.

BUTLER, A.; MEIR, P.; SAIZ, G.; IPES, L. M.; MARIM, B. S.; GRACE, J. Annual variation in soil respiration and its component parts in two structurally contrasting woody savannas in Central Brazil. **Plant and Soil**. v.352, p. 129-142, 2012.

CAPOZOLLI, U. Floresta ameniza o aquecimento da Terra. **Scientific American Brasil**. n. 6, p. 32-35, 2002.

CARMO PINTO, S. I.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. T. Produção de serrapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 32, p. 545-556, 2008.

CHAPIN III, F. S., JOHNSON, D. A., McKENDRICK, J. D. Seasonal movement of nutrients in plants of differing growth form in an Alaskan Tundra Ecosystem: Implications for herbivory. **Journal of Ecology**. v. 68, p.189-209, 1980.

CIANCIARUSO, M. V.; PIRES, J. S. R.; DELITTI, W. B. C.; SILVA, E. F. L. P. Produção de serrapilheira e decomposição de material foliar em um cerradão na Estação Ecológica de Jataí, município de Luíz Antônio, SP, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, v. 20, n.1, p.49-59, 2006.

COLEMAN, D. C.; BLAIR, J. M.; ELIOTT, E. T.; FRECKMAN D. W. Soil invertebrates. In: ROBERTSON G. P., BLEDSOE C. S., COLEMAN D. C., SOLLINS P. **Standard soil methods for long-term ecological research**. Oxford University Press, New York, p. 349-377, 1999.

COLEMAN, M. D.; DICKSON, R. E.; ISEBRANDS, J. G. Contrasting fine-root production, survival and soil CO₂ efflux in pine and poplar plantations. **Plant and Soil**, v. 225, p.129-139, 2000.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C.E.M. & CLARKE, R.T. Further evidence of changes in hydrological regime of the river Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology**, v.245, p. 218-238, 2001.

COMERFORD, N. B. Distributional gradients and variability of macroelement concentrations in the crowns of plantation grown *Pinus resinosa* (Ait). **Plant and Soil**, v. 63, p.345-353, 1981.

CONNER, W. H.; DAY, Jr. J. W. The ecology of forested wetlands in the southeastern United States. In: GOPAL, B.; TUNER, R. E.; WETZEL, R. G.; WHIGHAM, D. F. **Wetlands, Ecology and Management**. p. 69-87, 1982.

COSTA, J. P. V.; BASTOS, A. L.; REIS, L. S.; MARTINS, G. O.; SANTOS, A. F. Difusão de fósforo em solos de Alagoas influenciada por fontes do elemento e pela umidade. *Revista Caatinga*, v. 22, n. 3, p. 229-235, 2009.

COTTAM, G.; CURTIS, J. T. The use of distance measures in phytosociological sampling. **Ecology**, v.37, p.451-460, 1956. ISSN 00129658. URL <http://www.jstor.org/stable/1930167>.

COÛTEAUX, M. M.; BOTTNER, P.; BERG, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Trends in Ecology & Evolution**. v. 10, p. 63-66, 1995.

COUTO, E. G.; JACOMINE, P. K. T.; NUNES DA CUNHA, C.; VECCHIATO, A. B. Guia da execução técnica XIV RBMCSA. Cuiabá: Ed, UFMT. 2002. 68 p.

CROSSLEY, D. A. JR.; HUGLUND, M. P. A. Litterbag method for the study of microarthropods inhabiting leaf litter. **Ecology**, v.43, p. 571-753, 1962.

CUERVAS, E. Biology of the belowground system the tropical dry forests. In: **Seasonally dry tropical forests**. Ed. MOONEY, H. A.; BULLOCK, S H.; MEDINA, E. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 362-383.

DALMAGRO, H.J.; LOBO, F.A.; VOURLITIS, G.; DALMOLIN, A.C.; ANTUNES JUNIOR, M.Z.A.; ORTÍZ, C.E.R.; NOGUEIRA, J.S. Photosynthetic parameters of two invasive tree species of the Brazilian Pantanal in response to seasonal flooding. **Photosynthetica**, v. 51, n.2, p. 281-294, 2013.

DALMOLIN, A.C.; DALMAGRO, H.J.; LOBO, F.A.; ANTUNES JUNIOR, M.Z.A.; ORTÍZ, C.E.R.; VOURLITIS, G. Photosynthetic light and carbon dioxide response of the invasive tree, *Vochysia divergens* Pohl, to experimental flooding and shading. **Photosynthetica** v.51, p.379-386, 2013.

DAMASCENO-JUNIOR, G. A.; SEMIR, J.; SANTOS, F. A. M.; LEITÃO FILHO, H. F. Structure, distribution of species and inundation in a riparian forest of Rio Paraguai, Pantanal, Brazil. **Flora**, v.200, p. 119-135, 2005.

DEVI, K. S.; SINGH, T. B. Leaf litter decomposition, abiotic factors and population of Microarthropods in a Subtropical Forest Ecosystem, Manipur, North East India. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v.35, p. 365-368, 2009.

DIXON, R. K.; BROWN, R. A.; HOUGHTON, A. M., SOLOMON, M. C., TREXLER, M. C.; WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global ecosystems. **Science**, v.263, p.185-190, 1994.

EPRON, D.; NOUVELLON, Y.; ROUPSARD, O.; MOUVONDY, W. MABIALA, A.; SAINT-ANDRÉ, L.; JOFFRE, R.; JOURDAN, C.; BONNEFOND, J. M.; BERBIGIER, P.; HAMEL, O. Spatial and temporal variations of soil respiration in a *Eucalyptus* plantation in Congo. **Forest Ecology Management**, v. 202, p. 149-160, 2004.

ERWIN, K. L. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. **Wetlands Ecology Management**, v.17, p. 71-84, 2009.

EVANS, J. The effects of leaf position and leaf age in foliar analysis of *Gmelina arborea*. **Plant and Soil**. v. 52, p.547-552, 1979.

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. An open-top chamber for measuring soil respiration and the influence of pressure difference on CO₂ efflux measurement. **Functional Ecology**, v. 12, p. 319-325. 1998.

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. **Soil Biology & Biochemistry**, v.33, p. 155-165, 2001.

FANTIN-CRUZ, I.; PEDROLLO, O.; CASTRO, N. M. R.; GIRARD, P.; ZEILHOFER, P.; HAMILTON, S. K. Historical reconstruction of floodplain inundation in the Pantanal (Brazil) using neural networks. **Journal of Hydrology**, v.399, p. 376-384, 2011.

FASSBENDER, H. W. Ciclos da matéria orgânica e dos nutrientes em ecossistemas florestais dos trópicos. In: Reunião brasileira de fertilidade do solo: reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos, 16., 1985, Ilhéus. **Anais**. Ilhéus: CEPLAC, 1985.

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição da serrapilheira em área de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). E andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mario Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v.16, n.2, p.163-175, 2006.

FIFE, D. N.; NAMBIAR, E. K. S. Accumulation and retranslocation of Mineral Nutrients in Developing Needles in Relation to Seasonal Growth of Young Radiata Pine Trees. **Annals of Botany**. v. 50, p.817-829, 1987.

FIFE, D. N.; NAMBIAR, E. K. S. Accumulation and retranslocation of Mineral Nutrients in Developing Needles in Relation to Seasonal Growth of Young Radiata Pine Trees. **Annals of Botany**. n.50, p.817-829, 1987.

FIGUEIREDO FILHO, A.; FERREIRA, G. M.; BUDANT, L. S.; FIGUEIREDO, D. J. Avaliação estacional da deposição da serrapilheira em uma Floresta

Ombrófila Mista localizada no sul do Estado do Paraná. **Ciência Florestal**, v.13, p.11-18, 2003.

GINGERICH, R. T.; ANDERSON, J. T. Decomposition Trends of Five Plant Litter Types in Miti gated and Reference Wetlands in West Virginia, USA. **Wetlands**, v.31, p. 653-662, 2011.

GOLDSTEIN, G.; RADA, F.; RUNDEL, P.; AZÓCAR, A.; OROZCO, A. Gas exchange and water relations of evergreen and deciduous tropical savanna trees. **Ann. Sci. For.**, v.46, p. 448-453, 1989.

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. 2011. Princípios de estatística em ecologia. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528 p.

HAASE, R. Litterfall and nutrient return in seasonally flooded and non-flooded forest of the Pantanal, Mato Grosso, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.117, p. 129-147, 1999.

HANSON, P. J.; EDWARDS, N. T.; GARTEN, C. T.; ANDREWS, J. A. Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: a review of methods and observations. **Biogeochemistry**, v.48, p. 115–146, 2000.

HANSON, P. J.; WULLSCHLEGER, S. D.; BOHLMAN, S. A.; TODD, D. E. Seasonal and topographic patterns of forest floor CO₂ efflux from an upland oak forest. **Tree Physiology**, v. 13, p. 1-15, 1993.

HARRIS, M. B.; TOMAS, W.; MOURÃO, G.; DA SILVA, C.; GUIMARÃES, E.; SONODA, F.; FACHIM, E. Safeguarding the Pantanal wetlands: threats and conservation initiatives. **Conservation Biology**, v.19, p. 714-720, 2005.

HART, T.B. Monospecific dominance in Tropical Rain Forests. **Tree**, v.5, p. 6-11, 1990.

HAWKE, C. J.; JOSÉ, P. V. **Reedbed Management for Commercial and Wildlife Interests**. Sandy: RSPB, U.K., 1996.

HEAL O. W.; ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: Ed., CADISCH, G.; GILLER, K. E. **Driven by Nature – Plant Litter Quality and Decomposition**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 3-30.

HERRERA, R.; JORDAN, C.F.; KLINGE, H.; MEDINA, E. Amazon Ecosystems. Their Structure and Function with Particular Emphasis on Nutrients. **Interciencia**, v.3, p.223-232, 1978.

HERTEL, D.; LEUSCHENER, C. A comparison of four different fine root production estimates with ecosystem carbon balance data in a *Fagus quercus* mixed forest, **Plant & Soil**, v. 239, p. 237-251, 2002.

HINSINGER, P. Biology availability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. **Plant and Soil**, v. 237, p.173-195, 2001.

HOFMANN, G. S.; HASENACK, J. L. P. C.; Oliveira, L. F. B. **O clima na Reserva Particular de Patrimônio Natural Sesc Pantanal**. Rio de Janeiro: SESC, Departamento Nacional, 84 p., 2010.

HOLTHAUSEN, R.S., CALDWELL, M. M., Seasonal dynamics of root system respiration in *Atriplex confertifolia*. **Plant and Soil**, v.55, p. 307-317, 1980.

IPCC. **Climate change 2001: the scientific basis**. Cambridge University Press, Cambridge, 881 p., 2001.

JANSENS, I. A.; BARIGAH, S.; CEULEMANS, R. Soil CO₂ efflux rates in diferente vegetation types in French Guiana. *Annual Forest Science*, v. 55, p. 1-10, 1998.

JANSSENS, I.A.; LANKREIJER, H.; MATTEUCCI, G. et al. Productivity overshadows temperature in determining soil and ecosystem respiration across European forests. **Global Change Biology**, v.7, p.269-278, 2001.

JENKINSON, D. S. The turnover of organic carbon and nitrogen in soil. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series**, v.329, p.361-368, 1990.

JENNY, H.; GESSEL, S. P.; BINGHAM, F. T. Comparative study of decomposition of organic matter in temperate and tropical regions. **Soil Science**, v.68, p. 419-432, 1949.

Johansson, M.-B., 1994. Decomposition rates of Scots pine needle litter related to site properties, litter quality, and climate. **Can. J. For. Res.** 24, 1771–1781.

JORDAN, C. F. **Nutrient Cycling in Tropical Forest Ecosystems**. New York: John Wiley & Sons, p. 77-80, 1985.

JUNK, J. W.; CUNHA, C. N.; WANTZEN, K. M.; PETRRMANN, P.; Strüssmann, C.; Marques, M. I.; Adis, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, v.68, p.278-309, 2006b.

JUNK, W. J. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian Floodplains. In: W. J. Junk (ed.) **The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system**. Berlin: Springer, 1997. 525 p.

JUNK, W. J.; BROWN, M.; CAMPBELL, I. C.; FINLAYSON, M.; GOPAL, B.; RAMBERG, L. & WARNER, B. G. The comparative biodiversity of seven globally important wetlands: A synthesis. **Aquatic Sciences**, v.68, p. 400-414, 2006a.

JUNK, W. J.; da SILVA, C. J.; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K. M. (eds). **The Pantanal: Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland**. Moscow: Pensoft Publishers, p. 301-326, 2009.

JUNK, W. J.; NUNES DA CUNHA, C. Pasture clearing from invasive woody plants in the Pantanal: a tool for sustainable management or environmental destruction? **Wetlands Ecology and Management**, v.20, p. 11-122, 2012.

JURASINSKI, G.; JORDAN, A.; GLATZEL, S. Mapping soil CO₂ efflux in an old-growth forest using regression kriging with estimated fine root biomass as ancillary data. **Forest Ecology and Management**, v.263, p. 101-113, 2012.

KARBERG, N. J.; SCOTT, N. A.; GIARDINA, C. P. Methods for Estimating Litter Decomposition. In: Hoover, C. M. **Field Measurements for Forest Carbon Monitoring**. Durham: USDA Forest Service, 2008, 256 p.

KEITH, H.; JACOBSEN, K. L.; RAISON, R. J. Effects of soil phosphorus availability, temperature and moisture on soil respiration in *Eucalyptus pauciflora* forest. **Plant & Soil**, v. 190, p. 127-141.

KELLINGER, F. M.; LEUNING, R.; RAUPACH, M. R.; SCHULZE, E. D. Maximum conductances for evaporation from global vegetation types. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.73, p.1-16, 1995.

KIRITA, H.; HOZUMI, K. Loss of weight of leaf litter caught in litter trays during the period between successive collections-a proposed correction for litter fall data to account for the loss. **Japanese Journal of Ecology**, v. 59, p. 243-246, 1969.

KIRITA, H.; K. HOZUMI. Loss of weight of leaf litter caught in litter trays during the period between successive collections-a proposed correction for litter fall data to account for the loss. **Japanese Journal of Ecology**, v.59, p.243- 246, 1969.

KÖNIG, F. G.; SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; SCLING, I. Avaliação da sazonalidade da produção de serapilheira numa floresta estacional decidual no município de Santa Maria, RS. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.429-435, 2002.

KUSAR, T. A. Evaluation of soil respiration and soil CO₂ concentration in a lowland moist forest in Panama. **Plant and Soil**, v. 113, p. 21-29, 1989.

LI, Y.; XU, M.; SUN, O. J.; CUI, W. Effects of root and litter exclusion on soil CO₂ efflux and microbial biomass in wet tropical forests. **Soil Biol. Biochem.**, v.36, p.2111-2114, 2004. doi:10.1016/j.soilbio.2004.06.003

LLOYD, J.; TAYLOR, J. A. On the temperature dependence of soil respiration. **Functional Ecology**, v.8, p. 315-323, 1994.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Platarum, 2009.

MACHADO, N. G. **Efeitos da inundação sobre o solo e vegetação com dominância de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae) no Pantanal Mato-Grossense**. 61f. Tese (Doutorado em Física Ambiental) – Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2013.

MAGALHÃES, L. M. S.; BLUM, W. E. B. Concentração e distribuição de nutrientes nas folhas de espécies florestais, na Amazônia Ocidental. **Floresta e Ambiente**. v. 6, p. 127-137, 1999.

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

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas: macro e micronutrientes**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. p. 114-130.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. San Diego: Academic Press, 2002. 889p.

MEDINA, E.; FRANCISCO, M. Photosynthesis and water relations of savanna tree species differing in leaf phenology. **Tree Physiol.**, v.14, p.1367-1381, 1994.

MENEZES, C. E. G.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E. F.; ANJOS, L. H. C.; PAULA, R. R.; SOUZA, M. E. Aporte e decomposição de serrapilheira e produção de biomassa radicular em floresta com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, Rio de Janeiro. **Ciência Florestal**, v.20, n. 3, p. 439-452, 2010.

MESQUITA, F. L. L.; FILHO, E. P. M.; KARAM, H. A.; ALVALÁ, R. C. S. Balanço de radiação no Pantanal Sul Mato-grossense durante a estação seca. **Revista de Meteorologia**, v.28, p. 65-74, 2013.

MIDDLETON B. A.; WILLIAMS, R. L.; MASON, D. H.; DAVIS, C. B.; Litter decomposition in an indian monsoonal wetland overgrown with *Paspalum distichum*. **Wetlands**, v. 12, p. 37-44, 1992.

MITCHELL, K. 2007. Quantitative Analysis by the Point-Centered Quarter Method. Disponível em: people.hws.edu/mitchell/PCQM.pdf. Acesso em: 10 de outubro de 2013.

MOYANO, F. E.; KUTSCH, W. L.; REBMANN, C., 2008. Soil respiration fluxes in relation to photosynthetic activity in broad-leaf and needle-leaf forest stands. **Agricultural Forest Meteorology**, v.148, p. 135–143.

NASCIMENTO, M.T. & NUNES DA CUNHA, C. Estrutura e composição florística de um cambarazal no Pantanal de Poconé - MT. **Acta Botanica Brasilica**, v.3, p. 3-11, 1989.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J. Year-to-year changes in water level drive the invasion of *Vochysia divergens* in Pantanal grasslands. **Applied Vegetation Science**, v.7, p. 103-110, 2004.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W. J.; LEITÃO-FLHO, H. F. Woody vegetation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil: a preliminar typology. **Amazoniana**, v.19, p. 159-184, 2007.

NUNES da CUNHA, C.; JUNK, W.J. Distribution of wood plant communities along the flood gradient in the Pantanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental**, v. 27, p. 63-70, 2001.

OLSON, J. S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. **Ecology**, v. 44, p. 322-331, 1963.

PALIK, B.; DAROLD, P. B.; KERN, C. Upland Forest Linkages to Seasonal Wetlands: Litter flux, Processing, and Food Quality. **Ecosystems**, v.8, p. 1-11, 2005.

PALM, C. A.; SANCHEZ, P. A. Decomposition and nutrient release patterns of the leaves of three tropical legumes. **Biotropica**, v. 22, n. 4, p. 330-338, 1990.

PAROLIN, P.; OLIVEIRA, A. C.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F. & JUNK, W. J. Pioneer trees in Amazonian floodplains: three key species form monospecific stand in diferente habitats. **Folha Geobotânica**, v.37, v. 225-238, 2002.

PECK, J.E. **Multivariate analysis for community ecologists: step-by-step using PCORD**. Gleneden Beach: MjM Software, 2010.

PEREIRA, M.G.; MENEZES, L.F.T.; SCHULTZ, N. Aporte e deposição da serrapilheira na floresta atlântica, Ilha da Marabaia, Mangaratiba, RJ. **Ciência Florestal**, v.18, n.4, p.443-454, 2008.

PINTO, A. D.; BUSTAMANTE, M .M. C.; KISSELLE, K.; BURKE, R.; ZEPP, R., VIANA, L.T.; VARELLA, R. F.; MOLINA, M. Soil emissions of N₂O, NO, and CO₂ in Brazilian Savannas: Effects of vegetation type, seasonality, and prescribed fires. **Journal of Geophysical Research-Atmospheres**, v.107, p.57- 57, 2002.

POTT, A.; OLIVEIRA, A. K. M.; DASMCENO-JUNIOR, G. A.; SILVA, J. S. V. **Plant diversity of the Pantanal wetland**. Brazil Journal Biology, v.71, p. 265-273, 2011.

POTT, A.; POTT, V. J. **Plantas do Pantanal**. Embrapa – CPAP: Corumbá, 1994.

QIU, S.; MCCOMB, A. J.; BELL, R. W. Leaf Litter Decomposition and Nutrient Dynamics in Woodland and Wetland Conditions along a Forest to Wetland Hillslope. **International Scholarly Research Network ISRN Soil Science**. v.2012, p.1-8, 2012. doi:10.5402/2012/34685

RADAM, BRASIL. **Projeto RADAM BRASIL DNP/MME, Folha AS 22**. Rio de Janeiro, RJ, 1974, 478 pp.

RAICH, J. W.; POTTER, C. S. Global patterns of carbon dioxide emissions from soils. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 9, p. 23-36, 1995.

RAICH, J. W.; POTTER, C. S.; BHAGAWATI, D. Interannual variability in global soil respiration, 1980–94. **Global Change Biology**, v.8, p. 800-812, 2002.

RAICH, J. W.; SCHLESINGER, W. H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. **Tellus**, v.44, p. 81-99, 1992.

RASILO, T.; OJALA, A.; HUOTARI, J.; PUMPANEN, J. Rain Induced Changes in Carbon Dioxide Concentrations in the Soil–Lake–Brook Continuum of a Boreal Forested Catchment. **Vadose Zone Journal**, v. 11, p. 1-14. 2011. doi:10.2136/vzj2011.0039

RAYMANT, M. B.; JARVIS, P. G. Temporal and spatial variation of soil CO₂ efflux in a Canadian boreal forest. **Soil Biology Biochemistry**. V. 32, p. 35-45, 2000.

REDMANN, R. E.; ABOUGUENDIA, Z. M. Partitioning of Respiration from Soil, Litter and Plants in a Mixed-Grassland Ecosystem. **Oecologia**. v.36, 69-79, 1978.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004.

REICHSTEIN, M.; BEDNORZ, F.; BROLL, G.; KATTERER, T. Temperature dependence of carbon mineralization: conclusions from a long-term incubation of subalpine soil samples. **Soil Biology & Biochemistry**, v.32, p. 947–958, 2000.

REICHSTEIN, M.; REY, A.; FREIBAUER, A. et al. Modelling temporal and large-scale spatial variability of soil respiration from soil water availability,

temperature and vegetation productivity indices. **Global Biogeochemical Cycles**, v.17 , p.11-15, 2003. doi: 10.1029/2003GB002035.

REICHSTEIN, M.; SUBKE, J.; ANGELI, A. C.; TENHUNEN, J. D. Does the temperature sensitivity of decomposition of soil organic matter depend upon water content, soil horizon, or incubation time? **Global Change Biology**, v.11, p. 1754–1767, 2005. doi: 10.1111/j.1365-2486.2005.01010.x

RETH, S.; REICHSTEIN, M.; FALGE, E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO₂ efflux – A modified model. **Plant and Soil**, v.268, p. 21-33, 2005.

ROCHA, A. T.; DUDA, G. P.; NASCIMENTO, C. W. A.; RIBEIRO, M. R. Fracionamento de fósforo e avaliação de extratores de P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, p. 178-184, 2005.

ROCHETTE, P.; DESJARDINS, R. L.; PATTEY, E. Spatial and temporal variability of soil respiration in agricultural fields. **Canadian Journal of Soil Science**, v.71, p.189-196, 1991.

RODEGHIRO, M.; CESCATTI, A. Indirect partitioning of soil respiration in a series of evergreen forest ecosystems. **Plant Soil**, v. 284, p. 7-22, 2006.

SANCHES, L.; ALVES, M. C.; CAMPELO JUNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante cambarazal no Pantanal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 448-454, 2010.

SANCHES, L.; ALVES, M. C.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. S.; DALMAGRO, H. J. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante cambarazal no Pantanal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, p. 448-458, 2010.

SANCHES, L.; ALVES, M. C.; CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NOGUEIRA, J. S., DALMAGRO, H. J. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante cambarazal no Pantanal. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.4, p. 448 - 454, 2010.

SANCHES, L.; SILVA, L.; LIMA, S. D.; PEREIRA, O. A.; SOBRINHO, F. J. C.; NOGUEIRA, J. S. Estoque de energia na biomassa e no ar do dossel em floresta de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Matogrossense. **Agriambi**, 2013. (no prelo).

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; BIUDES, M. S.; NOGUEIRA, J. S. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p.183-189, 2009.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; JUNIOR, O. B. P.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **J. Geophys. Res.**, v.11 3, 2008. G04007, doi:10.1029/2007JG000593.

SANCHES, L.; VALENTINI, C. M. A.; JUNIOR, O. B. P.; NOGUEIRA, J. S.; VOURLITIS, G. L.; BIUDES, M. S.; SILVA, C. J.; BAMBI, P.; LOBO, F. A. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v.11, p. 1-9, 2008, doi:10.1029/2007JG000593.

SCHLESINGER, W. H. **Biogeochemistry: an analysis of global change**. San Diego: Academic Press, CA, 565 p., 1997.

SCHLESINGER, W.H. Carbon Balance in Terrestrial Detritus. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 8, p. 51-81, 1977.

SCHUMACHER, M. V. et al. Produção de serrapilheira em uma floresta de *Araucaria angustifolia* Kuntze no município de Pinhal Grande -RS. **Revista Árvore**, v.28, p.29-37, 2004.

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.

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.

SCOTT, D. A.; PROCTOR, J.; THOMPSON, J. A semi-evergreen forest on Maracá Island II: Litter and nutrient cycling. In: Hemming J. *The Rainforest Edge: Plant and Soil Ecology of Maracá Island, Brazil*. p.30-45, 1992.

SCOTT, R. L.; EDWARDS, E. A.; SHUTTLEWORTH, W. J.; HUXMAN, T. E.; WATTS, C.; GOODRICH, D. C. Interannual and seasonal variation in fluxes of water and carbon dioxide from a riparian woodland ecosystem. **Agricultural & Forest Meteorology**, v. 122, p. 65-84, 2004.

SCOTT-DENTON, L. E.; SPARKS, K. L.; MONSON, R. K. Spatial and temporal controls of soil respiration rate in a high-elevation, subalpine forest. **Soil Biology Biochemistry**, v. 35, p. 525-534, 2003.

SHURE, D. J.; GOTTSCHALK, M. R. Litterfall patterns within a floodplain forest. **The American Midland Naturalist**, v.114, p. 98-111, 1985.

SILVA, C. J.; LOBO, F. 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**, v. 39, p. 591-600, 2009.

SILVA, C. J.; SANCHES, L.; BLEICH, M. E.; LOBO, F. A.; NOGUEIRA, J. S. Produção de serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazônia-Cerrado do Centro-Oeste Brasileiro. **Acta Amazônica**, v.37, n.4, p.543-548, 2007.

SILVA, M.P.; MAURO, R.; MOURÃO, G.E. & COUTINHO, M. Distribuição e quantificação de classes de vegetação do Pantanal através de levantamento aéreo. **Revista Brasileira de Botânica**, v.23, p. 143-152, 2000.

SMITH, K.; BALL, T.; CONEM, F.; DOBBIE, K.; MASSHEDER, J.; REY, A. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processo. **Eur. Journal Soil Science**, v. 54, p. 779-791, 2003.

SMITH, V. R. Moisture carbono and inorganic nutriente controls of soil respiration at a sub-Antartic island. **Soil Science Society of America Journal**, v. 37, p. 81-91, 2005.

SOE, A. R. B.; BUCHMANN, N. Spatial and temporal variations in soil respiration in relation to stand structure and soil parameters in an unmanaged beech forest. **Tree Physiology**, v. 25, p. 1427-1437, 2005.

SOTTA, E. D.; MEIR, P. ; MALHI, Y.; NOBRE, A. D.; HODNETT, M.; GRACE, J. Soil CO₂ efflux in a tropical forest in the central Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, p. 601-607, 2004.

STOYAN, H.; DE-POLLI, H.; BOHM, S.; ROBERTSON, G. P.; PAUL, E. A. Spatial heterogeneity of soil respiration and related properties at the plant scale. **Plant Soil**, v. 222, p. 203-214, 2000.

STROH, P. A.; Mountford, J. O.; Araya, Y. N.; Hughes, F. M. R. Quantifying Soil Hydrology to Explain the Development of Vegetation at an Ex-Arable Wetland Restoration Site. **Wetlands**, v. 33, p. 311-320, 2013.

SUBKE, J. A.; REICHSTEIN, M.; TENHUNEM, J. D. Explaining temporal variation in soil CO₂ efflux in a mature spruce forest in Southern Germany. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, p. 1467-1483, 2003.

SUBKE, J.A., INGLIMA, I., COTRUFO, M.F., 2006. Trends and methodological impacts in soil CO₂ efflux partitioning: a meta analytical review. **Global Change Biology**, v.12, p. 921–943.

SULZMAN, E. W.; BRANT, J. B.; BOWDEN, R. D.; LAJTHA, K. Contribution of aboveground litter, belowground litter, and rhizosphere respiration to total soil CO₂ efflux in an old growth coniferous forest. **Biogeochemistry**, v.73, p.231-256, 2005. doi:10.1007/s10533-004-7314-6.

SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial systems**. Berkeley, California: University of California Press, 1979.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 719p.

TALBOT, R.W.; ANDREAE, M.O.; BERRESHEIM, H.; ARTAXO, P.; GARSTANG, M.; HARRIS, R.C.; BEECHER, K.M.; LI, S.M. 1990. Aerosol Chemistry During the Wet Season in Central Amazonia: the Influence of Long-range Transport. **Journal Geophysical Research – Atmospheres**, v. 95, p.16955- 16969.

TISDALE, S. L. et al. **Soil fertility and fertilizers**. New York: Macmillan, 1993. 634 p.

TREPLIN, M.; PENNINGS, S. C.; ZIMMER, M. Decomposition of Leaf Litter in a U.S. Saltmarsh is Driven by Dominant Species, Not Species Complementarity. **Wetlands**, v.33, p. 83-89, 2013.

UNECE (UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE-CONVENTION ON LONG-RANGE TRANSBOUNDARY AIR POLLUTION). **Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests: sampling and analysis of Litterfall**. Europa, 2004. 12 p.

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**, v. 113, P. 1-11, 2008, doi:10.1029/2007JG000619.

VAN DEN DRIESSCHE, R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis. **The Botanical Review**. v.40, p.347-394, 1974.

VINCENT, G.; SHAHRIARI, A. R.; LUCOT, E.; BADOT, P.; EPRON, D. Spatial and variations in soil respiration in a temperate deciduous forest with fluctuating water table. **Soil Biology & Biochemistry**. v. 38, p. 2527-2535, 2006.

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

VITOUSEK, P. Nutrient cycling and use efficiency. **Amer. Nat.**, v.119, p.553-572, 1982.

VOURLITIS, G.L.; LOBO, F.A.; BIUDES, M.S.; ORTÍZ, C.E.R.; NOGUEIRA, J.S. Spatial variations in soil chemistry and organic matter content across a *Vochysia divergens* invasion front in the Brazilian Pantanal. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.75, p.1553-1560, 2011.

VOURLITIS, G.L.; LOBO, F. A.; LAWRENCE, S.; LUCENA, I.; PINTO JR, O. B.; DALMAGRO, H. J.; ORTIZ, C. E.; NOGUEIRA, J. S. Variations in Stand Structure and Diversity along a Soil Fertility Gradient in a Brazilian Savanna (Cerrado) in Southern Mato Grosso. **Forest, Range & Wildland Soils**, p. 1-19, 2013.

WARING, R. H.; SCHLESINGER, W. H. **Forest ecosystems: concepts and management**. San Diego: Academic, 1985. 340 p.

WIEDER, R. K.; LANG, G. E. A critique of the analytical methods used in examining decomposition data obtained from litterbags. **Ecology**, v.1963, p. 1636-1642, 1982.

WIEDER, R. K.; WRIGHT, S. J. Tropical forest litter dynamics and dry season irrigation on Barro Colorado Island, Panama. **Ecology**, v. 76, p. 1971-1979, 1995.

WOLFGANG, J. J.; CUNHA, C. N. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, v. 24, p. 391–401, 2005.

XU, M.; QI, Y. Soil surface CO₂ efflux and its spatial and temporal variations in a young ponderosa pine plantation in northern California. **Global Change Biology**, v. 7, p. 667-677, 2001.

Xu, X. N., and E. Hirata (2002), Forest floor mass and litterfall in *Pinus luchuensis* plantations with and without broad-leaved trees, **Forest Ecology Management**, v.157, p.165 – 173. doi:10.1016/S0378-1127(00)00663-0.


ZIMMER, M.; PENNINGS, S. C.; BUCK, T. L.; CAREFOOT, T. H. Salt Marsh Litter and Detritivores: A Closer Look at Redundancy. **Estuaries**, v.27, p. 753–769, 2004.

7.2 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

PP Systems. EGM-4 Operator's Manual – version 4.18. Amesbury, 14 de janeiro de 2010. 54 p.

ANEXO

Anexo A – Metodologias de análise de tecido vegetal, utilizado pelo Laboratório Comercial Plante Certo para determinação das concentrações de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico.

 <p>Plante Certo Laboratório de Análises Agropecuárias</p>	<p style="text-align: center;">1-DETERMINAÇÕES ANALÍTICAS TECIDO VEGETAL</p>
---	---

1.1-Nitrogênio

O NH_4^+ produzido na digestão com H_2SO_4 é destilado em meio fortemente alcalino. O NH_4^+ condensado é coletado na solução de H_3BO_3 e titulado com a solução de HCl .

1.2-Fósforo

Após a oxidação do material vegetal pela digestão nítrico-perclórica, reage-se o ânion H_2PO_4^- com MoO_4^{2-} em meio ácido, formando um complexo de coloração amarela, que por sua vez, é medido colorimetricamente na região de 420 nm.

1.3-Potássio

Após a oxidação do material vegetal pela digestão nítrico-perclórica, o potássio é quantificado por fotômetro de chama.

1.4-Carbono orgânico total

O método baseia-se na oxidação do carbono por íons dicromato, em meio fortemente ácido, com posterior titulação de íons dicromato em excesso, com íons Fe^{2+} . (Método Walkley-Black).

Fonte

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.