

# Serrapilheira e Efluxo de CO<sub>2</sub> do Solo em Floresta Sazonalmente Alagável no Pantanal Brasileiro

## Litter and Soil CO<sub>2</sub> Efflux in a Seasonally Flooded Forest in the Brazilian Wetland

Ludymilla Barboza da Silva<sup>a</sup>; Jonathan Willian Zangeski Novais<sup>b</sup>; Luciana Sanches<sup>c</sup>; Nadja Gomes Machado<sup>d</sup>; Aryadne Marcia Aquino<sup>c</sup>; Fernando da Silva Sallo<sup>b\*</sup>

<sup>a</sup>Universidade do Estado de Mato Grosso. MT, Brasil.

<sup>b</sup>Universidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

<sup>c</sup>Universidade Federal de Mato Grosso. MT, Brasil.

<sup>d</sup>Instituto Federal de Mato Grosso. MT, Brasil.

\*E-mail: fdss88@gmail.com

---

### Resumo

Áreas naturais alagadas estão entre os ecossistemas com alta produtividade e são amplamente distribuídas no mundo. O Pantanal se constitui uma das maiores planícies inundáveis contínuas do mundo e cerca de 30% da sua área compreende florestas sazonalmente inundáveis. Nesse sentido, o presente trabalho visa contribuir para a compreensão de processos pouco estudados nas florestas inundáveis como a serrapilheira, e efluxo de CO<sub>2</sub> no solo, ambos influenciados pelas cheias pantaneiras. Tendo em vista a importância desses ecossistemas florestais, o objetivo geral deste trabalho foi analisar a dinâmica de serrapilheira e efluxo de CO<sub>2</sub> em uma floresta sazonalmente inundável no Pantanal Mato-Grossense. Foram monitorados 55 pontos em 5 transectos para medições de efluxo de CO<sub>2</sub>, IAF e umidade do solo, além de 20 coletores de 1m<sup>2</sup> para coletas de serrapilheira. A média de produção mensal de serrapilheira foi de 1005 g m<sup>-2</sup> para *litterpool* e 213 g m<sup>-2</sup> para *litterfall*. A média anual do efluxo foi de 1,11 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, ocorrendo em setembro o menor valor, mês mais seco, 0,691 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Houve sazonalidade característica para todas as variáveis analisadas, sendo a diminuição da umidade do solo fator determinante para a produção de serrapilheira e inibição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

**Palavras-chaves:** Litterpool. Litterfall. Dióxido de Carbono. Respiração do Solo. *Vochysia Divergens* Phol.

### Abstract

Flooded natural areas are among the ecosystems with high ecological productivity and are widely distributed in the world. Pantanal is one of the largest continuous floodplains in the world and about 30% of its area comprises seasonally flooded forests. In this sense, the present work aims to contribute to the understanding of processes that are not studied in the floodplain forests, such as litter, and CO<sub>2</sub> efflux in the soil, both influenced by the floods pulse. Considering the importance of these forest ecosystems, the general objective of this work was to analyze the litter dynamics and CO<sub>2</sub> efflux in a seasonally flooded forest in Mato Grosso Pantanal. Fifty-five points were monitored in 5 transects for measurements of CO<sub>2</sub> efflux, LAI and soil moisture, and 20 collectors of 1m<sup>2</sup> for litter collection. The average monthly litter yield was 1005 g m<sup>-2</sup> for litterpool and 213 g m<sup>-2</sup> for litterfall. The annual average of the efflux was 1.11 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, occurring in September the lowest value, the driest month, 0.691 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. There was a characteristic seasonality for all analyzed variables, being the decrease of the soil moisture determining factor for litter production and inhibition of soil CO<sub>2</sub> efflux.

**Keywords:** Litterpool. Litterfall. Carbon Dioxide. Soil Respiration. *Vochysia Divergens* Phol.

---

## 1 Introdução

As Áreas Úmidas cobrem cerca de 250 milhões de hectares no mundo (ARIEIRA; 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 viverem 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.

A tendência fortemente sazonal da precipitação, recorrente em regiões tropicais e subtropicais, situa o Pantanal na categoria de área temporariamente inundada. A inundação

está associada ao regime hidrológico, que provoca a expansão, contração e fragmentação dos sistemas aquáticos, além de interferir no grau de conectividade entre as partes do sistema (FANTIN-CRUZ *et al.*, 2011). A diversidade de ambientes aquáticos, campos inundáveis, cerrado, florestas ripárias e florestas inundáveis compõem o complexo mosaico ecológico do Pantanal (POTT *et al.*, 2011).

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 se caracteriza 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, em que 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 se tem a *Tabebuia aurea* Benth & Hook, *Copernicia alba* Morong e *Vochysia divergens* Pohl, que compõem o paratudal, 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* Phol tem distribuição relacionada às áreas periodicamente inundáveis e, nos últimos anos, tem se espalhado rapidamente pelos campos naturais e manejados, formando extensas florestas (NUNES-CUNHA; JUNK, 2001; NUNES-CUNHA; JUNK, 2004). Além das mudanças na paisagem ocasionadas pela expansão das florestas com dominância de *Vochysia Divergens* Phol sobre áreas de campos, as alterações se estendem a dinâmica sazonal da evapotranspiração, segundo estudos de Sanches *et al.* (2010), no armazenamento de energia, de acordo com Sanches *et al.* (2010, 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* Phol, no Pantanal mato-grossense, como o aporte de nutrientes via serrapilheira, e processos totalmente desconhecidos como o efluxo de CO<sub>2</sub> no solo, e o controle exercido pela sazonalidade climática sobre esses processos.

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 se constitui como 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 CO<sub>2</sub> em área com gradiente populacional de *Vochysia Divergens* Phol, em parte, permite determinar o papel desse tipo de formação florestal e o impacto das condições de estresse hídrico sobre a química, a física e a biologia do solo nesse ecossistema.

O objetivo geral deste trabalho foi analisar a dinâmica de serrapilheira e efluxo de CO<sub>2</sub> em uma floresta sazonalmente inundada no Pantanal brasileiro.

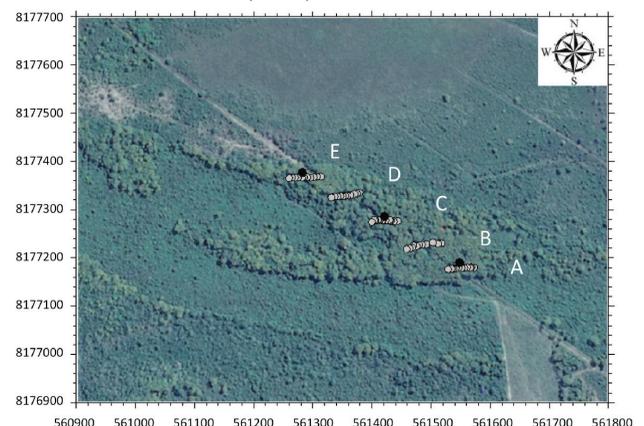
## 2 Material e Métodos

### 2.1 Descrição da área de estudos

O estudo foi realizado no ano de 2012, 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 m<sup>2</sup>. 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.

Dentro da área em estudo foram delimitados e georreferenciados cinco transectos (denominados A, B, C, D e E) com 50 m de comprimento e 80 m de distância entre si, contendo 11 pontos cada um, totalizando 55 demarcações.

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



Fonte: Os autores.

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 *Vochysia Divergens* Phol (33%), *Licania parvifolia* (17%) e *Mouriri elliptica* (15%) (NOVAIS *et al.* 2015, 2016). O diâmetro médio do tronco (na altura 1,3 m) das espécies lenhosas foi 28,36 cm, a densidade foi em média de 839,98 indivíduos/ha e a área basal média foi de 66,16 m<sup>2</sup>/ha. O clima é tropical úmido tipo Aw, de acordo com a classificação climática de Köppen (ALVARES *et al.* 2013). A estação seca se caracteriza como o período em que a região se encontra completamente seca com chuvas escassas. Com o início das chuvas tem início a enchente, quando algumas áreas se tornam 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 (BATTIROLA *et al.*, 2010).

A temperatura do ar anual média na região oscila entre 22 °C e 32 °C (HOFMANN; HASENACK; OLIVEIRA,

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) (NOVAIS *et al.*, 2015, 2016), pouco drenado devido a textura argilosa com 44% de argila e 28% de areia.

## 2.2 Produção de serrapilheira e litterpool sobre o solo

A produção de serrapilheira (litterfall) foi mensurada, por meio de coletores metálicos com 1 m<sup>2</sup> de área e 1 m de altura recobertos com malha de nylon com 2 mm de abertura, 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 (SANCHES *et al.*, 2008; VALENTINI *et al.*, 2008; SCORIZA *et al.*, 2012). Adjacente a cada um dos 20 coletores de serrapilheira foram realizadas as coletas da litterpool sobre o solo (litterpool), 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.

## 2.3 Medidas de efluxo de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade do solo.

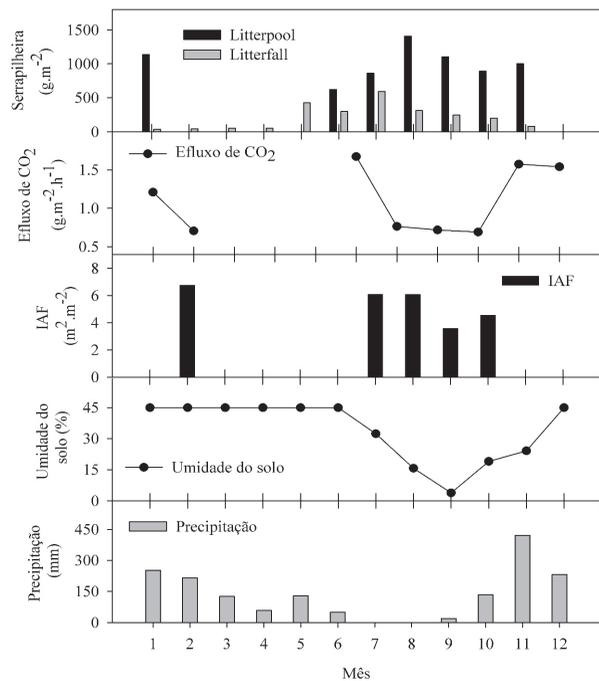
O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi medido, mensalmente, por um sistema constituído por analisador de gás por infravermelho (IRGA, EGM-4 Environmental Gas Monitor for CO<sub>2</sub>, PP Systems, Hitchin, U. K.) conectado a uma câmara de respiração do solo (SRC-1, PP Systems, Hitchin, U. K.) com 1170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

Simultâneas às medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foram realizadas medidas de temperatura e umidade do solo nos 55 pontos de coleta. 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. 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).

## 3 Resultados e Discussão

Os resultados para litterpool, litterfall, efluxo de CO<sub>2</sub>, índice de área foliar, umidade do solo e precipitação se encontram abaixo, Figura 2.

**Figura 2** - Litterpool, litterfall, efluxo de CO<sub>2</sub>, índice de área foliar (IAF), umidade do solo e precipitação, no ano de 2012, para floresta sazonalmente inundável no Pantanal mato-grossense.



Fonte: Os autores.

A precipitação total acumulada, em 2012, na floresta foi de 1638 mm, e foi 15% superior se comparada à média histórica da região apresentada por Fantin-Cruz *et al.* (2011). Conforme dados de umidade do solo, a superfície estava inundada durante 7 meses, considerando o solo saturado, quando a umidade do solo atingiu valores de 45%. 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. Nos meses restantes, em que o solo não estava inundado, a umidade variou entre 32%, no final da vazante, e 4%, durante o período de seca, mês de setembro de 2012.

O índice de área foliar (IAF) é intimamente ligado com a produção de serrapilheira, uma vez que com a perda das folhas pelas árvores há um acréscimo da serrapilheira, resultando em uma relação inversa entre elas. Os menores valores de IAF ocorreram no mês de setembro, 3,6m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup> de média, final do período seco, e mês em que a umidade do solo foi a menor. O maior valor de IAF ocorreu no mês de fevereiro de 2012, com média de 6,78 m<sup>2</sup>.m<sup>-2</sup>.

A média de produção mensal de serrapilheira foi de 1005 g.m<sup>-2</sup> para litterpool e 213 g.m<sup>-2</sup> para a litterfall. A produção de serrapilheira acompanhou os padrões de IAF, ocorrendo no período seco os maiores valores de produção, com maiores valores de litterpool no mês de agosto de 2012, 1408 g.m<sup>-2</sup>, e litterfall no mês de julho de 2012, 593 g.m<sup>-2</sup>, período de pouca precipitação. É importante ressaltar que não houve coleta de litterpool em alguns meses da cheia do Pantanal, nos meses de fevereiro a maio e dezembro de 2012. Dos meses em que

foram coletados, o menor valor de litterpool ocorreu em junho, 623gm<sup>-2</sup>. Já para a queda de folhas nos coletores, litterfall, o menor valor ocorreu em janeiro de 2012, 36gm<sup>-2</sup>.

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 (ALVES; PEREIRA, 2000; AUBINET *et al.*, 2001; REICHARDT; TIMM, 2004). No entanto, com relação à deposição de folhas de *Vochysia Divergens* Phol, fatores como a perda de água (DALMAGRO *et al.*, 2013) e acesso a umidade do solo (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 *Vochysia Divergens* Phol a maior deposição de folhas na serrapilheira durante a estação seca. O mesmo padrão sazonal foi descrito para florestas de *Vochysia Divergens* Phol 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).

A floresta sazonalmente inundável apresentou valores significativamente maiores em relação às áreas de mesma latitude, como cerrado e cerrado *strictu sensu* com aproximadamente 10,2 e 7,6 gm<sup>-2</sup> ao mês de litterpool na estação seca (VOURLITIS *et al.*, 2013).

A média anual do efluxo foi de 1,11 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, ocorrendo em setembro o menor valor, mês mais seco, 0,691g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. Em relação ao efluxo de CO<sub>2</sub>, seus padrões acompanharam a dinâmica de umidade do solo, diminuindo os efluxos na época de solo mais seco, conforme figura 1. O que pode ser explicado pelo aumento de umidade no solo e maiores temperaturas, favorecendo a atividade microbiana. 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 CO<sub>2</sub> do solo em diversos ecossistemas (SMITH *et al.*, 2003; RETH *et al.*, 2005; SOE; BUCHMANN, 2005; BUTLER *et al.*, 2012). Estes fatores são importantes para que aconteça o fluxo de CO<sub>2</sub>, em decorrência das reações químicas de decomposição da matéria orgânica e do processo de difusão deste gás saindo do solo para atmosfera, tendo também uma grande influência na emissão de outros gases do solo para atmosfera (KANG *et al.*, 2003; FURTADO NETO *et al.*, 2013)

#### 4 Conclusão

Houve sazonalidade característica para todas as variáveis analisadas, sendo a água fator determinante para a produção de serrapilheira, uma vez que nos meses mais secos, julho, agosto e setembro de 2012, ocorreram as maiores produções de serrapilheira. Para o mesmo período também houve inibição da atividade microbiana, diminuindo assim os valores

de efluxo de CO<sub>2</sub> para o local. A média de produção mensal de serrapilheira foi de 1005 gm<sup>-2</sup> para litterpool e 213 gm<sup>-2</sup> para a litterfall. A média anual do efluxo foi de 1,11 g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, ocorrendo em setembro o menor valor, mês mais seco, 0,691g CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>.

#### Referências

- ALVARES, C.A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift, Zurich*, v.22, n.6, p.711-728, 2013. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507.
- ALVES, I.; PEREIRA, L. S. Modelling surface resistance from climatic variables? *Agricultural Water Management*, v.42, p.371-385, 2000.
- ARIEIRA, J.; NUNES DA CUNHA, C. Fitossociologia de uma floresta inundável monodominante de *Vochysia divergens* Pohl (Vochysiaceae), no Pantanal Norte, MT, Brasil. *Acta Botanica Bras.*, v.20, p.569-580, 2006.
- AUBINET, A. *et al.* Long term carbon dioxide exchange above a mixed forest in the Belgian Ardennes. *Agric. Forest Meteorol.*, v.108, p.293-315, 2001.
- BATTIROLA, L.D. *et al.* 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.
- BUTLER, A. *et al.* 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.
- CARMO PINTO, S.I. *et al.* Produção de serrapilheira em dois estádios sucessionais de floresta estacional semidecidual na Reserva Mata do Paraíso, em Viçosa, MG. *Rev. Árvore*, v.32, p.545-556, 2008.
- DALMAGRO, H.J. *et al.* 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. *et al.* 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.
- FANTIN-CRUZ, I. *et al.* Historical reconstruction of floodplain inundation in the Pantanal (Brazil) using neural networks. *J. Hydrol.*, v.399, p. 376-384, 2011.
- FURTADO NETO, A.T. *et al.* Influência da umidade no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo para atmosfera em uma área de floresta primária, Belterra, PA. *Rev. Ciênc. Natura*, p.34-37, 2013.
- 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.
- 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, 2010.
- KANG, S.Y.; DOH, S.; LEE, D., JIN, V.L.; KIMBALL, J.S. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperate mixed-hardwood forest slopes, Korea. *Global Change Biology*, Oxon, v9, n10, p. 1427-1437, Oct.2003.
- NOVAIS J. W. Z.; SANCHES L.; SILVA L. B.; MACHADO N. G.; AQUINO A. M.; RODRIGUES T. R. Variação horária e sazonal da radiação solar incidida e refletida e suas relações com variáveis micrometeorológicas no Pantanal Norte Mato-grossense. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*, 38: 96-108, 2015.

- NOVAIS J. W. Z.; SANCHES L.; SILVA L. B.; MACHADO N. G.; AQUINO A. M.; PINTO JUNIOR O. B. Albedo do solo abaixo do dossel em área de *Vochysia Divergens* Pohl no norte do Pantanal. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(2): 157-166, 2016.
- 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.
- 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.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. *Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, processos e aplicações*. Barueri, SP: Manole, 2004.
- RETH, S.; REICHSTEIN, M.; FALGE, E. The effect of soil water content, soil temperature, soil pH-value and the root mass on soil CO<sub>2</sub> efflux – A modified model. *Plant and Soil*, v.268, p. 21-33, 2005.
- SANCHES, L. et al. Seasonal and interannual litter dynamics of a tropical semideciduous forest of the southern Amazon Basin, Brazil. *J. Geophysical Res.*, v.11, p. 1-9, 2008.
- SANCHES, L. et al. Dinâmica sazonal da produção e decomposição de serrapilheira em floresta tropical de transição. *Rev Bras. Eng. Agríc. Amb.*, v. 13, p.183-189, 2009.
- SANCHES, L. et al. Estimativa do coeficiente Priestley-Taylor em floresta monodominante cambarazal no Pantanal. *Rev Bras Meteorol.*, v.25, n.4, p. 448 - 454, 2010.
- SANCHES, L. et al. Estoque de energia na biomassa e no ar do dossel em floresta de *Vochysia divergens* Pohl no Pantanal Matogrossense. *Rev Bras. Eng. Agríc. Amb.*, v.18, n.9, p.955-962, 2014.
- SCORIZA, R.N. et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Floresta Amb.*, v.2, p. 1-18, 2012.
- SILVA, C.J. et al. 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.
- SMITH, K. et al. Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processo. *Euro. J. Soil Sci.*, v. 54, p. 779-791, 2003.
- 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 Physiol.*, v.25, p.1427-1437, 2005.
- POTT, A. et al. Plant diversity of the Pantanal wetland. *Brazil J. Biol.*, v.71, p. 265-273, 2011.
- VALENTINI, C.M.A. et al. 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.
- VOURLITIS, G.L. et al. 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. et al. 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.