

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

**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO  
SOLO EM ÁREA DE CERRADO NO PANTANAL  
MATOGROSSENSE**

**ADILSON AMORIM BRANDÃO**

**PROF. DR. OSVALDO BORGES PINTO JUNIOR**  
**Orientador**

Cuiabá, MT, 2012

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

**DINÂMICA TEMPORAL DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO  
SOLO EM ÁREA DE CERRADO NO PANTANAL  
MATOGROSSENSE**

**ADILSON AMORIM BRANDÃO**

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

**PROF. DR. OSVALDO BORGES PINTO JUNIOR**

**Orientador**

Cuiabá, MT, 2012

### **Dados Internacionais de Catalogação na Fonte.**

B817d Brandão, Adilson Amorim.  
Dinâmica temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense / Adilson Amorim Brandão. -- 2012  
xiii, 60 f. : il. color. ; 30 cm.

Orientador: Osvaldo Borges Pinto Junior.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Mato Grosso, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Cuiabá, 2012.  
Inclui bibliografia.

1. Respiração do solo. 2. Umidade do solo. 3. Valor Q10. 4. Modelo de Bunnell. I. Título.

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

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

## DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha esposa *Tamires Elenice da Luz Brandão* que me apoiou em todos os momentos, sempre me incentivou a alcançar mais essa vitória e nunca mediu esforços para que estivesse onde estou hoje.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar cada segundo de minha vida e por me dar todas as oportunidades que tenho e já tive.

À minha esposa, amiga e eterna namorada, Tamires Elenice da Luz Brandão, por todo incentivo e amor nesses anos juntos.

Aos meus pais, Luci e Adilson, por toda educação, carinho, compreensão e amor que me deram, e que nunca deixaram de ser um exemplo de honestidade, humildade e perseverança para mim.

Aos meus sogros, Elenice e José Antônio pelo apoio e por serem sempre prestativos e amorosos comigo.

Ao meu avô Aristides Bispo de Amorim (*in memoriam*) por tudo que me ensinou e pelos momentos felizes que passamos juntos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Osvaldo Borges Pinto Junior pela dedicação, compreensão, ensinamentos e principalmente pela amizade.

Aos membros da banca examinadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Luciana Sanches e Prof. Dr. Amintas Nazareth Rossete, pelas sugestões e contribuição na elaboração deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Física Ambiental (PPGFA) pela estrutura fornecida e ao coordenador Prof. Dr. José de Souza Nogueira (Paraná) pelos ensinamentos e oportunidades.

Aos professores e funcionários do PPGFA que com certeza contribuíram para minha formação e para elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Francisco de Almeida Lobo e o grupo de pesquisa em Ecofisiologia Vegetal (GPEV) pelo auxílio.

Ao doutorando Osvaldo Fu e ao Prof. Dr. Flair pela ajuda incondicional nas medidas de campo e pela amizade.

Aos colegas da turma 2010, Allan, Amanda, André, Edson, Jonathan, Leone, Márcia, Thiago Meirelles e Thiago Rangel pelos conhecimentos compartilhados e pelos momentos que passamos juntos.

À Estância Ecológica Sesc Pantanal por toda a infraestrutura fornecida.

Aos funcionários do Sesc Pantanal, em especial ao Alessandro, Pedro Paulo, Rodrigo e Wilton por não somarem esforços para que as coletas de campo fossem bem sucedidas.

Aos amigos de agronomia e grandes companheiros, Carlos Eduardo, Davi, Diego, Fabiano Lopes (*in memorian*), Luiz, Pedro Lobo (*in memorian*), Tácio, Tiago, Vankley e William.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo auxílio financeiro concedido durante toda pesquisa.

À FAPEMAT através do Programa de Apoio a Núcleos de Excelência (PRONEX) pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa processo nº 823971/2009.

À todos, meu muito obrigado!

## EPÍGRAFE

“Não devemos permitir que alguém saia da nossa presença sem se sentir melhor e mais feliz.”

*Madre Teresa de Calcutá*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABELAS .....	xi
RESUMO .....	xii
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. PROBLEMÁTICA .....	1
1.2. JUSTIFICATIVA .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1. PANTANAL .....	4
2.2. CARBONO NO SOLO .....	6
2.3. VALOR $Q_{10}$ .....	9
2.4. SERRAPILHEIRA .....	9
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	11
3.2. METODOLOGIA .....	12
3.2.1. Medidas de efluxo de $CO_2$ do solo e temperatura do solo.....	13
3.2.2. Estimativa do valor $Q_{10}$ .....	14
3.2.3. Modelo de BUNNELL et al. (1977) .....	14
3.2.4. Medidas automatizadas no perfil do solo .....	15
3.2.5. Medidas micrometeorológicas .....	17
3.2.6. Produção de Serrapilheira e Determinação do Carbono Orgânico .....	18
3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	21
4.1. EFLUXO DE $CO_2$ DO SOLO EM ÁREA DE CERRADO NO PANTANAL MATOGROSSENSE.....	21
4.2. TEMPERATURA DO SOLO E O EFLUXO DE $CO_2$ DO SOLO.....	24
4.3. ESTIMATIVA DO VALOR DE $Q_{10}$ .....	27
4.4. UMIDADE DO SOLO E O EFLUXO DE $CO_2$ DO SOLO .....	29
4.5. PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA, CARBONO ORGÂNICO DO SOLO E O EFLUXO DE $CO_2$ DO SOLO .....	35
4.5.1. Produção de Serrapilheira .....	35

4.5.2. Teor de Carbono Orgânico do Solo .....	38
4.6. ESTIMATIVA DO EFLUXO DE CO <sub>2</sub> DO SOLO PELO MODELO DE BUNNELL et al. (1977).....	40
4.7. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O EFLUXO DE CO <sub>2</sub> DO SOLO E AS DEMAIS VARIÁVEIS MEDIDAS.....	42
5. CONCLUSÕES .....	48
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
ANEXO A.....	58

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da área de estudo. ....	11
Figura 2 - Localização dos pontos de medidas. ....	12
Figura 3 - Aparelho de medida de efluxo de CO <sub>2</sub> do solo (modelo LI-6400 e câmara de fluxo modelo LI-6400-09, LI-COR, Lincoln, NE, USA).....	13
Figura 4 - Sensor de CO <sub>2</sub> (modelo GMM220, Vaisala Inc., Helsinki, Finland).....	15
Figura 5 - Sensor de conteúdo de água (modelo EC-5, Decagon Devices, Pullman, WA, USA).....	16
Figura 6 - Sensor de potencial matricial do solo (modelo MPS-1, Decagon Devices, Pullman, WA, USA). ....	17
Figura 7 - Sensor de O <sub>2</sub> (modelo SO-110, Apogee Instruments, Logan, UT, USA). ....	17
Figura 8 – Transmissor meteorológico (modelo WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland). ....	18
Figura 9 - Armação de metal com tela de sombrite utilizada como coletor de serrapilheira. ....	19
Figura 10 - Efluxo de CO <sub>2</sub> do solo (média ± DP), no Pantanal Matogrossense. ....	21
Figura 11 - Temperatura do solo (média ± DP), no Pantanal Matogrossense. ....	24
Figura 12 - Variação temporal do efluxo de CO <sub>2</sub> do solo e da temperatura do solo (média ± DP). ....	25
Figura 13 - Resposta da temperatura do solo sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo.....	26
Figura 14 - Resposta da umidade do solo sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo, durante os períodos de enchente, cheia e vazante.....	27
Figura 15 - Resposta da temperatura do solo sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo no ponto 4.....	28
Figura 16 - Resposta da temperatura do solo sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo no ponto 5.....	28
Figura 17 - Variação temporal do efluxo de CO <sub>2</sub> do solo e da umidade do solo na profundidade de 10 cm (média ± DP). ....	30
Figura 18 - Variação temporal do efluxo de CO <sub>2</sub> do solo e da umidade do solo na profundidade de 30 cm (média ± DP). ....	30

Figura 19 - Resposta da umidade do solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo. ....	31
Figura 20 - Resposta da umidade do solo na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo. ....	32
Figura 21 - Resposta da umidade do solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem. ....	33
Figura 22 - Resposta da umidade do solo na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem. ....	33
Figura 23 - Variação mensal do efluxo de CO <sub>2</sub> do solo e da produção de serrapilheira (média ± DP). ....	37
Figura 24 - Resposta da serrapilheira produzida sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo. ....	37
Figura 25 - Teor de carbono orgânico do solo (média ± DP), no Pantanal Matogrossense. ....	38
Figura 26 - Resposta do teor de carbono orgânico sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo. ..	39
Figura 27 - Variação temporal do efluxo de CO <sub>2</sub> do solo medido e estimado pelo modelo de BUNNELL et al. (1977) (média ± DP). ....	41
Figura 28 – Relação entre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo medido e o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo estimado pelo modelo de BUNNELL et al. (1977). ....	42
Figura 29 – Resposta da concentração de CO <sub>2</sub> no solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem. ....	46
Figura 30 – Resposta da concentração de CO <sub>2</sub> no solo na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem. ....	47
Figura 31 – Resposta do conteúdo de O <sub>2</sub> no solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO <sub>2</sub> do solo, durante os períodos de enchente, cheia e vazante. ....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estudos realizados de efluxo de CO <sub>2</sub> do solo no Brasil.....	23
Tabela 2 - Coeficiente de determinação e os valores estimados de Q <sub>10</sub> dos pontos de coleta. ....	27
Tabela 3 - Médias da umidade do solo (%) nas profundidades de 10 e 30 cm e precipitação acumulada mensal (mm).....	29
Tabela 4 - Médias das frações de serrapilheira produzida durante dezembro/2010 a outubro/2011. ....	35
Tabela 5 - Coeficiente de determinação e os valores estimados de Q <sub>10</sub> obtidos através do modelo de BUNNELL et al. (1977) para os pontos de coleta. ....	40
Tabela 6 - Médias da concentração de CO <sub>2</sub> (ppm), conteúdo de O <sub>2</sub> (%) e potencial matricial (kPa) nas profundidades de 10 e 30 cm. ....	43
<b>Tabela 7</b> - Matriz de correlação das variáveis medidas. Os valores correspondem ao coeficiente de correlação de Pearson (r). ....	45

## RESUMO

BRANDÃO, A. A. *Dinâmica temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense*. 73p. Dissertação (Mestrado em Física Ambiental) - Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

Para responder às indagações sobre o papel dos distintos ecossistemas no ciclo do carbono e se estes de fato são um sorvedouro do mesmo, faz-se necessário monitorar os fluxos verticais de carbono, respiração do solo, e todos os outros parâmetros que possam ter correlação com os mesmos, de modo a quantificá-los e relacioná-los. Neste contexto o trabalho (a) mediu o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal Matogrossense; (b) verificou a influência da umidade do solo, temperatura do solo, concentração de CO<sub>2</sub> no solo, conteúdo de oxigênio no solo, potencial matricial do solo, produção de serrapilheira, teor de carbono orgânico do solo no efluxo de CO<sub>2</sub>; (c) estimou o valor de Q<sub>10</sub> em função da temperatura do solo e por meio do modelo de BUNNELL et al. (1977) e os comparou; (d) estimou o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal por meio do modelo de BUNELL et al. (1977) e o comparou com o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo medido. As medidas foram realizadas no período de novembro/2010 a outubro/2011. O valor médio do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal foi  $3,98 \pm 1,69 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . A temperatura do solo e o conteúdo de O<sub>2</sub> a 10 cm influenciaram significativamente o efluxo de CO<sub>2</sub> nos períodos de enchente, cheia e vazante. A umidade do solo e a concentração de CO<sub>2</sub> no solo influenciaram significativamente o efluxo de CO<sub>2</sub> nos períodos de vazante e estiagem. O potencial matricial a 10 cm influenciou significativamente o efluxo de CO<sub>2</sub> em todos os períodos estudados. O valor médio de Q<sub>10</sub> foi 2,16, não diferindo estatisticamente do valor de Q<sub>10</sub> estimado pelo modelo de BUNNELL et al. (1977). O valor médio do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo estimado foi  $4,07 \pm 0,84 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , sendo estatisticamente semelhante ao valor médio medido.

**Palavras-chave:** Respiração do solo, umidade do solo, valor Q<sub>10</sub>, modelo de Bunnell.

## ABSTRACT

BRANDÃO, A. A. *Temporal dynamic of the Soil CO<sub>2</sub> efflux in area of Cerrado in the Pantanal of Mato Grosso*. 73p. Dissertation (Master's in Environmental Physics) – Institute of Physics, Federal University of Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

To answer questions about the role of various ecosystems in the carbon cycle and whether they are indeed a drain of the same, it is necessary to monitor the vertical fluxes of carbon, soil respiration, and all other parameters that can be correlated with the same in order to quantify them and relate them. In this context the work (a) measured the soil CO<sub>2</sub> efflux in northern Pantanal of Mato Grosso; (b) verified the influence of the soil moisture, soil temperature, soil CO<sub>2</sub> concentration, soil oxygen content, soil matric potential, litterfall, content of soil organic carbon in the CO<sub>2</sub> efflux; (c) estimated value of Q<sub>10</sub> in function on the soil temperature and through the model of BUNNELL et al. (1977) and compared; (d) estimated CO<sub>2</sub> efflux of the ground in Pantanal through the model of BUNNELL et al. (1977) and compared with of CO<sub>2</sub> efflux measured. The measurements were carried out from the November/2010 to October/2011. The average value of the CO<sub>2</sub> efflux in Pantanal was  $3.98 \pm 1.69 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . A soil temperature and O<sub>2</sub> content at 10 cm significantly influenced the CO<sub>2</sub> efflux during periods of flood, high water and ebb. A soil moisture and soil CO<sub>2</sub> concentration significantly influenced the CO<sub>2</sub> efflux during periods of ebb and drought. The matric potential at 10 cm significantly influenced the CO<sub>2</sub> efflux in all periods studied. The average value of the Q<sub>10</sub> was 2.16, did not differ statistically from the value Q<sub>10</sub> estimated through the model of BUNNELL et al. (1977). The average value of the soil CO<sub>2</sub> efflux estimated was  $4.07 \pm 0.84 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , and was statistically similar to the average value measured.

**Keywords:** Soil respiration, soil moisture, Q<sub>10</sub> value, model of Bunnell.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. PROBLEMÁTICA

O aumento da concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera se tornou nas últimas décadas uma grande preocupação científica, devido às suas contribuições para o aquecimento global. Contudo, o CO<sub>2</sub> ocupa lugar de destaque entre os gases de efeito estufa, pois a sua concentração atmosférica aumenta cerca de 3,2 Gt ano<sup>-1</sup>, segundo o Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC, 2001).

As moléculas de CO<sub>2</sub> são transparentes para a radiação de onda curta, mas forte absorvedoras da radiação infravermelha emitida pela superfície terrestre, evitando que algumas radiações emitidas pela superfície sejam emitidas para o espaço. Sendo assim, quanto maior for a concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera, mais radiação será absorvida pela atmosfera, levando a um efeito de aquecimento na superfície da terra.

As mudanças climáticas são acontecimentos naturais, no entanto, durante o último século as alterações registradas têm sido mais intensas do que em qualquer período registrado até o momento. Essas alterações têm origem antrópica, consequência principalmente da queima de combustíveis fósseis, queimadas e desmatamento.

As ações antrópicas têm promovido alterações nos diversos ecossistemas terrestres, e esse fato fez com que os ecossistemas brasileiros, como por exemplo, o Pantanal, se transformassem num imenso laboratório natural para observações de como estes respondem às intervenções antropogênicas, com impactos locais e eventuais desdobramentos planetários.

O Pantanal é caracterizado como a maior planície inundada da terra, com cerca de 138.183 km<sup>2</sup>, ocupando 1,6% do território brasileiro. Sua posição geográfica

é peculiar, sendo o elo entre a Amazônia, o Cerrado e os Chacos Boliviano e Paraguai, considerado como um conjunto de vários ecossistemas que está em processo de formação, isto é, de sedimentação (quaternária), proveniente dos rios da Bacia do Alto Paraguai.

O pulso de inundação do Pantanal é a principal força moderadora do microclima local, levando à livre formação de estandes monodominantes devido à sua baixa drenagem e ao frequente prolongamento do período de inundação. Outra característica é a ocorrência de uma estação seca, o que causa frequente estresse hídrico nas plantas locais, regulando sua fenologia e produção de fitomassa.

O aumento do desmatamento para a criação de gado pode modificar o clima local, levando a sérias consequências ecológicas na região, como o aumento da temperatura do ar, redução na precipitação e evaporação e o prolongamento da estação seca.

Uma função comum a todos os ecossistemas terrestres é a sua capacidade de emitir e sequestrar carbono atmosférico, e diante disso é preciso compreender como o Pantanal emite e sequestra o carbono atmosférico, pois sabemos que existe uma complexa variedade de processos físicos, químicos e bióticos, atuando em direções ou intensidades diferentes. Mas para realmente entender o papel atual do Pantanal no futuro do balanço do carbono atmosférico, seria necessário também conhecer e entender todos esses processos, sua direção e importância relativa.

## 1.2. JUSTIFICATIVA

Para responder às indagações sobre o papel dos distintos ecossistemas no ciclo do carbono e se estes de fato são um sorvedouro do mesmo, faz-se necessário monitorar os fluxos verticais de CO<sub>2</sub>, respiração do solo, e todos os outros parâmetros que possam ter correlação com os mesmos, de modo a quantificá-los e relacioná-los. Desta maneira será possível verificar quais as interações físicas e químicas entre o solo, a vegetação e a atmosfera e quais as consequências no sistema de circulação atmosférica que compõem o clima quando se substitui o cerrado por pastagens e culturas agrícolas.

Algumas técnicas recentes são usadas para estimativa do CO<sub>2</sub> na atmosfera e sua implicação nas mudanças climáticas globais. A quantidade futura de CO<sub>2</sub>

dependerá da capacidade dos sorvedouros deste gás em absorver parte do CO<sub>2</sub> liberado pelas diversas fontes tanto naturais, quanto antropogênicas.

Para avaliar esta capacidade deve-se conhecer o tamanho, localização e natureza destes sorvedouros de carbono, prevendo suas respostas às mudanças futuras no conteúdo de CO<sub>2</sub> atmosférico, uso da terra e clima. Vários são os componentes da emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, sendo um deles a respiração do solo.

O objetivo deste trabalho foi verificar a dinâmica temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em área de Cerrado no Pantanal Matogrossense. Para tanto, foram realizados os seguintes objetivos específicos:

- Medir o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal Matogrossense;
- Verificar a influência da umidade do solo e da temperatura do solo no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal;
- Estimar o valor de Q<sub>10</sub> em função da temperatura do solo e por meio do modelo de BUNNELL et al. (1977) e compará-los;
- Verificar a influência da produção de serrapilheira do teor de carbono orgânico no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo;
- Estimar o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal pelo modelo de BUNELL et al. (1977) e compará-lo com o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo medido;
- verificar a influência da concentração de CO<sub>2</sub> e de O<sub>2</sub> no solo e do potencial matricial do solo no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal Matogrossense;

Dessa forma, avaliar a dinâmica temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, contribuem com informações ainda não investigadas nessa região.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. PANTANAL

O Pantanal é uma grande área úmida localizada no centro do continente sul-americano que abrange três países, Brasil, Paraguai e Bolívia. Esse bioma ocupa uma área de 138.183 km<sup>2</sup> no Brasil, dos quais 48.865 km<sup>2</sup> (35,36%) estão no Estado de Mato Grosso e 89.318 km<sup>2</sup> (64,64%) no Estado de Mato Grosso do Sul, o que torna o Pantanal a maior planície inundável da Terra (SILVA e ABDON, 1998). Como a maior planície alagada do mundo, o Pantanal é considerado extremamente diversificado, com cerca de 144 famílias de plantas superiores e mais de 1000 espécies de plantas (JUNK e NUNES DA CUNHA, 2005).

A colonização do Pantanal Matogrossense se deu pela atividade extrativista, sendo a pesca praticada por ribeirinhos a principal delas. Aos poucos as atividades extrativistas deram lugar à pecuária, com o uso de pastagens nativas e artificiais de origem exótica, juntamente com o desmatamento e a degradação dos cursos de água (MATEUS et al., 2004). Hoje, a bovinocultura de corte do Pantanal Matogrossense é a principal atividade econômica da região.

Dentre as grandes áreas úmidas da Terra, o Pantanal pertence à categoria das áreas úmidas temporárias sujeitas ao preditivo pulso de inundação monomodal, e esse pulso de inundação é considerado a força motriz do Pantanal e as intensificações dos períodos de seca e de cheias são decorrentes das flutuações plurianuais do nível da água que influenciam sazonalmente as características limnológicas, ecológicas e biológicas (JUNK et al., 1989). Esse tipo de área úmida é comum na região tropical e sub-tropical com forte padrão de precipitações sazonais e, grande parte dessas áreas úmidas permanecem completamente secas durante o período de seca e são colonizadas por espécies de plantas e animais terrestres que podem ou não ser específicos de áreas úmidas (JUNK et al., 2006). Ainda segundo os autores, essas

espécies são parte integrante das áreas úmidas por que contribuem consideravelmente para a ciclagem de nutrientes, a produtividade primária e secundária, a estruturação das comunidades e biodiversidade.

No Pantanal, a inundação é um dos fatores condicionantes e controladores da manutenção da diversidade paisagística, faunística e florística (NUNES DA CUNHA e JUNK, 2001). A inundação proporciona trocas de água, sedimentos, componentes químicos e biotas entre o canal principal de um rio e sua planície de inundação, o que se traduz numa heterogeneidade ambiental acentuada (LOURIVAL et al., 2000).

O Pantanal é uma planície sazonalmente inundável, o que contribui para alterações químicas, físicas e biológicas dos solos desse bioma. Segundo MESSIAS (2011), a inundação da área desse estudo, é reflexo da variação anual do nível de água que ocorre no Rio Cuiabá e Rio São Lourenço, e é altamente influenciada pela precipitação e pela difícil drenagem da água da chuva no solo. Esse processo de inundação, também chamado de pulso de inundação, regula os processos ecológicos que ocorrem no pantanal (JUNK et al., 1989) e interferem diretamente na umidade do solo.

Segundo ADÁMOLI (1986), no Pantanal o cerrado ocupa áreas mais elevadas e o cerrado *sensu stricto*, áreas mais baixas, tendendo para campo à medida que aumenta o grau de inundação. Estas áreas são uma continuidade da grande região fitoecológica do cerrado brasileiro, consideradas, junto com a Ilha do Bananal, as únicas áreas extensas de cerrado sobre sedimentos quaternários.

Estudos recentes têm alertado que os ecossistemas permanentemente aquáticos (lagos, rios) e das áreas úmidas ainda não têm sido suficientemente estudados, sendo subestimados nos cenários globais de mudanças climáticas (NEUE et al., 1997). Entretanto, a importância das áreas inundáveis para o ciclo global do carbono, balanço hídrico, vida selvagem, manutenção da biodiversidade e produção de alimento humano é muito maior do que o tamanho que elas ocupam na superfície terrestre (COLE e BROOKS, 2000).

Os solos do Pantanal desenvolveram-se a partir de sedimentos inconsolidados marcadamente arenosos com áreas restritas de materiais argilosos e orgânicos depositados ao longo do Quaternário (SANTOS et al., 1997). Segundo DEL'ARCO et al. (1982), a quase totalidade da área é formada por sedimentos depositados na Era

Cenozóica, constituindo a Formação Pantanal, pelos Depósitos Detríticos na encosta dos Planaltos residuais e Circundantes da área, ocorridos no Pleistoceno, e pelos Aluviões Atuais encontrados nas várzeas de alguns rios da região, os quais aconteceram no Holoceno.

Os processos pedológicos predominantes na planície pantaneira estão associados ao hidromorfismo, condição na qual o arejamento é deficiente devido ao excesso de água. Desse modo, influenciados pela natureza do material de origem e pelo regime de inundações periódicas a que estão submetidos, os solos do Pantanal têm características diferenciadas, desde a extrema pobreza em bases trocáveis à saturação em sódio bastante elevada, constituição essencialmente arenosa à ocorrência de grandes quantidades de argilas expansivas e mudanças texturais abruptas em profundidade, entre outras, o que limita seu uso para cultivo (SANTOS et al., 1997). Além disso, o regime de inundações parece ser o fator determinante das possibilidades de uso da planície, que se restringe praticamente ao aproveitamento das pastagens nativas com pecuária extensiva.

Os solos pantaneiros estão estritamente relacionados à natureza dos sedimentos depositados e aos processos ou formas de deposição/sedimentação. Com isso, as diversas regiões da planície, por terem sido contempladas com tipos de sedimentos diferenciados, apresentam naturalmente dinâmica hídrica própria, e este conjunto é determinante para a definição dos processos pedogenéticos que atuam e/ou atuam na região (COUTO et al., 2002).

Grande parte da área do Pantanal está representada pelas ordens dos Planossolos, Espodossolos e Plintossolos aqui dispostos em ordem de extensão, ficando os Vertissolos, Gleissolos, Neossolos, Latossolos, Argissolos, Luvisolos e Nitossolos ocupando pequenas extensões (SOARES et al., 2006).

## 2.2. CARBONO NO SOLO

A matéria orgânica é a fonte de origem do carbono dos solos, sendo esta fundamental em solos tropicais e subtropicais, por fornecer nutrientes, estruturar o solo, propiciar condições de aeração e retenção de umidade, bem como para o estabelecimento dos seres vivos que dão suporte aos processos que conferem aos

solos suas propriedades e funções nos ecossistemas e na produção agrícola (SANTOS e CAMARGO, 1999).

A matéria orgânica em decomposição faz com que as áreas úmidas, como o Pantanal, sejam importantes drenos para o carbono. Cerca de 250 Gt de carbono são conservadas nas áreas úmidas dos trópicos. Pequenas diferenças no regime climático, hídrico, nutrientes e uso da terra podem modificar drasticamente o estoque de carbono dessas áreas (NEUE et al., 1997). Segundo XU et al. (2009), a dinâmica do carbono no solo desempenha o papel mais importante no ciclo do carbono nos ecossistemas terrestres.

Os quatro maiores reservatórios de carbono são a atmosfera (750 Pg), os oceanos (39.000 Pg), as reservas de combustível fóssil (5.000 a 10.000 Pg) e os ecossistemas terrestres (2.100 Pg), incluindo a biota e os solos (WATSON et al., 1990). Aproximadamente a mesma quantidade de carbono que está contida na atmosfera encontra-se retida na vegetação dos ecossistemas terrestres (500 – 800 Pg). Estima-se que os solos da Terra contêm 1400 a 1700 Pg de carbono, duas ou três vezes a quantidade na biota (PINTO-JR, 2007). No ambiente solo-atmosfera-biota, o carbono pode ocorrer na forma de gás ( $\text{CO}_2$  e  $\text{CH}_4$ ), complexado ou na biomassa viva.

O gás carbônico ou dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) está presente na atmosfera na proporção de 0,03% do seu volume total. No solo, o  $\text{CO}_2$  é produzido pela respiração das raízes, microorganismos, fauna do solo e pela oxidação química dos compostos de carbono. Segundo SOTTA (1998), a taxa de transferência deste gás é controlada por cinco fatores, sendo eles a taxa de produção do solo, pelos gradientes de temperatura, por sua concentração na interface solo-atmosfera, pelas propriedades físicas do solo e pelas flutuações da pressão atmosférica do ambiente.

A emissão de  $\text{CO}_2$  do solo para atmosfera, também chamada de efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo, é o componente do balanço de  $\text{CO}_2$  no ecossistema que representa a emissão de  $\text{CO}_2$  pela respiração de raízes, atividades microbiológicas e oxidação do carbono decorrente da decomposição de matéria orgânica abaixo (raízes) e acima (folhagens, galhos, gravetos) do solo, e são esses processos os três principais componentes do efluxo de  $\text{CO}_2$  do solo (RAICH e SCHLESINGER, 1992). Essa emissão de  $\text{CO}_2$  do solo depende do gradiente do transporte de gases no solo e entre

o solo e a atmosfera, e este é afetado pela fração de poros do solo preenchidos com ar ou com água.

As variações climáticas, como as de temperatura e precipitação, influenciam na produtividade líquida do ecossistema (NEP), ou seja, a troca de CO<sub>2</sub> entre os ecossistemas terrestres e a atmosfera. Por isso, existe uma necessidade de se entender os fatores que controlam o efluxo de CO<sub>2</sub> (RAICH e SCHLESINGER, 1992).

A quantificação da respiração do solo, que segundo RAICH et al. (2002) varia entre 50 a 80 Gt C a<sup>-1</sup> para estimativas anuais de emissão global, se torna importante para que se possa compreender o balanço global do CO<sub>2</sub>. Estas estimativas representam uma fração de aproximadamente 20 a 40 % do total anual emitido para a atmosfera (RAICH e SCHLESINGER, 1992).

As condições de temperatura e umidade do solo exercem grande influência nos mecanismos da respiração do solo, portanto esses mecanismos são dependentes da variabilidade temporal e espacial dessas variáveis. Alguns modelos empíricos em função da temperatura e umidade do solo ajustados em diferentes ecossistemas foram desenvolvidos por HANSON et al. (1993) e FREITAS (2001). Segundo RAYMENT e JARVIS (2000), em latitudes médias, a respiração do solo aumenta proporcionalmente com a temperatura do solo sob um padrão exponencial.

Outra variável importante na quantificação do efluxo de CO<sub>2</sub> é a umidade do solo, pois esta pode tanto favorecer como inibir a produção de CO<sub>2</sub>. Segundo LINN e DORAN (1984) a respiração microbiana do solo é limitada pela restrição de difusão de O<sub>2</sub> (oxigênio necessário para a respiração aeróbica) através dos poros quando o solo encontra-se muito úmido e, por outro lado, limitando também na condição seca, devido à restrição da solubilidade de substratos de carbono orgânico, que constitui a fonte de energia para os microorganismos heterotróficos.

Para que haja uma respiração máxima do solo, é necessário que o conteúdo de água esteja próximo a capacidade campo, onde os macroporos do solo devem estar preenchidos de ar para facilitar a difusão do O<sub>2</sub> e os microporos do solo devem estar preenchido de água, facilitando assim a solubilidade dos substratos (DAVIDSON et al., 2000). Contudo, a respiração de raízes tem um papel fundamental nas estimativas do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, devido ao fato de receber menor influência da falta ou

excesso de umidade no solo, ao contrário da respiração microbológica, que é mais influenciada pela sua variação.

### 2.3. VALOR $Q_{10}$

O valor  $Q_{10}$  indica o quanto aumenta a respiração do solo, quando há um aumento de 10 °C na temperatura do solo, portanto, esse é um parâmetro utilizado para caracterizar a dependência do efluxo de  $CO_2$  do solo com a temperatura do solo.

A lei de VAN'T HOFF (1898) descreve que  $Q_{10}$  é um fator que expressa o aumento da velocidade de reação quando há um aumento da temperatura de 10 °C, ou seja, para cada 10 °C de aumento de temperatura, a razão de produção de massa seca dobra.

No entanto, a lei de VAN'T HOFF (1898) somente é válida na faixa de temperatura de 20 a 30 °C, o que pode tornar essa lei não aplicável em dadas condições. Para FANG e MONCRIEFF (2001) comparar os valores  $Q_{10}$  determinados por estudos diferentes foi muito difícil, pois se podem obter valores de  $Q_{10}$  diferentes para modelos diferentes. Esses autores avaliaram um número de relações matemáticas diferentes usando o critério  $Q_{10}$ , e observaram que os valores  $Q_{10}$  obtidos a partir destes modelos variaram de 1,5 a 8,8.

Segundo VALENTINI (2005), além do modelo matemática usado, a frequência de medidas de efluxo de  $CO_2$  do solo e o intervalo de tempo entre elas são fundamentais para que se possam comparar com segurança os valores de  $Q_{10}$  para uma mesma região.

### 2.4. SERRAPILHEIRA

A serrapilheira é um importante componente de um ecossistema florestal compreendendo o material precipitado ao solo pela biota, o que inclui principalmente folhas, galhos, frutos, flores, raízes e resíduos animais (DIAS e OLIVEIRA FILHO, 1997). Por meio do processo de decomposição, a serrapilheira libera para o solo elementos minerais que as plantas utilizam, desempenhando assim, um papel fundamental na circulação de nutrientes e nas transferências de energia entre os níveis tróficos, contribuindo para manutenção dos processos de um ecossistema.

A decomposição da serrapilheira da superfície é produto da atividade saprofítica heterotrófica dos organismos do solo. A taxa dessa decomposição pode fornecer informações indiretas sobre a quantidade de carbono liberada num dado tempo. A serrapilheira da superfície e as raízes finas do solo são as duas principais fontes da matéria orgânica do solo. Uma vez formada no solo a decomposição desta matéria orgânica acontece mais lentamente; ainda assim, é uma das maiores fontes de CO<sub>2</sub> no solo. O carbono que não é liberado para a atmosfera, é incorporado no húmus do solo, ou solubilizado na água de percolação.

Segundo MONTAGNINI e JORDAN (2002), a decomposição dos resíduos orgânicos que formam a serrapilheira é o principal processo de ciclagem de nutrientes em um ecossistema florestal. O estudo da ciclagem de nutrientes minerais via serrapilheira, é fundamental para o conhecimento da estrutura e funcionamento de ecossistemas florestais. Parte do processo de retorno de matéria orgânica e de nutrientes para o solo florestal ocorre pela produção de serrapilheira, sendo esta considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais da vegetação para o solo (VITAL et al., 2004).

Os principais fatores que influenciam na decomposição da serrapilheira são: clima, qualidade da serrapilheira e, natureza e abundância de organismos decompositores (COÛTEAUX et al., 1995). Essa decomposição da matéria orgânica pode ser dividida em três processos básicos que ocorrem simultaneamente: lixiviação de minerais solúveis e de pequenos compostos orgânicos pela água; intemperismo, que é a ruptura mecânica dos detritos, e ação biológica (fragmentação gradual e oxidação dos organismos vivos, principalmente fungos).

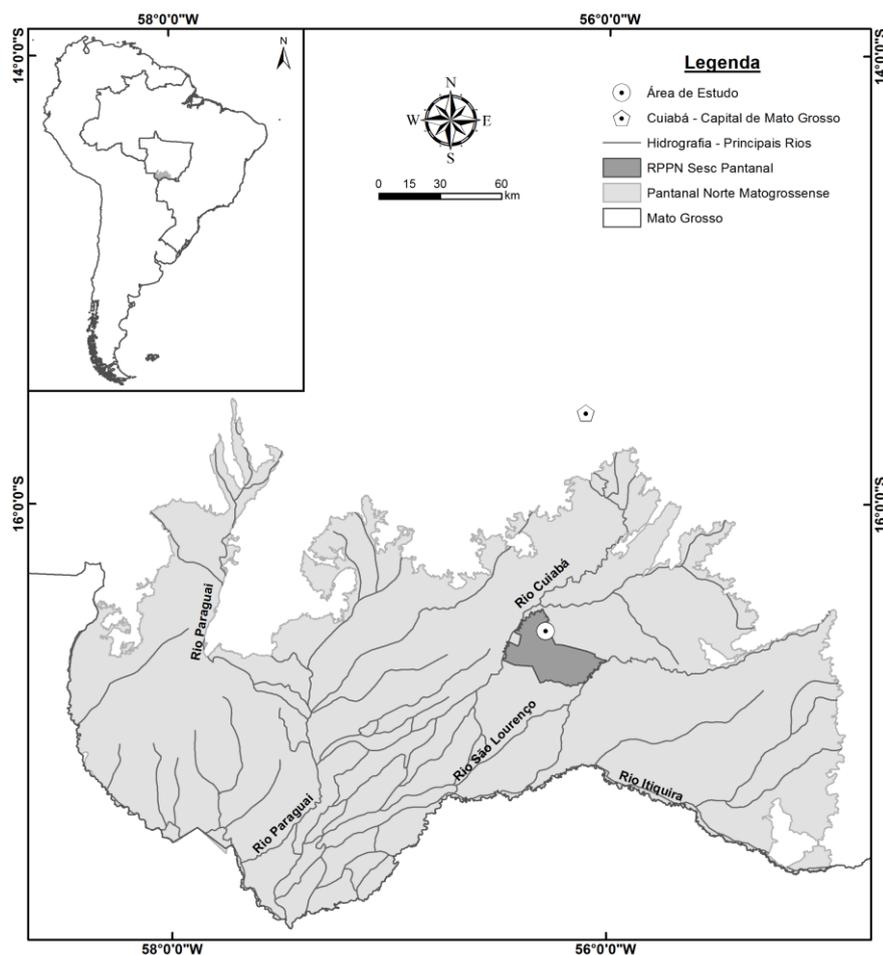
O processo de decomposição mantém a funcionalidade do ecossistema, possibilitando que parte do carbono incorporado na biomassa vegetal retorne à atmosfera como CO<sub>2</sub> e outra parte seja incorporada ao solo, juntamente com os elementos minerais.

Segundo DAVIDSON et al. (2002), a deposição de serrapilheira exerce relevante influência sobre o fluxo de CO<sub>2</sub>, assim qualquer fator que altere essa deposição pode afetar a taxa de respiração e o balanço de carbono.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi realizado em uma área de fitofisionomia Cerrado *sensu stricto* no bioma Pantanal, com cerca de 10.000 m<sup>2</sup>, próximo ao posto Espírito Santo, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), Estância Ecológica Serviço Social do Comércio (SESC) Pantanal, município de Barão de Melgaço - MT (nas coordenadas 16°34'25,6" S e 56°16'56,0" O), distante a 160 km de Cuiabá (Figura 1).

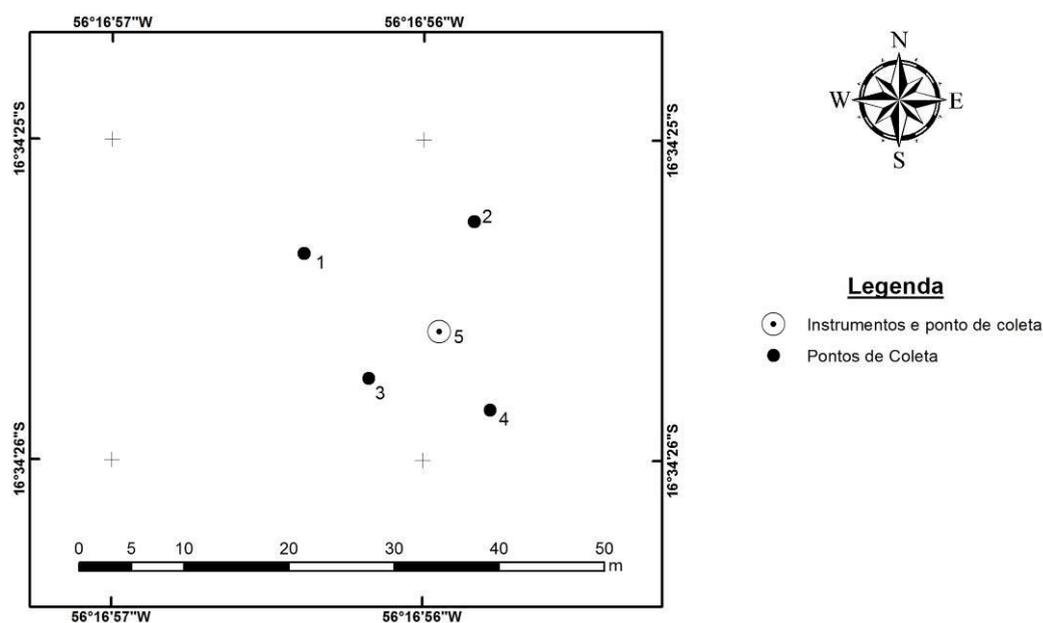


**Figura 1** - Localização da área de estudo.

O clima da região é tipo Aw, segundo a classificação de Köppen, apresentando sazonalidade característica, com uma estação chuvosa (outubro-abril) e outra seca (maio-setembro). A temperatura média anual do ar na RPPN SESC Pantanal oscila entre 22 a 32 °C e a precipitação média anual entre 1100 e 1200 mm, com o total do mês mais seco inferior a 40 mm (HASENACK et al., 2003).

O solo no local de estudo foi classificado como Planossolo Háplico Alítico Gleissólico, e a fitofisionomia do local foi classificada como Cerrado *sensu stricto*. Os solos desta classe apresentam mudança textural abrupta com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B imediatamente subjacente, permeabilidade lenta ou muito lenta, profundidade de 150 cm e textura arenosa (Anexo A).

Na área de estudo foram delimitados cinco pontos de características homogêneas para as medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo levando em consideração a facilidade de acesso, sendo o ponto cinco escolhido para instalação dos instrumentos para medidas no perfil do solo e instalação da estação micrometeorológica (Figura 2).



**Figura 2** - Localização dos pontos de medidas.

### 3.2. METODOLOGIA

Na área foram realizadas medições de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, temperatura do solo, medições automatizadas no perfil do solo e medições micrometeorológicas,

além de coletas mensais da serrapilheira acumulada e de amostras de solo para determinação do teor de carbono orgânico.

### 3.2.1. Medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e temperatura do solo

O efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi medido por um sistema fechado formado por um analisador de gás por infra-vermelho – IRGA (modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA) e uma câmara de fluxo (modelo LI-6400-09, LI-COR, Lincoln, NE, USA) com volume interno de 991 cm<sup>3</sup> e área exposta para o solo de 71,6 cm<sup>2</sup>. A câmara previamente calibrada foi acoplada a um sistema portátil de fotossíntese (modelo LI-6400, LI-COR, Lincoln, NE, USA), o qual analisa a concentração de CO<sub>2</sub> no seu interior por meio da espectroscopia de absorção ótica (Figura 3).



**Figura 3** - Aparelho de medida de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (modelo LI-6400 e câmara de fluxo modelo LI-6400-09, LI-COR, Lincoln, NE, USA).

As medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foram realizadas mensalmente, durante o período de Novembro de 2010 a Outubro de 2011. Essas medidas foram efetuadas em intervalos horários, entre 07 e 16 h. A cada hora efetuou-se um ciclo de leitura de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, que compreendia de 5 a 30 repetições para cada um dos cinco pontos de medições. Estabeleceu-se com isso medidas com melhor intervalo de confiança.

A temperatura do solo foi medida utilizando-se o sensor de temperatura, parte integrante do sistema ao LI- 6400-09 (Figura 3). Tal sensor consiste de uma haste de 0,20 m, que foi inserida no interior do solo, o mais perpendicular possível em relação à superfície, ao lado da câmara de fluxo.

O princípio de funcionamento deste sensor é baseado no chamado termistor, que é uma resistência elétrica que tem o seu valor modificado com a temperatura do solo. As leituras da temperatura do solo foram feitas simultaneamente durante o período em que o sistema LI-6400-09 estava realizando as medidas de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

### 3.2.2. Estimativa do valor Q<sub>10</sub>

Para a estimativa do valor Q<sub>10</sub>, inicialmente foi realizado a regressão exponencial (equação 1) entre a temperatura do solo e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo para a obtenção do coeficiente β. Posteriormente foi calculado o valor Q<sub>10</sub> de acordo com a equação 2.

$$R = \alpha e^{\beta T} \quad (\text{Equação 1})$$

$$Q_{10} = e^{10\beta} \quad (\text{Equação 2})$$

Em que, R é efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), T é a temperatura do solo (°C) e α e β são os coeficientes da regressão exponencial.

### 3.2.3. Modelo de BUNNELL et al. (1977)

O modelo de Bunnell et al. (1977) consiste num modelo geral aplicado para vários ecossistemas que estima o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em função da temperatura e da umidade do solo, e por isso foi o modelo utilizado no presente trabalho (Equação 3).

$$R = (W/(a+W)).(b/(b+W)).c.d^{((T-10)/10)} \quad (\text{Equação 3})$$

Em que, W é a umidade do solo (%), T é a temperatura do solo (°C) e a, b, c e d são constantes estimadas usando regressão não linear. Para este modelo o valor de

a representa a umidade do solo quando a atividade dos microorganismos se encontra à metade de seu valor máximo, b representa a umidade do solo quando o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo está à metade do seu valor máximo, c representa o efluxo de CO<sub>2</sub> à temperatura de 10°C e d é o valor de Q<sub>10</sub>.

#### 3.2.4. Medidas automatizadas no perfil do solo

Sensores para o monitoramento contínuo da concentração de CO<sub>2</sub> (ppm), conteúdo de O<sub>2</sub> (%), temperatura do solo (°C), umidade do solo (%) e potencial matricial (kPa), foram instalados horizontalmente no perfil do solo na borda de uma “cordilheira”<sup>1</sup> nas profundidades de 10 e 30 cm. Os dados foram armazenados em intervalos de 30 minutos em um datalogger (modelo CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA), conectado a uma bateria de 12V com uma placa solar (45 W), garantindo energia suficiente para o monitoramento contínuo e ininterrupto.

A concentração de CO<sub>2</sub> no solo foi determinada por meio de um analisador de gás por infravermelho (modelo GMM220, Vaisala Inc., Helsinki, Finland) (Figura 4). Durante os primeiros 5 minutos de cada meia hora, os sensores eram ligados devido ao alto consumo de energia (4W cada) (VAISALA OYJ, 2008). Neste intervalo de 5 minutos, os primeiros 3 minutos em que os sensores ficavam ligados correspondem ao seu período de aquecimento, e os subsequentes 2 minutos restantes correspondem às leituras feitas num intervalo de 30 segundos, resultando em registros de meia em meia hora.



**Figura 4** - Sensor de CO<sub>2</sub> (modelo GMM220, Vaisala Inc., Helsinki, Finland).

As determinações de pressão atmosférica e temperatura do solo (sensor BPS e termostato, Apogee Instruments, Logan, Utah, USA) foram usadas para corrigir as leituras de concentração de CO<sub>2</sub> pela dependência desses valores à lei dos gases perfeitos (VAISALA OYJ, 2008), de acordo com:

$$CO_{2 \text{ cor.}} = CO_{2 \text{ med.}} - ((-0,003 \times CO_{2 \text{ med.}}) \cdot (25 - T)) - ((-0,015 \times CO_{2 \text{ med.}}) \cdot (P_{\text{atm}} - 1013,25)) \quad (\text{Equação 4})$$

Em que, CO<sub>2 cor.</sub> é a concentração de CO<sub>2</sub> corrigida em ppm, CO<sub>2 med.</sub> é a concentração de CO<sub>2</sub> medida em ppm, T é a temperatura do solo em °C, P<sub>atm</sub> é a pressão atmosférica em hPa.

A umidade do solo foi medida por sensores baseados no domínio da capacitância/frequência (Modelo EC-5, Decagon Devices, Pullman, WA, USA) (Figura 5), calibrados segundo SAKAKI et al. (2008). O potencial matricial do solo foi analisado usando um sensor deste mesmo fabricante (Modelo MPS-1, Decagon Devices, Pullman, WA, USA) (Figura 6).



**Figura 5** - Sensor de conteúdo de água (modelo EC-5, Decagon Devices, Pullman, WA, USA).



**Figura 6** - Sensor de potencial matricial do solo (modelo MPS-1, Decagon Devices, Pullman, WA, USA).

O  $O_2$  do solo foi determinado por meio de um sensor de células galvânicas no estado sólido (Modelo SO-110, Apogee Instruments, Logan, Utah, USA) (Figura 7). O sensor de oxigênio inclui um termostato para determinar a temperatura do sensor.



**Figura 7** - Sensor de  $O_2$  (modelo SO-110, Apogee Instruments, Logan, UT, USA).

### 3.2.5. Medidas micrometeorológicas

No mesmo ponto que estão os equipamentos descritos anteriormente, foi instalado um transmissor meteorológico (modelo WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland), na altura de dois metros (Figura 8). Esse sensor realiza medidas numa frequência de 10 Hz das seguintes variáveis: velocidade do vento (m/s), direção do vento (grau azimutal), temperatura do ar ( $^{\circ}C$ ), umidade relativa (%), pressão do ar

(hPa), precipitação acumulada média diária (mm) e intensidade da precipitação (mm/h). Os dados foram armazenados no mesmo datalogger (modelo CR1000, Campbell Scientific, Logan, Utah, USA) descrito anteriormente, em intervalos de 30 minutos, e coletados mensalmente por um laptop.



**Figura 8** – Transmissor meteorológico (modelo WXT520, Vaisala Inc., Helsinki, Finland).

### 3.2.6. Produção de Serrapilheira e Determinação do Carbono Orgânico

Para a determinação da produção de serrapilheira foram utilizados quatro coletores de armação de metal em formato cilíndrico e fundo de tela de sombrite, com 1 m<sup>2</sup> cada (Figura 9). Esses coletores foram instalados nos pontos 1, 2, 3 e 4 que foram delimitados para medir o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figura 2). As amostras de serrapilheira foram recolhidas mensalmente e levadas ao Laboratório de Ecofisiologia do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT para lavagem com água destilada, sendo separadas em folhas, galhos, flores e frutos, e levadas para secagem em estufa a 65 – 70 °C por 72 horas. Posteriormente, foram realizadas pesagens em uma balança analítica digital (modelo AG 200, Gehaka, São Paulo, Brasil).

A serrapilheira foi coletada entre dezembro de 2010 a outubro de 2011 nos quatro pontos de coleta e o valor médio da massa seca de serrapilheira produzida foi utilizado para analisar a relação entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e a produção de serrapilheira. Essa variável foi estimada a partir da serrapilheira coletada mensalmente, e a partir daí a massa seca foi multiplicada pelo número de dias da última coleta.



**Figura 9** - Armação de metal com tela de sombrite utilizada como coletor de serrapilheira.

Para a determinação do teor de carbono orgânico do solo foram coletadas amostras deformadas de solo nos mesmos pontos de medida de efluxo de CO<sub>2</sub>. Essas amostras foram divididas em subamostras e submetidas ao método de digestão úmida com dicromato de potássio e ácido sulfúrico para a determinação do teor de carbono orgânico, conforme metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

### 3.3. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Inicialmente os dados foram tabulados em planilha eletrônica para execução dos procedimentos analíticos. Para analisar a resposta das variáveis estudadas sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foram utilizadas análises de regressão linear, regressão exponencial e correlação de Pearson. Para a estimativa do efluxo de CO<sub>2</sub> pelo

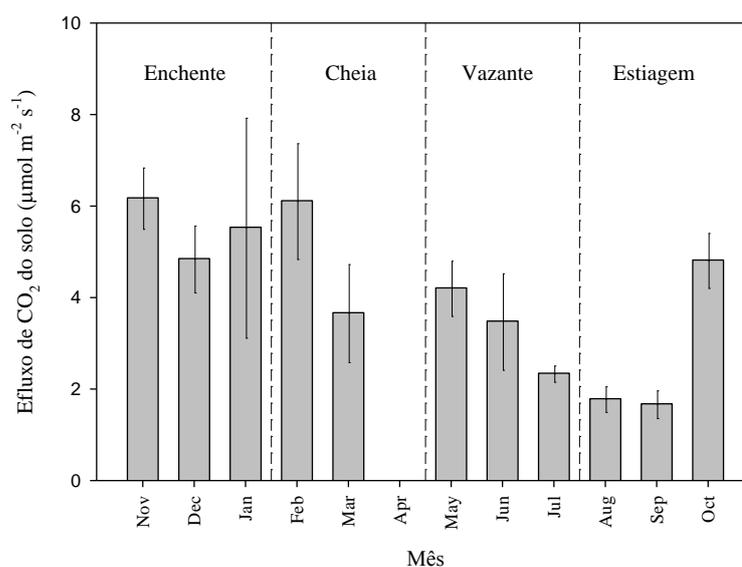
modelo de BUNNELL et al. (1977) foram estimadas as constantes a, b, c e d do modelo usando regressão não linear. Para a comparação entre os valores de  $Q_{10}$  estimados em função da temperatura do solo e por meio do modelo de BUNNELL et al. (1977), e entre o efluxo de  $CO_2$  do solo medido e estimado por meio desse mesmo modelo, foi utilizado teste  $t$  para médias pareadas.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o objetivo de ilustrar melhor as variáveis apresentadas neste estudo, categorizou-se o ciclo hidrológico em períodos: o período de “cheia” corresponde aos meses de fevereiro, março e abril; o período de “vazante”, aos meses de maio, junho e julho; o período de “estiagem”, aos meses de agosto, setembro e outubro; e, por fim, o período de “enchente”, aos meses de novembro, dezembro e janeiro.

### 4.1. EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO EM ÁREA DE CERRADO NO PANTANAL MATOGROSSENSE

A média mensal ( $\pm$  desvio padrão) do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi  $3,98 \pm 1,69$   $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  no período de novembro de 2010 a outubro de 2011 para o Pantanal Matogrossense (Figura 10). O coeficiente de variação foi 40%. Em abril de 2011 a área de estudo encontrava-se inundada, e por isso não houve registros de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.



**Figura 10** - Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (média  $\pm$  DP), no Pantanal Matogrossense.

Estabelecendo um comparativo, estudo no cerrado, em solos sob campo limpo úmido e utilizando o aparelho LI-6400, FERREIRA et al. (2008) encontraram um valor médio anual do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo de 1,46  $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$  e o coeficiente de variação obtido foi 114%, valor inferior ao estimado no presente trabalho. Nota-se que houve diferença entre o presente trabalho e o trabalho realizado por estes autores, provavelmente ao fato de que na área estudada por FERREIRA et al. (2008) o lençol freático se mantém ao nível do solo durante a maior parte do ano, o que segundo CHIMNER e COOPER (2003) pode exercer grande influencia, pois o nível da lâmina do lençol freático tem efeitos importantes nas emissões de CO<sub>2</sub> do solo em área úmidas já que a saturação do solo limita a difusão de oxigênio atmosférico, diminuindo a atividade microbiana e conseqüentemente a taxa de decomposição.

A menor média de efluxo de CO<sub>2</sub> foi  $1,67 \pm 0,30 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , e ocorreu em setembro de 2011 devido à baixa umidade do solo em consequência da estiagem na região. O maior valor encontrado foi  $6,17 \pm 0,76 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , e ocorreu em novembro de 2010, consequência do início do período compreendido como enchente e com isso aumento da umidade do solo, o que proporciona um incremento da atividade microbiana do solo e conseqüente aumento da emissão de CO<sub>2</sub> do solo. Verifica-se uma variação temporal no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, com os menores valores de efluxo registrados no período de estiagem (agosto, setembro e outubro) e os maiores valores de efluxo registrados no período de enchente (novembro, dezembro e janeiro).

A média anual do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi  $3,98 \pm 1,69 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ . ROSOLEM et al. (2002) em estudo realizado em área de Cerrado *sensu stricto* verificaram uma média anual de  $4,75 \pm 2,18 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ , média essa maior que a encontrada no presente trabalho. Já os valores encontrados por MEIR et al. (1996) ( $3,00 \pm 0,80 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) foram menores (Tabela 1). Isto pode ser explicado pela diferença no tipo de analisador de gás por infravermelho (IRGA) e do tipo de câmara que cada estudo utilizou, no entanto, os locais e anos em que foram realizados esses estudos propiciam condições peculiares capazes de gerar medidas distintas, haja vista que se tratando de medidas de efluxo de CO<sub>2</sub>, pequenas alterações microclimáticas são suficientes para causar grandes variações nas medidas.

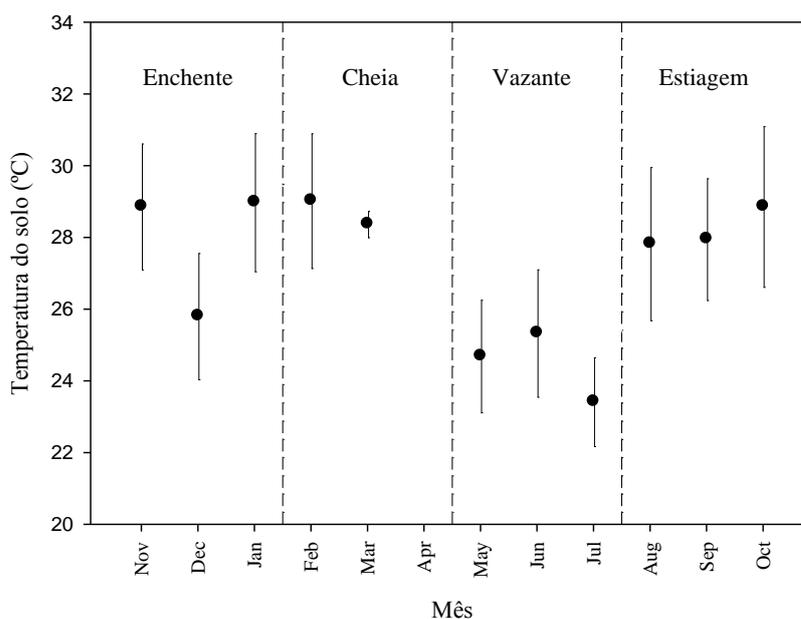
**Tabela 1** - Estudos realizados de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no Brasil.

<b>Autor</b>	<b>Período / Estação</b>	<b>Localização</b>	<b>Vegetação</b>	<b>Efluxo de CO<sub>2</sub> (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)</b>	<b>Metodologia</b>
Coutinho e Lamberti (1971)	Seca (ago-set)	Barcelos, AM, Brasil	Floresta Ombrófila Densa	2,8	Solução aquosa 0,5 N KOH
Martins e Matthes (1978)	Seca (jul)	Manaus, AM, Brasil	Campina	1,4 ± 0,5	Solução aquosa 0,5 N KOH
Wofsy et al. (1988)	Seca (jul-ago)	Reserva Ducke, Manaus, AM, Brasil	Floresta Ombrófila Densa	4,5	IRGA - câmara dinâmica
Fan et al. (1990)	Chuvosa (abr-mai)	Reserva Ducke, Manaus, AM, Brasil	Floresta Ombrófila Densa	5,9	IRGA - câmara dinâmica
Meir et al. (1996)	Chuvosa a seca (mai-jun)	Reserva do Jarú, RO, Brasil	Floresta Ombrófila Aberta	5,5 ± 1,6	IRGA - câmara dinâmica
Davidson et al. (2000)	Ano inteiro	Fazenda Vitória, Paragominas, PA, Brasil	Floresta Ombrófila Aberta	5,3	IRGA - câmara dinâmica
Rosolem et al. (2002)	Ano inteiro	Santa Rita do Passa Quatro, SP, Brasil	Cerrado sensu stricto	4,75 ± 2,18	IRGA - câmara estática
Sotta et al. (2004)	Final da estação chuvosa	Manaus, AM, Brasil	Floresta Ombrófila Densa (planalto)	6,4 ± 0,25	IRGA - câmara dinâmica
Salimon et al. (2004)	Chuvosa e Seca	Rio Branco, AC, Brasil	Floresta Ombrófila Densa (planalto)	4,73	IRGA - câmara dinâmica
Valentini (2005)	Ano inteiro	Sinop, MT, Brasil	Floresta de Transição Amazônia Cerrado	7,5 ± 0,51	IRGA - câmara dinâmica
Pinto-Jr (2007)	Ano inteiro	Sinop, MT, Brasil	Floresta de Transição Amazônia Cerrado	5,48 ± 0,66	IRGA - câmara dinâmica
Ferreira et al. (2008)	Ano inteiro	Fazenda Água Limpa, Brasília, DF, Brasil	Cerrado sensu stricto	1,46	IRGA - câmara dinâmica
Zanchi et al. (2012)	Chuvosa e Seca	Reserva Cuieiras, Manaus, AM, Brasil	Floresta Ombrófila Densa (planalto)	2,4 ± 0,4	
		Reserva Campina, Manaus, AM, Brasil	Campina	6,0 ± 1,6	IRGA - câmara dinâmica
		RPPN Sesc Pantanal, Barão de Melgaço, MT, Brasil	Campina	3,8 ± 0,4	
Presente Estudo	Ano inteiro		Cerrado sensu stricto	3,98 ± 1,69	IRGA - câmara dinâmica

**Fonte:** Adaptado de Sotta et al. (2004).

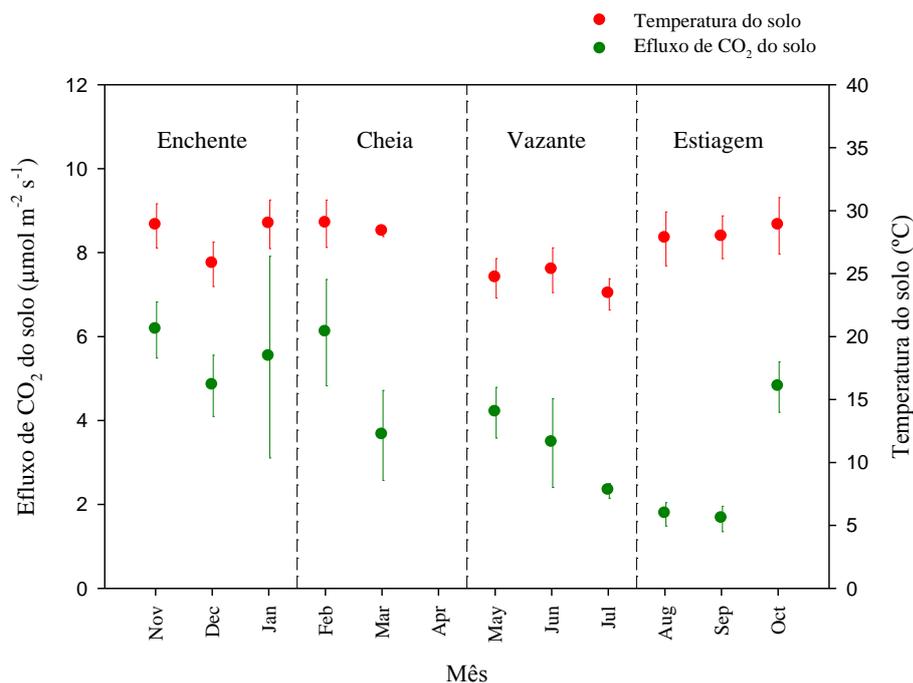
#### 4.2. TEMPERATURA DO SOLO E O EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO

A temperatura média do solo foi  $27,2 \pm 2,01$  °C, variando de 23,4 °C em julho/2011 a 29,0 °C em fevereiro/2011 (Figura 11). Em abril de 2011 a área de estudo encontrava-se inundada, e por isso não houve registros de temperatura do solo.



**Figura 11** - Temperatura do solo (média  $\pm$  DP), no Pantanal Matogrossense.

A Figura 12 apresenta a variação temporal da temperatura do solo e do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Nota-se que durante os períodos de enchente e cheia no Pantanal, que compreendem o período estudado de novembro/2010 a abril/2011, essas duas variáveis são diretamente proporcionais, ou seja, quando houve a diminuição da temperatura do solo houve uma redução do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e vice-versa. Isto pode ser explicado pelo fato da umidade do solo da área de estudo não ser limitante para a atividade microbiana, e assim o fator limitante para a emissão de CO<sub>2</sub> do solo nesses períodos passa a ser temperatura do solo. Já no período de estiagem, nota-se que não houve a mesma dinâmica verificada para os demais períodos, o que pode ser explicado pela baixa umidade do solo, que segundo YUSTE et al. (2003), limita a respiração microbiana e das raízes.



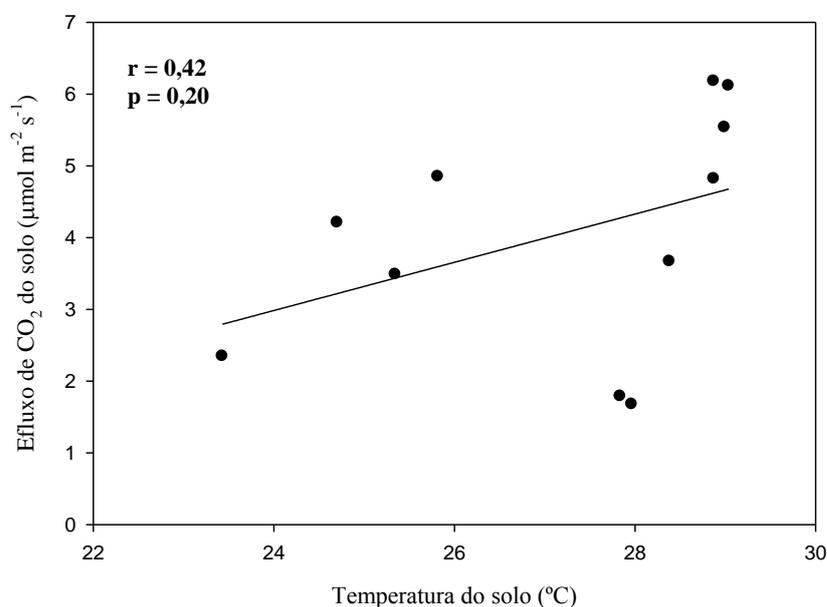
**Figura 12** - Variação temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e da temperatura do solo (média ± DP).

A amplitude térmica foi superior a 2 °C, diferentemente dos trabalhos realizados por NUNES (2003), VALENTINI (2005) e PINTO-JR (2007), que apresentaram amplitude térmica menor que 1 °C. No entanto, apesar da variação da temperatura do solo ter sido maior entre os meses, a correlação entre temperatura do solo e efluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi positiva ( $r=0,42$ ;  $p=0,20$ ), assim como a correlação verificada pelos autores acima citados, porém não significativa ao nível de 5% de probabilidade (Figura 13). Isto pode ser explicado pela interação temperatura-umidade do solo na área de estudo, pois a combinação dos fatores temperatura do solo e umidade do solo pode ter muito mais influência nas taxas de efluxo do que cada um desses fatores isolados (NUNES, 2003).

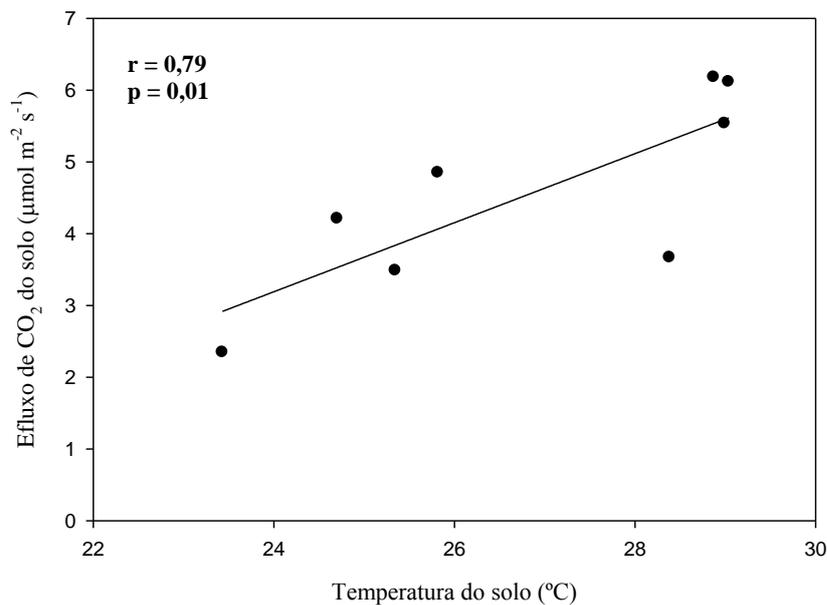
Analisando a correlação entre a temperatura do solo e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo durante os períodos de enchente, cheia e vazante no Pantanal, verificou-se uma correlação moderada com coeficiente igual a 0,79 e significativa ( $p<0,05$ ), sugerindo que a temperatura do solo nesses períodos tem contribuição para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figura 14).

Muitos autores (SOTTA, 1998; WAGAI et al., 1998; FANG e MONCRIEFF, 2001; CHAMBERS et al., 2004) encontraram correlação significativa entre essas duas variáveis. No entanto, estudos de BALL e DRAKE (1998) em clima temperado e LA SCALA JR. et al. (2000) em clima tropical não detectaram correlação entre temperatura do solo e fluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Portanto, nem todos os resultados apontam para uma mesma direção, mas vale ressaltar que tais estudos foram realizados em situações distintas de clima e solo.

FERREIRA et al. (2008) verificaram que a temperatura do solo tem pouca influência sobre as emissões de CO<sub>2</sub> do solo em uma área de Campo Úmido no Cerrado ( $r=0,44$ ), mesmo com uma amplitude térmica próxima a 3 °C. Isto indica que a fraca correlação entre a temperatura do solo e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo pode ser característica de áreas com clima tropical. Para UPDEGRAFF et al. (2001), em clima temperado, onde a amplitude térmica é maior, a decomposição da matéria orgânica e as emissões de CO<sub>2</sub> estão mais limitadas pela temperatura que pelo nível do lençol freático.



**Figura 13** - Resposta da temperatura do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.



**Figura 14** - Resposta da umidade do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante os períodos de enchente, cheia e vazante.

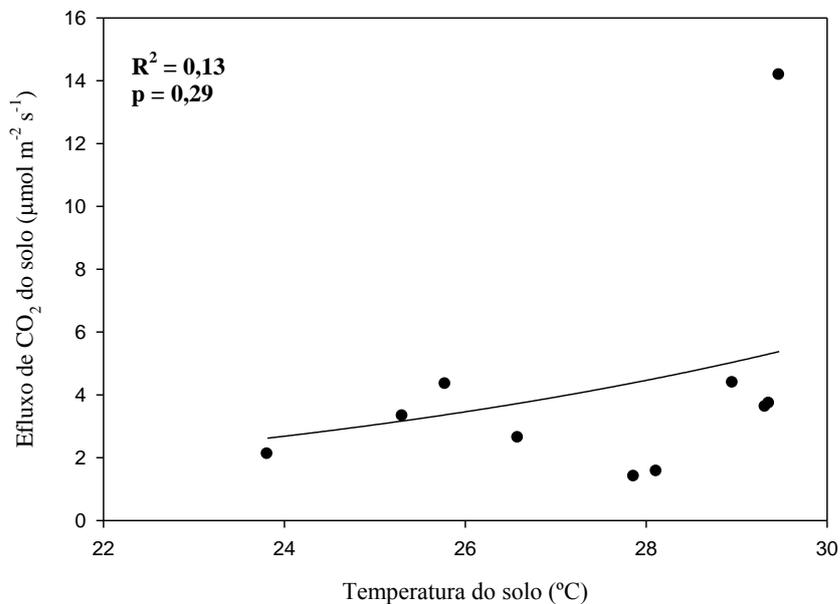
#### 4.3. ESTIMATIVA DO VALOR DE Q<sub>10</sub>

O valor de Q<sub>10</sub>, que indica o quanto aumenta a respiração do solo quando há um aumento de 10 °C na temperatura do solo, foi estimado utilizando-se a equação 1 e as médias mensais de efluxo de CO<sub>2</sub> e temperatura do solo dos cinco pontos de coleta. Foram realizadas regressões exponenciais entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e a temperatura do solo para cada ponto (Tabela 2). A média dos valores estimados de Q<sub>10</sub> durante o período estudado foi 2,16.

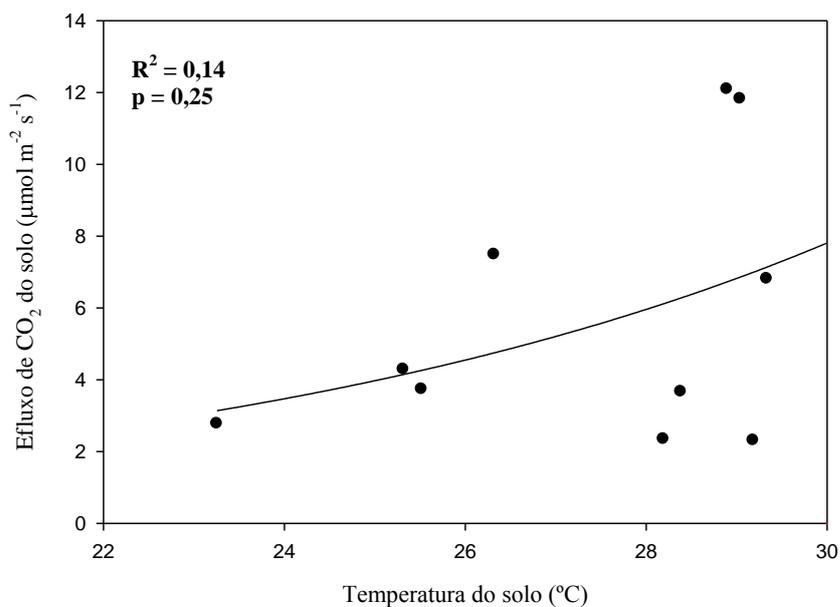
**Tabela 2** - Coeficiente de determinação e os valores estimados de Q<sub>10</sub> dos pontos de coleta.

Pontos de Coleta	R <sup>2</sup>	Estimativa Q <sub>10</sub>	n
Ponto 1	0,01	0,82	9
Ponto 2	0,03	1,58	9
Ponto 3	0,06	2,19	10
Ponto 4	0,13	3,34	10
Ponto 5	0,14	2,87	11
<b>Média</b>	-	<b>2,16</b>	-

Os melhores coeficientes de determinação das regressões entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e a temperatura do solo para cada ponto foram observados nos pontos 4 e 5, e são apresentados nas Figuras 15 e 16, respectivamente.



**Figura 15** - Resposta da temperatura do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no ponto 4.



**Figura 16** - Resposta da temperatura do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no ponto 5.

MEIR et al. (1996) em estudo em Rondônia durante três meses do ano, obtiveram um valor médio de  $Q_{10}$  de 2,3. Já SOTTA et al. (2004) encontraram um valor médio de  $Q_{10}$  de 1,8 em trabalhos na Floresta Amazônica. Os valores de  $Q_{10}$  obtidos por esses autores são coerentes com o valor médio observado no presente estudo.

#### 4.4. UMIDADE DO SOLO E O EFLUXO DE $CO_2$ DO SOLO

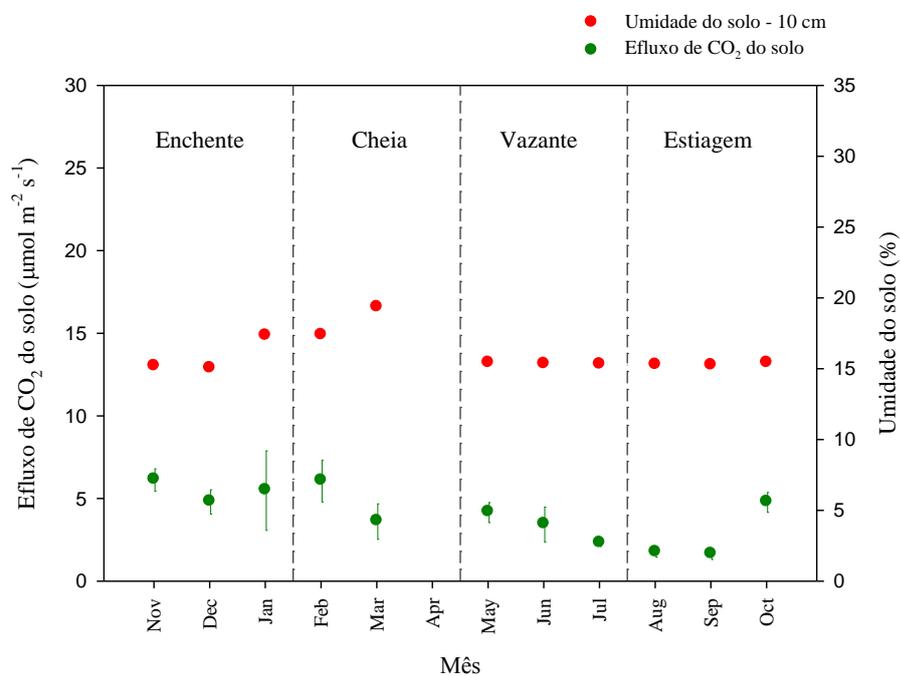
No presente estudo nas profundidades de 10 e 30 cm, as médias da umidade do solo foram 16,05% e 15,14%, respectivamente. A precipitação acumulada anual foi de 1489 mm (Tabela 3).

**Tabela 3** - Médias da umidade do solo (%) nas profundidades de 10 e 30 cm e precipitação acumulada mensal (mm).

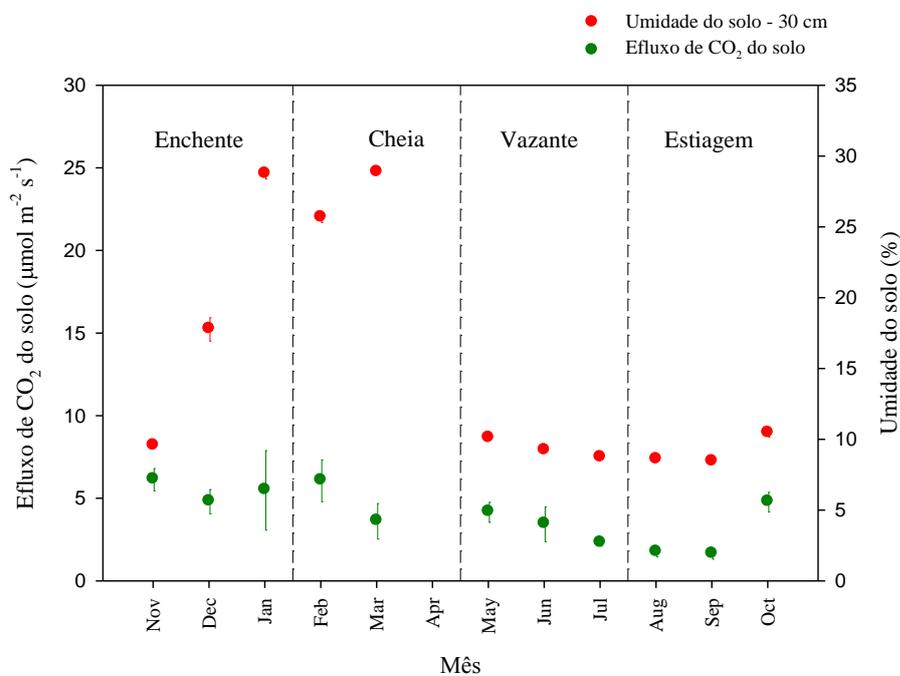
Mês/Ano	Umidade do solo (%)			Precipitação (mm)
	Profundidade		Média	
	10 cm	30 cm		
Novembro/2010	15,21	9,59	12,40	76
Dezembro/2010	15,06	17,82	16,44	120
Janeiro/2011	17,37	28,79	23,08	370
Fevereiro/2011	17,41	25,71	21,56	377
Março/2011	19,38	28,91	24,14	329
Abril/2011	-	-	-	144
Maió/2011	15,45	10,13	12,79	1
Junho/2011	15,37	9,27	12,32	7
Julho/2011	15,34	8,77	12,05	0
Agosto/2011	15,30	8,62	11,96	5
Setembro/2011	15,27	8,48	11,87	7
Outubro/2011	15,44	10,49	12,96	53
<b>Média</b>	<b>16,05</b>	<b>15,14</b>	<b>15,60</b>	-
<b>Soma</b>	-	-	-	<b>1489</b>

Nas Figuras 17 e 18 observa-se a variação temporal do efluxo de  $CO_2$  do solo e da umidade do solo nas profundidades de 10 e 30 cm, respectivamente. Nota-se nas duas figuras que durante os períodos de vazante e estiagem no Pantanal, que compreenderam o período estudado de maio/2010 a outubro/2011, essas duas variáveis foram diretamente proporcionais, ou seja, quando houve a diminuição da umidade do solo houve uma redução do efluxo de  $CO_2$  do solo e vice-versa. Isto

indica que a umidade do solo nesses dois períodos é um fator limitante para a emissão de CO<sub>2</sub> do solo.

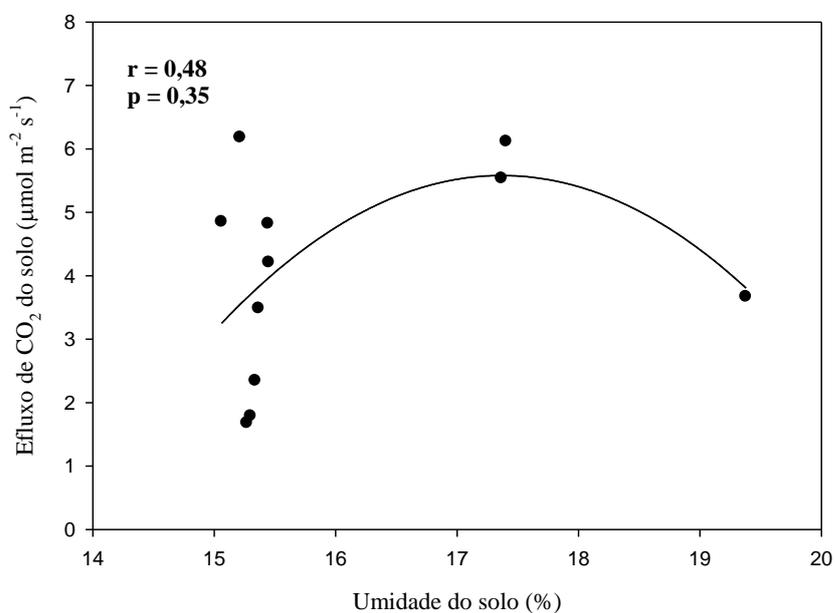


**Figura 17** - Variação temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e da umidade do solo na profundidade de 10 cm (média  $\pm$  DP).

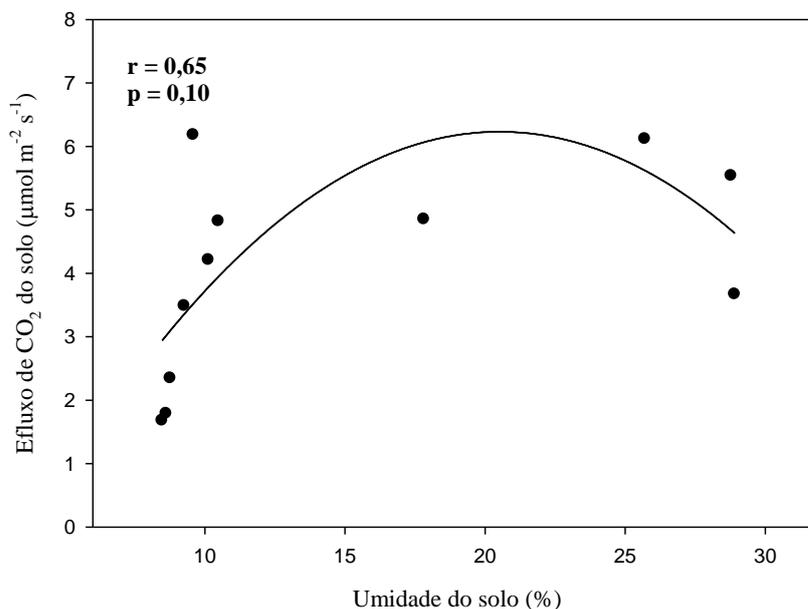


**Figura 18** - Variação temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e da umidade do solo na profundidade de 30 cm (média  $\pm$  DP).

No presente estudo, analisando a influência da umidade do solo a 10 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, verificou-se uma correlação positiva ( $r=0,47$ ) entre essas duas variáveis para uma regressão polinomial durante o período de novembro/2010 a outubro/2011, porém não significativa ao nível de 5% de probabilidade (Figura 19). Já para a umidade do solo a 30 cm de profundidade, verificou-se uma correlação positiva com coeficiente igual a 0,65, porém não significativa ao nível de 5% de probabilidade (Figura 20). As correlações verificadas para as duas profundidades sugerem que a umidade do solo pode não ter contribuição efetiva no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo se considerado todo o período de estudo.

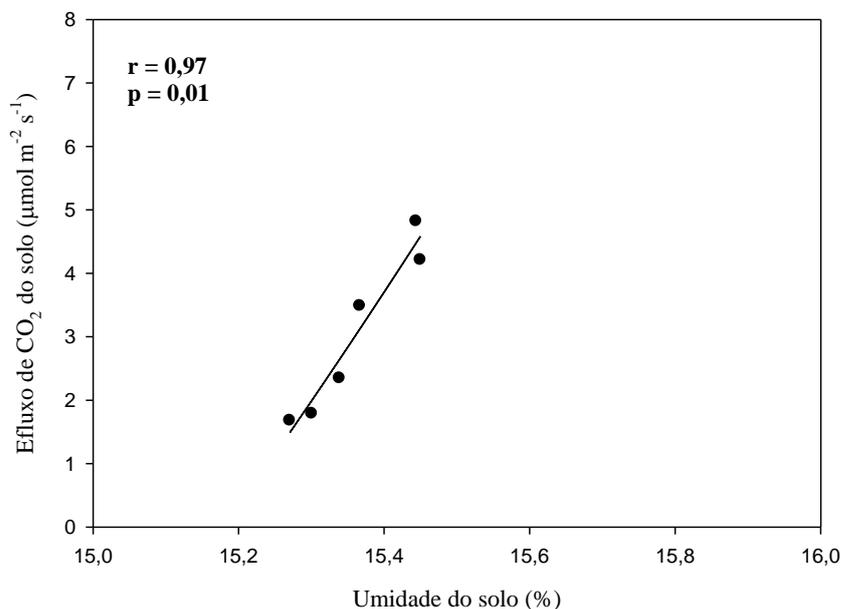


**Figura 19** - Resposta da umidade do solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

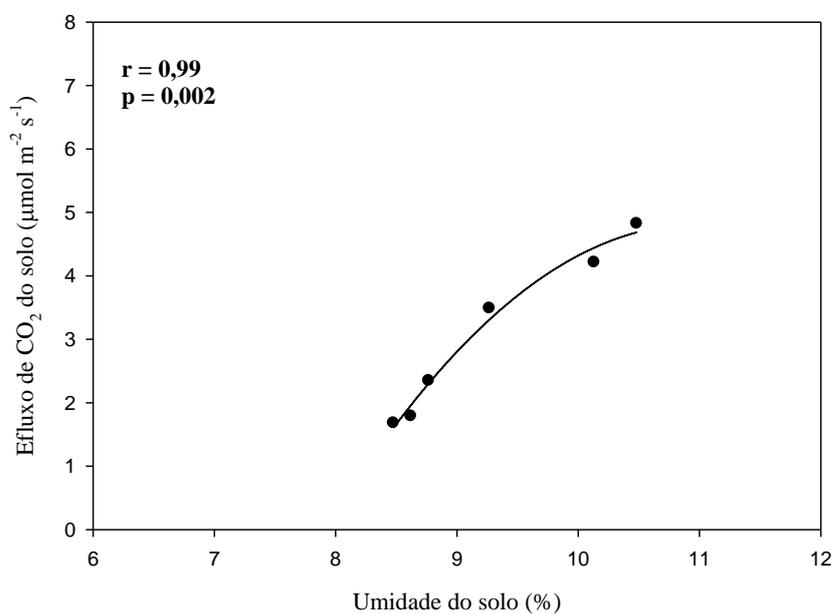


**Figura 20** - Resposta da umidade do solo na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

Analisando a umidade do solo durante os períodos de vazante e estiagem, observou-se uma redução gradativa da umidade solo de maio/2011 a setembro/2011, e um aumento em outubro/2011 devido às primeiras chuvas pós-estiagem na área de estudo. Essa redução e posterior aumento da umidade do solo interferiram significativamente na emissão de CO<sub>2</sub> do solo, pois se verificou correlação significativa ( $p < 0,05$ ) ao analisar os dados de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo com a umidade do solo a 10 cm ( $r = 0,97$ ) e 30 cm ( $r = 0,99$ ) de profundidade, sugerindo que a umidade do solo nesses períodos tem contribuição para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figuras 21 e 22).



**Figura 21** - Resposta da umidade do solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem.



**Figura 22** - Resposta da umidade do solo na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem.

Com a redução da umidade do solo houve a redução do efluxo de CO<sub>2</sub>, e a partir das primeiras chuvas no mês de outubro e consequente aumento da umidade do

solo, a emissão de CO<sub>2</sub> do solo aumentou. Isto pode ser explicado por DIAS (2006), que menciona que os solos tropicais que apresentam umidade e temperaturas elevadas, oferecem condições bastante propícias para a produção de CO<sub>2</sub>, pois favorecem a decomposição da matéria orgânica, a respiração das raízes e a respiração microbiana, aumentando assim emissão de CO<sub>2</sub> do solo para atmosfera.

A umidade do solo exerce grande influência na emissão de CO<sub>2</sub> do solo, pois interfere nas características físicas e biológicas do solo. Segundo ROSS (1989), o alto conteúdo de água do solo interferirá no efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, tanto pela redução da atividade respiratória aeróbica, que é a principal responsável pela emissão de CO<sub>2</sub> do solo, como pelo efeito físico de real impedimento à passagem do CO<sub>2</sub> até atingir a interface solo-atmosfera.

Muitos estudos demonstraram a influência da umidade na emissão de gases do solo, sendo este um dos fatores controladores da quantidade de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (YIM et al., 2003; KANG et al., 2003; CHAMBERS et al., 2004; SOTTA et al., 2004; SOUZA, 2004; VALENTINI, 2005; PINTO-JR, 2007).

SOTTA et al. (2004), também encontraram correlação moderada ( $r=0,63$ ) entre essas duas variáveis, valor semelhante ao encontrado neste estudo através da umidade do solo a 30 cm de profundidade. Já PINTO-JR (2007), observou um ajuste polinomial e um coeficiente de correlação de 0,89 na análise entre o efluxo de CO<sub>2</sub> e a umidade do solo, o que pode ser explicado pela diferença entre as características químicas, físicas e biológicas do solo da área estudado por este autor e a área do presente estudo. Segundo BUNNELL et al. (1977), o aumento da umidade ocasiona também o aumento do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, porém o excesso de água no solo causa uma barreira para troca de CO<sub>2</sub> ou O<sub>2</sub>, ou ambos, entre o solo e a atmosfera, provocando uma queda no efluxo de CO<sub>2</sub>, o que pode explicar o ajuste polinomial observado no presente estudo.

#### 4.5. PRODUÇÃO DE SERRAPILHEIRA, CARBONO ORGÂNICO DO SOLO E O EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO

##### 4.5.1. Produção de Serrapilheira

A serrapilheira foi coletada durante o período de dezembro/2010 a outubro/2011, e variou de  $0,06 \pm 0,07$  (dezembro/2010) a  $0,48 \pm 0,15$  t ha<sup>-1</sup> mês<sup>-1</sup> (abril/2011), com um total de serrapilheira produzida de  $2,05$  t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (Tabela 4). As folhas foram o principal componente da serrapilheira produzida, respondendo por 85%, já os galhos responderam por 12% e as flores e frutos por 3% do total.

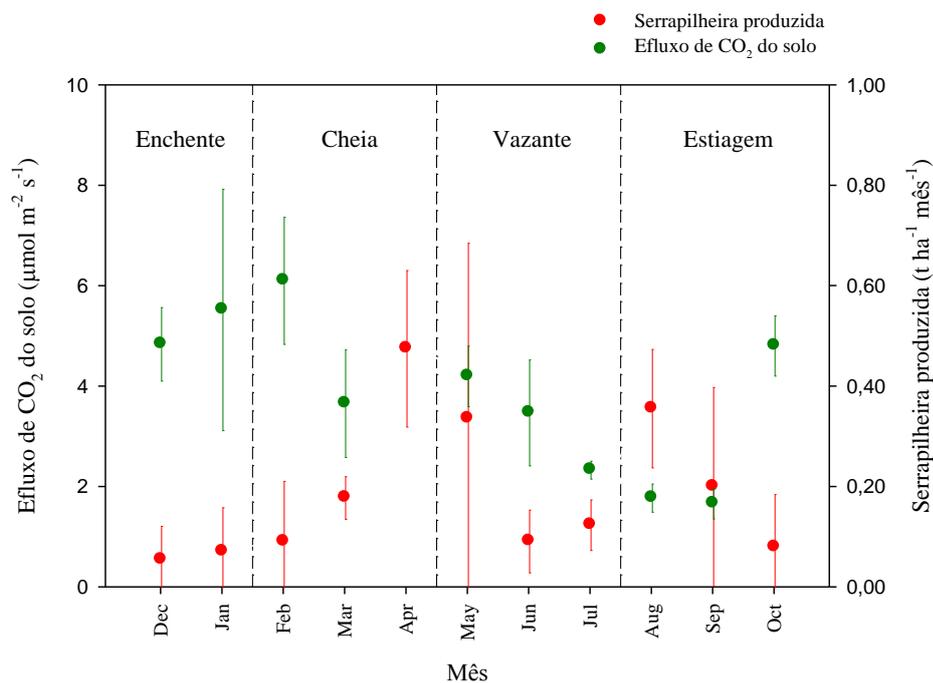
**Tabela 4** - Médias das frações de serrapilheira produzida durante dezembro/2010 a outubro/2011.

Mês/Ano	Serrapilheira produzida (t ha <sup>-1</sup> mês <sup>-1</sup> ± DP)			
	Folhas	Galhos	Miscelânea (flores + frutos)	Total
Dezembro/2010	0,04 ± 0,05	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,00	0,06 ± 0,07
Janeiro/2011	0,05 ± 0,06	0,01 ± 0,02	0,01 ± 0,01	0,07 ± 0,09
Fevereiro/2011	0,07 ± 0,09	0,02 ± 0,03	-	0,09 ± 0,12
Março/2011	0,17 ± 0,02	0,01 ± 0,02	-	0,18 ± 0,04
Abril/2011	0,44 ± 0,15	0,04 ± 0,00	-	0,48 ± 0,15
Maió/2011	0,32 ± 0,34	0,02 ± 0,01	-	0,34 ± 0,35
Junho/2011	0,08 ± 0,06	0,01 ± 0,01	-	0,09 ± 0,07
Julho/2011	0,12 ± 0,05	-	-	0,12 ± 0,05
Agosto/2011	0,35 ± 0,11	0,01 ± 0,01	-	0,36 ± 0,12
Setembro/2011	0,18 ± 0,17	0,01 ± 0,01	-	0,19 ± 0,18
Outubro/2011	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,06	-	0,08 ± 0,10

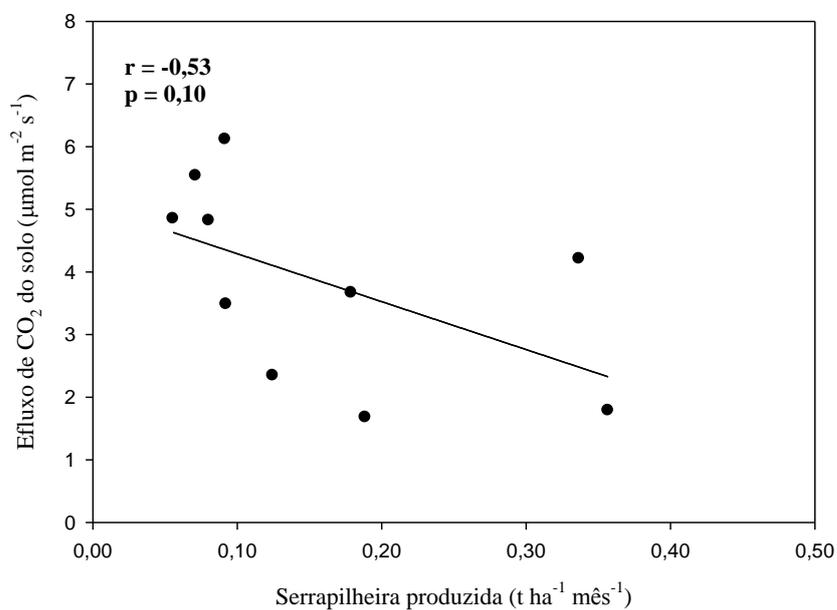
A produção de serrapilheira apresentou sazonalidade característica da região, pois o pico da produção foi em abril/2011, no final do período de cheia, por conta da maior queda de folhas antigas. Já a menor produção foi no período de enchente, em dezembro/2010, correspondendo ao período de grande pluviosidade no pantanal. NUNES DA CUNHA e COSTA (2000) observaram uma dinâmica temporal semelhante à observada neste trabalho, para a produção de serrapilheira em uma área de cambarazal no Pantanal Matogrossense.

A Figura 23 apresenta a variação temporal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e da produção serrapilheira. Durante o período de enchente e cheia, houve um aumento exponencial da quantidade de serrapilheira, indicando que as espécies arbóreas perdem suas folhas e galhos à medida que a pluviosidade aumenta. Durante o período de vazante, a produção de serrapilheira diminuiu consideravelmente devido a emissão de novas folhas, voltando a aumentar durante o período de estiagem, o que se deve ao fato de que as plantas perdem as folhas como uma estratégia para evitar a perda de água. Durante a estiagem, quando houve o aumento da produção de serrapilheira, o efluxo diminuiu devido à baixa umidade do solo, impossibilitando assim qualquer atividade microbiana e conseqüentemente diminuindo o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. A partir de outubro/2011 houve o aumento do efluxo de CO<sub>2</sub>, reflexo das primeiras chuvas pós-estiagem, o que ocasionou um aumento da umidade do solo e, assim, maior atividade microbiana dos organismos sobre a matéria orgânica no solo.

Analisando a resposta da serrapilheira produzida sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figura 24), nota-se que as duas variáveis são inversamente proporcionais, pois ao passo que a produção de serrapilheira aumentou o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo diminuiu. O coeficiente de correlação entre essas variáveis foi -0,53, porém não significativo ao nível de 5% de probabilidade, não sendo possível inferir se a serrapilheira tem contribuição para o aumento ou redução do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. No entanto, a interação entre essa variável e outras como umidade e temperatura do solo, podem responder satisfatoriamente às variações na emissão de CO<sub>2</sub> do solo.



**Figura 23** - Variação mensal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo e da produção de serrapilheira (média  $\pm$  DP).



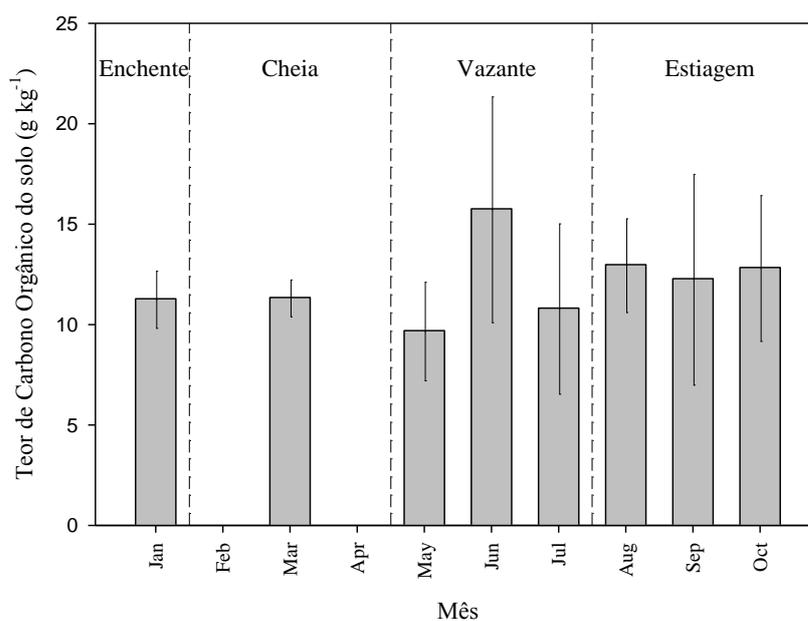
**Figura 24** - Resposta da serrapilheira produzida sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

PINTO-JR (2007) observou uma correlação entre a serrapilheira produzida e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo semelhante à encontrada no presente trabalho ao verificar

um coeficiente de correlação igual a -0,49. Porém, no estudo do autor acima citado foi verificada uma forte correlação entre essas duas variáveis nos meses de seca, diferente dos resultados observados neste estudo. Isto pode ser explicado pela diferença entre as áreas de estudo, pois PINTO-JR (2007) desenvolveu seu estudo em uma área de floresta de transição Amazônia Cerrado.

#### 4.5.2. Teor de Carbono Orgânico do Solo

A média do teor de carbono orgânico do solo foi  $12,13 \pm 1,82 \text{ g kg}^{-1}$  no período de janeiro a outubro de 2011, variando de  $9,70 \text{ g kg}^{-1}$  (maio) a  $15,76 \text{ g kg}^{-1}$  (junho). Em fevereiro e abril de 2011 não se obteve valores de carbono orgânico do solo, pois em fevereiro não houve coleta de amostra e em abril a área encontrava-se inundada (Figura 25).



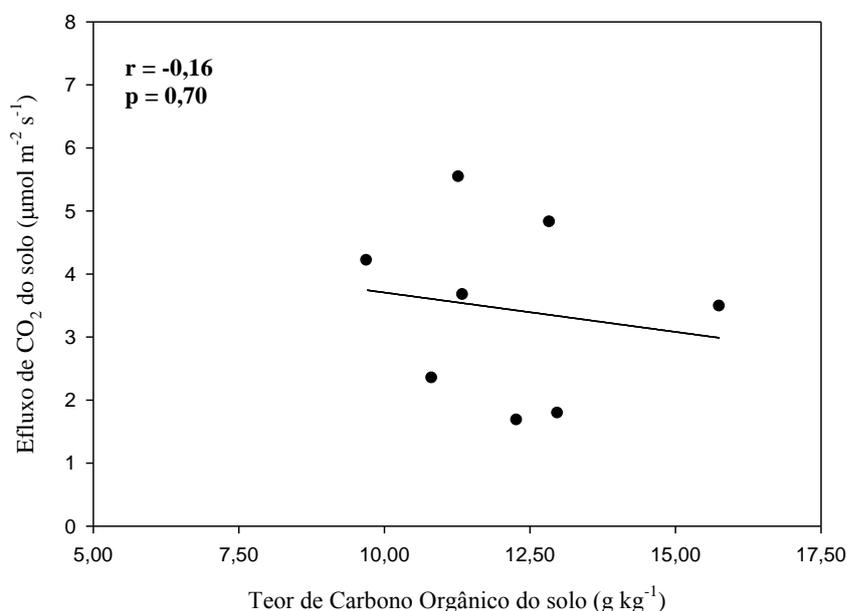
**Figura 25** - Teor de carbono orgânico do solo (média  $\pm$  DP), no Pantanal Matogrossense.

Os valores encontrados por MILESI (2010) se assemelham ao presente estudo, quando esta observou uma média anual do teor de carbono orgânico do solo de  $12,46 \pm 2,68 \text{ g kg}^{-1}$  em estudo realizado na mesma área.

Segundo LA ESCALA JR et al. (2000), é esperada uma relação entre a emissão de CO<sub>2</sub> do solo e as propriedades características dos solo, como por exemplo, a variação do teor de carbono orgânico, por ser um elemento base utilizado pelas bactérias no processo de decomposição.

Analisando a resposta do teor de carbono orgânico do solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figura 26), as duas variáveis foram inversamente proporcionais, pois ao passo que o teor de carbono orgânico aumentou o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo diminuiu. O coeficiente de correlação encontrado para essas variáveis foi -0,16, porém não significativo ao nível de 5% de probabilidade, não sendo possível inferir se o carbono orgânico do solo tem contribuição para o aumento ou redução do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo. Essa fraca correlação verificada sugere que o teor de carbono orgânico não seja um fator limitante para a emissão de CO<sub>2</sub> do solo no Pantanal.

LA SCALA JR et al. (2000), estudando em uma área de Latossolo Vermelho Escuro, encontraram correlação superior à observada no presente estudo ( $r=0,47$ ), o que pode ser explicado pela diferença das características físicas, químicas e biológicas do solo do presente estudo e do solo estudado por estes autores.



**Figura 26** - Resposta do teor de carbono orgânico sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo.

#### 4.6. ESTIMATIVA DO EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO PELO MODELO DE BUNNELL et al. (1977)

Alguns autores obtiveram resultados satisfatórios ao estimar o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em função da temperatura e da umidade do solo, a exemplo de BUNNELL et al. (1977), LLOYD e TAYLOR (1994) e VOURLITIS et al. (2000), evidenciando assim que a variação do efluxo não é explicada somente por uma variável.

Na seção 4.3. foram apresentadas os valores de Q<sub>10</sub> e seus respectivos coeficientes de determinação, porém obtidos através de estimativas em função apenas da temperatura do solo (Tabela 2). Com isso, considerando a temperatura do solo medido em cada ponto e a média da umidade do solo (Tabela 3) e utilizando o modelo de BUNNELL et al. (1977), obteve-se os valores de Q<sub>10</sub> e os coeficientes de determinação apresentados na tabela 5.

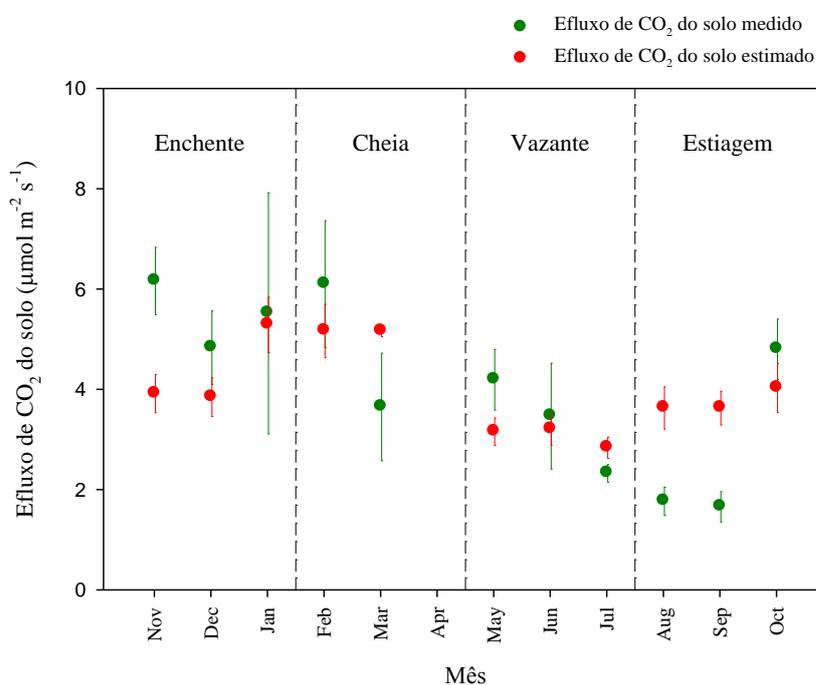
**Tabela 5** - Coeficiente de determinação e os valores estimados de Q<sub>10</sub> obtidos através do modelo de BUNNELL et al. (1977) para os pontos de coleta.

Pontos de Coleta	R <sup>2</sup>	Estimativa Q <sub>10</sub>	n
Ponto 1	0,09	0,77	9
Ponto 2	0,33	1,33	9
Ponto 3	0,26	1,49	10
Ponto 4	0,42	5,47	10
Ponto 5	0,22	2,76	11
<b>Média</b>	-	<b>2,36</b>	-

Analisando os valores de Q<sub>10</sub> obtidos a partir do modelo de BUNNELL et al. (1977), observou-se que o ponto 4 teve o melhor coeficiente de determinação e um valor de Q<sub>10</sub> igual a 5,47, superior ao apresentado na Tabela 2. Notou-se que os valores de Q<sub>10</sub> obtidos pelo modelo foram menores nos pontos 1, 2, 3 e 5, se comparado com os valores estimados pela Equação 2 que considera apenas a variável temperatura do solo. No entanto, para o ponto 4 obteve-se um valor Q<sub>10</sub> superior se comparado ao outro método de estimativa, porém esse ponto apresentou os maiores valores de Q<sub>10</sub> nos dois modelos.

Contudo, os valores de  $Q_{10}$  estimados em função da temperatura do solo (Equação 2) e os valores de  $Q_{10}$  estimados por meio do modelo de BUNNELL et al. (1977) não apresentaram diferenças significativas ( $t=0,41$ ;  $p=0,70$ ).

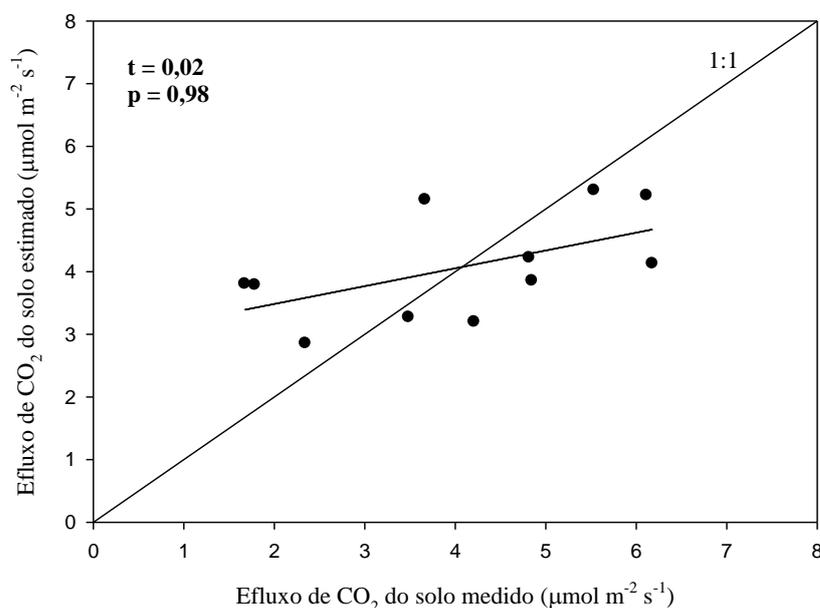
Foi estimado pelo modelo de BUNNELL et al. (1977) os valores médios mensais de efluxo de  $CO_2$  do solo dos cinco pontos de coleta a partir dos valores médios da temperatura do solo e da média da umidade do solo (Tabela 3), assim como o  $Q_{10}$  e o coeficiente de determinação. Na Figura 27 observa-se as curvas das médias mensais do efluxo de  $CO_2$  do solo medido e estimado.



**Figura 27** - Variação temporal do efluxo de  $CO_2$  do solo medido e estimado pelo modelo de BUNNELL et al. (1977) (média  $\pm$  DP).

A média anual do efluxo de  $CO_2$  do solo estimado pelo modelo foi  $4,07 \pm 0,84 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ , e o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as médias mensais usando o modelo foi 0,30. Observa-se que os valores das médias mensais do efluxo de  $CO_2$  estimado não seguiu a mesma tendência dos valores de efluxo de  $CO_2$  medidos, apresentando uma tendência semelhante apenas no período de enchente, que compreendeu o período estudado de novembro/2010 a janeiro/2011. VALENTINI (2005) e PINTO-JR (2007), verificaram que o efluxo medido e o estimado não tiveram diferenças significativas, sendo que os valores estimados seguiram a mesma

tendência dos valores medidos. Portanto, o modelo de BUNNELL et al. (1977) se adapta muito bem a florestas, pois esses autores desenvolveram seus estudos em uma área de floresta de transição Amazônia Cerrado. Já para o Pantanal, apesar da tendência dos valores de efluxo estimado ser diferente da tendência dos valores de efluxo medido nos períodos de cheia, vazante e estiagem, essas duas variáveis não tiveram diferença significativa ( $t=0,02$ ;  $p=0,98$ ) (Figura 28).



**Figura 28** – Relação entre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo medido e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo estimado pelo modelo de BUNNELL et al. (1977).

#### 4.7. MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE O EFLUXO DE CO<sub>2</sub> DO SOLO E AS DEMAIS VARIÁVEIS MEDIDAS

Foram medidas no perfil do solo, além da umidade do solo, a concentração de CO<sub>2</sub> (ppm), o conteúdo de O<sub>2</sub> (%) e o potencial matricial (kPa), nas profundidades de 10 e 30 cm, durante o período de novembro/2010 a outubro/2011. As médias mensais dessas variáveis são apresentadas na tabela 6. Devido a um problema no sensor de CO<sub>2</sub> durante o mês de março/2011, não houve registro para a profundidade de 30 cm.

A concentração de CO<sub>2</sub> apresentou maiores valores nos períodos de enchente e cheia, nas duas profundidades, devido à maior umidade do solo e

consequentemente maior produção de CO<sub>2</sub> no solo. Já os menores valores dessa variável foram verificados justamente nos períodos em que o solo da área de estudo apresentou menores valores de umidade, que ocorreu durante os períodos de vazante e estiagem. Já o conteúdo de O<sub>2</sub> no solo apresentou valores bem distintos nas duas profundidades, apresentando maiores valores a 10 cm e valores bem inferiores a 30 cm de profundidade, o que pode ser explicado pelo maior consumo desse gás por parte dos microorganismos e pelo sistema radicular das plantas superiores na camada mais profunda do solo, e também pela maior concentração de CO<sub>2</sub> a 30 cm de profundidade. O Potencial matricial do solo apresentou menores valores nos períodos de enchente e cheia, e maiores valores nos períodos de vazante e estiagem, o que é explicado pela maior umidade do solo durante o período de novembro/2010 a março/2011 e pela menor umidade do solo durante o período de maio a outubro/2011, tendo em vista que essa variável é função da umidade do solo.

**Tabela 6** - Médias da concentração de CO<sub>2</sub> (ppm), conteúdo de O<sub>2</sub> (%) e potencial matricial (kPa) nas profundidades de 10 e 30 cm.

Unidade	Concentração de CO <sub>2</sub> no solo		Conteúdo de O <sub>2</sub> no solo		Potencial Matricial do solo	
	ppm		%		kPa	
	10 cm	30 cm	10 cm	30 cm	10 cm	30 cm
<b>Mês/Ano</b>						
Novembro/2010	5.177	12.683	16,80	1,37	-15,8	-250,2
Dezembro/2010	3.198	11.495	17,21	1,35	-51,2	-62,6
Janeiro/2011	10.754	83.214	16,09	1,09	-10,9	-10,1
Fevereiro/2011	11.419	43.512	16,34	0,98	-22,5	-12,0
Março/2011	17.161	-	3,83	0,08	-9,0	-10,4
Abril/2011	-	-	-	-	-	-
Maio/2011	2.170	7.294	0,09	1,38	-465,5	-245,4
Junho/2011	1.754	5.531	0,12	1,47	-454,5	-258,1
Julho/2011	1.395	4.839	0,13	1,59	-464,1	-258,2
Agosto/2011	1.095	3.563	0,22	1,53	-453,9	-255,2
Setembro/2011	1.050	3.563	18,45	1,40	-470,5	-255,6
Outubro/2011	2.780	6.574	17,54	1,33	-229,3	-229,6
<b>Média</b>	<b>5.268</b>	<b>18.227</b>	<b>9,71</b>	<b>1,23</b>	<b>-241</b>	<b>-168</b>

Analisando a resposta da concentração de CO<sub>2</sub> no solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Tabela 7), verificaram-se correlações positivas para a profundidade de 10

cm ( $r=0,46$ ) e 30 cm ( $r=0,55$ ), o que indica uma relação direta entre essas variáveis, porém essas duas correlações não foram significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Observando a tabela 7, nota-se que a resposta do conteúdo de  $O_2$  no solo a 10 cm sobre o efluxo de  $CO_2$  apresentou correlação positiva ( $r=0,53$ ), indicando que nessa profundidade essas variáveis são diretamente proporcionais, porém não significativa. Já para a resposta do conteúdo de oxigênio na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de  $CO_2$  do solo, nota-se uma correlação negativa ( $r=-0,24$ ), indicando que essas duas variáveis são inversamente proporcionais, mas não significativa ao nível de 5% de probabilidade. A proporcionalidade inversa dessas variáveis pode ser explicada pelo fato de que o efluxo de  $CO_2$  do solo é dependente de um conjunto de variáveis e não somente do conteúdo de  $O_2$  a 30 cm de profundidade, o que faz com que o efluxo de  $CO_2$  seja maior em alguns períodos mesmo com o baixo percentual de  $O_2$ .

Analisando a resposta do potencial matricial do solo sobre o efluxo de  $CO_2$  do solo (Tabela 7), verificou-se correlação negativa nas profundidades de 10 cm ( $r=-0,79$ ) e 30 cm ( $r=-0,51$ ), indicando que essas duas variáveis são inversamente proporcionais. No entanto, somente a correlação entre o potencial matricial do solo na profundidade de 10 cm e o efluxo de  $CO_2$  do solo foi significativa estatisticamente. Isto pode ser explicado pelo fato de que um solo com menor potencial matricial retém menos água em sua matriz, disponibilizando assim mais água para os processos microbiológicos que compõe a produção de  $CO_2$  no solo, ou vice-versa.

**Tabela 7** - Matriz de correlação das variáveis medidas. Os valores correspondem ao coeficiente de correlação de Pearson (r).

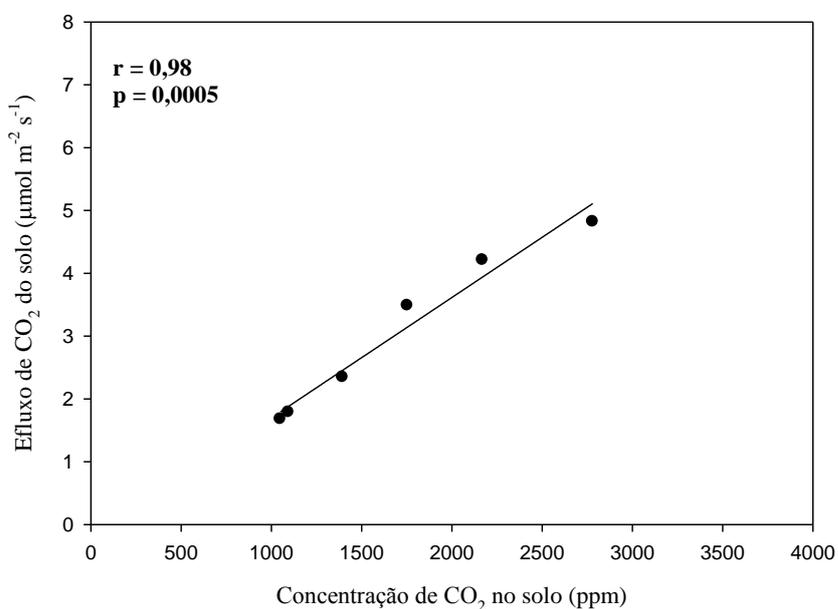
	<b>Efluxo de CO<sub>2</sub></b>	<b>Conc. de CO<sub>2</sub> (10 cm)</b>	<b>Conc. de CO<sub>2</sub> (30 cm)</b>	<b>Conc. de O<sub>2</sub> (10 cm)</b>	<b>Conc. de O<sub>2</sub> (30 cm)</b>	<b>Temp. do solo</b>	<b>Umid. do solo (10 cm)</b>	<b>Umid. do solo (30 cm)</b>	<b>Potencial Matricial (10 cm)</b>	<b>Potencial Matricial (30 cm)</b>	<b>Serrapilheira acumulada</b>	<b>Carbono Orgânico do solo</b>
<b>Efluxo de CO<sub>2</sub></b>	1											
<b>Conc. de CO<sub>2</sub> (10 cm)</b>	0,46	1										
<b>Conc. de CO<sub>2</sub> (30 cm)</b>	0,55	0,90**	1									
<b>Conc. de O<sub>2</sub> (10 cm)</b>	0,53	0,16	0,38	1								
<b>Conc. de O<sub>2</sub> (30 cm)</b>	-0,24	-0,93**	-0,79**	-0,05	1							
<b>Temp. do solo</b>	0,42	0,52	0,47	0,64*	-0,44	1						
<b>Umid. do solo (10 cm)</b>	0,24	0,96**	0,90**	-0,01	-0,94**	0,44	1					
<b>Umid. do solo (30 cm)</b>	0,49	0,92**	0,92**	0,26	-0,80**	0,45	0,88**	1				
<b>Potencial Matricial (10 cm)</b>	-0,79**	-0,76**	-0,64*	-0,59	0,61*	-0,61*	-0,58	-0,77**	1			
<b>Potencial Matricial (30 cm)</b>	-0,51	-0,85**	-0,81**	-0,34	0,73*	-0,41	-0,78**	-0,97**	0,80**	1		
<b>Serrapilheira acumulada</b>	-0,31	0,5	-0,16	-0,49	-0,62	-0,1	0,63	0,33	-0,06	-0,25	1	
<b>Carbono Orgânico do solo</b>	-0,46	-0,79*	-0,38	-0,3	0,81*	-0,35	-0,74	-0,66	0,65	0,65	-0,35	1

\*\* correlação significativa ao nível de 1% (p<0,01)

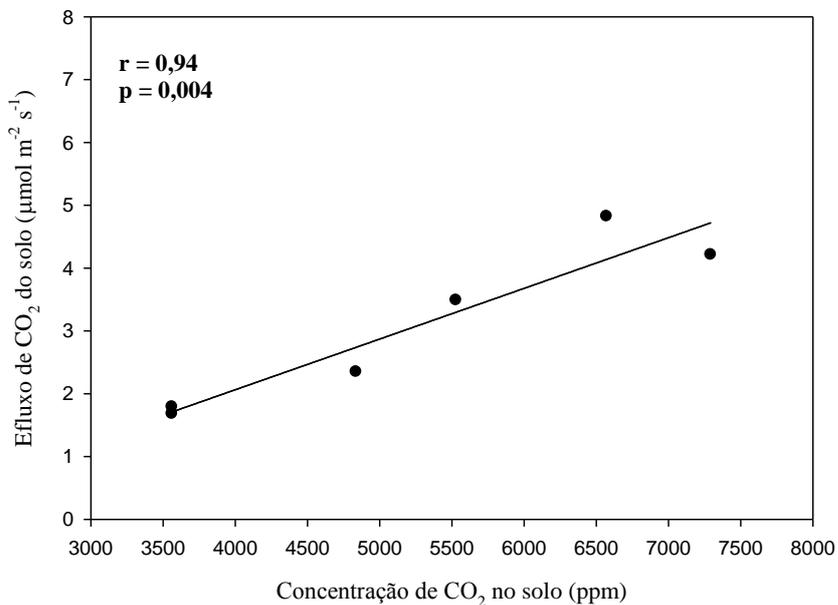
\* correlação significativa ao nível de 5% (p<0,05)

Analisando a resposta da concentração de CO<sub>2</sub> no solo sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo durante os períodos compreendidos como vazante e estiagem, verificaram-se correlações positivas altamente significativas para a profundidade de 10 cm ( $r=0,98$ ) e 30 cm ( $r=0,94$ ), sugerindo que concentração de CO<sub>2</sub> no solo nesses períodos tem contribuição para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo (Figuras 29 e 30). Essa correlação significativa se deve provavelmente ao fato de que um dos fatores que controlam a difusão do CO<sub>2</sub> no solo é a sua concentração na interface solo-atmosfera (SOTTA, 1998).

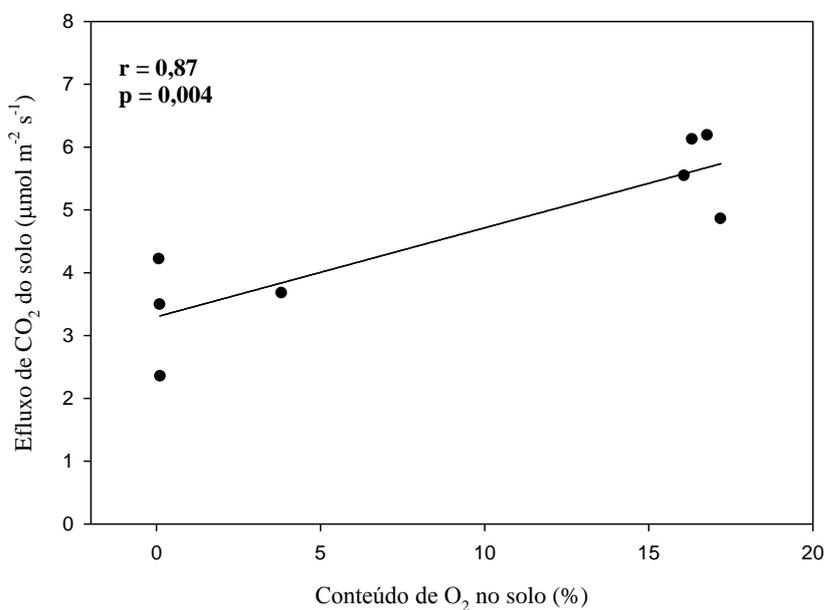
Na figura 31 nota-se a correlação entre o conteúdo de O<sub>2</sub> no solo na profundidade de 10 cm e o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo durante os períodos compreendidos como enchente, cheia e vazante. Verificou-se uma correlação positiva altamente significativa entre essas variáveis ( $r=0,87$ ), indicando que o conteúdo de O<sub>2</sub> no solo a 10 cm interfere diretamente na respiração do solo durante esses períodos. Isto provavelmente se deve ao fato de que a maior disponibilidade de oxigênio no solo nessa profundidade favorece a produção de CO<sub>2</sub> por parte dos microrganismos aeróbios e a respiração das raízes.



**Figura 29** – Resposta da concentração de CO<sub>2</sub> no solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem.



**Figura 30** – Resposta da concentração de CO<sub>2</sub> no solo na profundidade de 30 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante os períodos de vazante e estiagem.



**Figura 31** – Resposta do conteúdo de O<sub>2</sub> no solo na profundidade de 10 cm sobre o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, durante os períodos de enchente, cheia e vazante.

## 5. CONCLUSÕES

- Houve dinâmica sazonal do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo no período de novembro/2010 a outubro/2011, com os menores valores verificados no período compreendido como de estiagem e os maiores no período compreendido como de enchente.
- A temperatura do solo contribuiu para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo nos períodos compreendidos como de enchente, cheia e vazante.
- O valor médio de Q<sub>10</sub> estimado através do modelo de BUNNELL et al. (1977) que relaciona o efluxo de CO<sub>2</sub> do solo com a temperatura e a umidade do solo foi coerente com os valores médios observados em estudos da literatura, e não diferiu estatisticamente do valor estimado apenas em função da temperatura do solo.
- A umidade do solo contribuiu para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo nos períodos compreendidos como de vazante e estiagem, e não se pode concluir que esta variável tenha influência no período de enchente e cheia.
- Não houve correlação significativa da serrapilheira produzida e do teor de carbono orgânico do solo em relação ao efluxo de CO<sub>2</sub> do solo, indicando que as variáveis de estudo não apresentam mesma dinâmica temporal.
- Os valores de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo estimados pelo modelo de BUNNELL et al. (1977) não diferiram estatisticamente dos valores de efluxo de CO<sub>2</sub> do solo medidos.
- A concentração de CO<sub>2</sub> no solo contribuiu para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo nos períodos compreendidos como de vazante e estiagem.
- O conteúdo de O<sub>2</sub> no solo a 10 cm de profundidade contribuiu para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo nos períodos compreendidos como de enchente, cheia e vazante.
- O potencial matricial do solo a 10 cm de profundidade contribuiu para o aumento ou diminuição do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo durante todos os períodos estudados.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADÂMOLI, J. Fitogeografia do Pantanal. In: I Simpósio Sobre Recursos Naturais e Socioeconômicos Do Pantanal, 1986, Corumbá. **Anais**. Corumbá: Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, p. 90-106, 1986.

BALL, A.S.; DRAKE, B.G. Stimulation of soil respiration by carbon dioxide enrichment of marsh vegetation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n. 8-9, p. 1203-1205, 1998.

BUNNELL, F.L.; TAIT, D.E.N.; FLANAGRAN, P.W.; VAN CLEVE, K. Microbial respiration and substrate weight loss-I: A general model of the influences of abiotic variables. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 9, p. 33-40, 1977.

CHAMBERS, J.Q.; TRIBUZY, E.S.; TOLEDO, L.; CHISPIM, B.F.O.; HIGUCHI, N.; SANTOS, J.; ARAUJO, A.C.; KRUIJT, B.; NOBRE, A.D.; TRUMBORE, S.E. Respiration from a tropical forest ecosystem partitioning of sources and low carbon use efficiency. **Ecological Application**, v. 14, p. S72-S88, 2004.

CHIMNER, R.A.; COOPER, D.J. Influence of water table levels on CO<sub>2</sub> emissions in a Colorado. subalpine fen: an in situ microcosm study. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 35, p. 345-351, 2003.

COLE, C.A.; BROOKS, R. P. A comparison of the hydrologic characteristics of natural and created mainstem floodplain wetlands in Pennsylvania. **Ecological Engineering**, v. 14, p. 221- 231, 2000.

COÛTEAUX, M.M.; BOTTLNER, P.; BERG, B. Litter decomposition, climate and litter quality. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 63-66, 1995.

COUTINHO, L.M.; LAMBERTI, A. Respiração edáfica e produtividade primária numa comunidade Amazônica de mata de terra-firme. **Ciência e Cultura**, v. 23, p. 411-420, 1971.

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

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

DAVIDSON, E.A.; VERCHOT, L.V.; CATTANIO, J.H.; ACKERMAN, I.L.; CARVALHO, J.E.M. Effects of soil water content on soil respiration in forest and cattle pastures of eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, v. 48, n. 1, p. 53-69, 2000.

DEL'ARCO, J.O.; DA SILVA, R.H.; TARAPANOFF, I.; FREIRE, F.A.; MOTA PEREIRA, L.G.; SOUZA, S.L.; PALMEIRAS, R.C.B.; TASSINARI, C.C.G. Geologia. In: PROJETO RADAMBRASIL. Folhas SE. 20/21. Corumbá. Rio de Janeiro: IBGE, 1982. p. 25-160. (Levantamento de Recursos Naturais, 27).

DIAS, H.C.T.; OLIVEIRA FILHO, A.T. Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Larvas-MG. **Revista Árvore**, v. 21, n. 1, p. 11-26, 1997.

DIAS, J.D. Fluxo de CO<sub>2</sub> proveniente da respiração do solo em áreas de floresta nativa da Amazônia. 88p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212p.

FANG, C.; MONCRIEFF, J. B. The dependence of soil CO<sub>2</sub> efflux on temperature. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, n. 2, p. 155-165, 2001.

FAN, S.; WOFSY, S.C.; BAKWIN, P.S.; JACOB, D.J. Atmosphere biosphere exchange of CO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in the Central Amazon forest. **Journal of Geophysical Research**, v. 95, p. 851-864, 1990.

FERREIRA, E.A.B.; MEIRELLES, M.L.; FRANCO, A.C. Influência das variações ambientais sobre o fluxo de CO<sub>2</sub> em solos de Campo Úmido no Cerrado. IN: II Simpósio Internacional de Savanas Tropicais, 2008, Brasília. **Anais**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

FREITAS, H.C. Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo em uma pastagem na Amazônia (Rondônia): observações com câmara portátil e simulação do ciclo de carbono com o modelo SiB2. 59p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

HANSON P.J.; WULLSCHLEGER S.D.; BOHLMAN S.A.; TODD D.E. Seasonal and topographic patterns of forest floor CO<sub>2</sub> efflux from an upland oak forest. **Tree Physiology**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 1993.

HASENACK, H., CORDEIRO, J. L. P. e HOFMANN, G. S. O clima da RPPN SESC Pantanal. Relatório técnico. Disponível em: <[www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/downloads/dados/clima\\_rppn\\_sescpantanal.pdf](http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/downloads/dados/clima_rppn_sescpantanal.pdf)>. Acesso em 10 de outubro de 2011.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Climate change. The scientific basis. Contribution of the Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press; 2001. 881 p.

JASSAL, R.S.; BLACK, T.A.; DREWITT, G.B.; NOVAK, M.D.; GAUMONT-GUAY, D.; NESIC, Z.A. model of the production and transport of CO<sub>2</sub> in soil: predicting soil CO<sub>2</sub> concentrations and CO<sub>2</sub> efflux from a forest floor. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 124, n. 3-4, p. 219-236, 2004.

JOHNSON, M.S.; LEHMANN, J.; RIHA, S.J.; KRUSCHE, A.V.; RICHEY, J.E.; OMETTO, J.P.H.B.; COUTO, E.G. CO<sub>2</sub> efflux from Amazonian headwater streams represents a significant fate for deep soil respiration. **Geophysical Research Letters**, v. 35, n. 17, p. 1-5, 2008.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The flood pulse concept in river-floodplain-systems. Canadian Special Publications for **Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 106, n. 1, p. 110-127, 1989.

JUNK, W. J.; NUNES DA CUNHA, C. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, v. 24, n. 4, p. 391-401, 2005.

JUNK, W.J.; NUNES DA CUNHA, C.; WANTZEN, K.M.; PETERMANN, P.; STRÜSSMANN, C.; MARQUES, M. I.; ADIS, J. Biodiversity and its conservation in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. **Aquatic Sciences**, v. 68, n. 3, p. 278-309, 2006.

KALLESTAD, J.C.; SAMMIS, T.W.; MEXAL, J.G. Comparison of Galvanic and Chemi-Luminescent sensors for detecting soil air oxygen in flood-irrigated pecans. **Soil Science Society of America Journal**, v. 72, n. 3, p. 758-766, 2008.

KANG, S.; SUEYOUNG, D.; LEE, D.; LEE, D.; JIN, V.L.; KIMBALL, J.S. Topographic and climatic controls on soil respiration in six temperature mixedhardwood forest slopes, Korea. **Global Change Biology**, v. 9, p.1427-1437, 2003.

LA SCALA JR, N.; MARQUES JR., J.; PEREIRA, G.T.; CORÁ, J.E. Carbon dioxide emission related to chemical properties of a tropical bare soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 10, p. 1469-1473, 2000.

LINN, D.M.; DORAN, J.W. Effects of water-filled pore space on carbon dioxide and nitrous oxide production in tilled and nontilled soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 48, n. 6, p. 1267-1272, 1984.

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

LOURIVAL, R; HARRIS, M.; MONTAMBAULT, J.M. Introdução ao Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. In: A Biological Assesment of the Aquatic Ecosystems of the Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil. RAP Bulletin of Biological Assesment, p. 147-151, 2000.

MARTINS, F.R.; MATTHES, L.A.F. Respiração edáfica e nutrientes na Amazônia (Região de Manaus): floresta arenícola, campinarana e campina. **Acta Amazônica**, v. 8, p. 233-244, 1978.

MATEUS, L.A.F.; PENHA, J.M.F.; PETRERE, M. Fishing resource in the rio Cuiabá basin, Pantanal do Mato Grosso, Brazil. **Sociedade Brasileira de Ictiologia**, v. 2, n. 4, p. 2117-227, 2004.

MEIR, P.; GRACE, J.; MIRANDA, A.; LLOYD, J. Soil respiration in Amazônia and in cerrado in central Brazil. **Amazonian Deforestation and Climate**. eds. J. C. H. Gash, C. A. NOBRE, J. M. ROBERTS and R. VICTÓRIA. John Wiley and Sons, Chichester, UK, p. 319-330, 1996.

MESSIAS, I.A.M. Monitoramento contínuo do potencial redox e de variáveis complementares em ambiente hipsazonal no Pantanal de Barão de Melgaço. 57p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011.

MILESI, J. Análise temporal do carbono orgânico de solos sob diferentes fitofisionomias do Pantanal Mato-Grossense. 56p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

MONTAGNINI, F.; JORDAN, C.F. Reciclaje de nutrientes. In: GUARIGUATA, M.R.; KATTAN, G.H. (Eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Cartago: Ediciones LUR, p. 167-191, 2002.

NEUE, H.U.; GAUNT, J.L.; WANG, Z.P.; BECKERHEIDMANN, P.; QUIJANO, C. Carbon in tropical wetlands. **Geoderma**, v. 79, n. 1-4, p. 163-185, 1997.

NUNES DA CUNHA, C.; COSTA, C.P. Dinâmica de Serrapilheira em *Vochysia divergens* no Cambarazal da Fazenda Retiro Novo, Pantanal de Poconé, MT. In: III Simpósio Sobre Recursos Naturais e Sócio-Econômicos do Pantanal, 2000, Corumbá. **Abstracts**, v. 1, p. 198, 2000.

NUNES DA CUNHA, C.; JUNK, W.J. Distribution of woody plant communities along the flood gradient the Panatanal of Poconé, Mato Grosso, Brazil. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v.27, n. 1, p. 63-70, 2001.

NUNES, P.C. Influência do efluxo de CO<sub>2</sub> do solo na produção de forragem numa pastagem extensiva e num sistema agrosilvopastoril. 68p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

PINTO-JR, O.B. Efluxo de CO<sub>2</sub> do Solo em Floresta de Transição Amazônica Cerrado e em Área de Pastagem. 79p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

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. 44B, n. 2, p. 81-99, 1992.

RAYMENT, M.B.; JARVIS, P.G. Temporal and spatial variation of soil CO<sub>2</sub> efflux in a Canadian boreal forest. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 32, n. 1, p. 35-45, 2000.

ROSOLEM, R.; da ROCHA, H. R.; FREITAS, H. C. Controles físicos de temperatura e umidade do solo nas emissões de CO<sub>2</sub> do solo em áreas de cerrado e cana-de-açúcar. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2002, Foz do Iguaçu. Anais do XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, v. 1, p. 2576-2585, 2002.

ROSS, S. Soil Processes: A systematic approach. Routledge, New York, U.S.A. 444 p. 1989.

SAKAKI, T.; LIMSUWAT, A.; SMITS, K.M.; ILLANGASEKARE, T.H. Empirical two-point  $\alpha$ -mixing model for calibrating the ECH<sub>2</sub>O EC-5 soil moisture sensor in sands. **Water Resources Research**, v. 44, p. 1-8, 2008.

SALIMON, C.I.; DAVIDSON, E.A.; VICTORIA, R.L.; MELO, A.W.F. CO<sub>2</sub> flux from soil in pastures and forests in southwestern Amazonia. **Global Change Biology**, v. 10, p. 833-843, 2004.

SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais. Porto Alegre, RS: Gênese, 1999. 508p.

SANTOS, R.D.; CARVALHO FILHO, A.; NAIME, U. J.; OLIVEIRA, H.; MOTTA P.E.F.; BARUQUI, A.M.; BARRETO, W.O.; MELO, M.E.C.C.M.; PAULA, J.L.; SANTOS, E.M.R.; DUARTE, M.N. Pedologia. In: Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP: diagnóstico dos meios físico e biótico - meio físico. Brasília, DF: PNMA, 1997. p.127-307. v.2, t.1.

SILVA, J.S.V.; ABDON, M.M. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. especial, p. 1703-1711, 1998.

SOARES, A.F.; SILVA, J.S.V.; FERRARI, D.L. Solos da paisagem do Pantanal brasileiro – adequação para o atual sistema de classificação. In: Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1, 2006, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.275-284, 2006.

SOUZA, J.S. Dinâmica espacial e temporal do fluxo de CO<sub>2</sub> do solo em floresta de terra firme na Amazônia Central. 62p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2004.

SOTTA, E.D. Fluxo de CO<sub>2</sub> entre solo e atmosfera em floresta tropical úmida da Amazônia Central. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 1998.

SOTTA, E.D.; MEIR, P.; MALHI, Y.; NOBRE, A.D.; HODNETT, M.G.; GRACE, J. Soil CO<sub>2</sub> efflux in a tropical forest in the Central Amazon. **Global Change Biology**, v. 10, p. 601-617, 2004.

SUBKE, J.A.; REICHSTEIN, M.; TENHUNEN, J.D. Explaining temporal variation in soil CO<sub>2</sub> efflux in mature spruce forest in Southern Germany. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, p. 1467-1483, 2003.

UPDEGRAFF, K.; BRIDGHAM, S.D.; PASTOR, J.; WEISHAMPEL, P.; HARTH, C. Response of CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> emissions from peatlands to warming and water table manipulations. **Ecological Applications**, v. 11, p. 311-326, 2001.

VAISALA OYJ. Vaisala CARBOCAP Carbon Dioxide Transmitter Series User's Guide, Helsinki, Finland. 2008.

VALENTINI, C.M.A. Efluxo de CO<sub>2</sub> do solo de uma área de floresta de transição no noroeste de Mato Grosso. 81p. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.

VAN'T HOFF, J.H. Études de Dynamique Chimique. Paris, 1898. Disponível em: <<http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k91927k/f1.table>>. Acesso em 14 de outubro de 2011.

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, n. 6, p. 793-800, 2004.

VOURLITIS G.L.; OECHEL, W. C.; HOPE, A., STOW, D.; BOYNTON, B.; VERFAILLIE Jr., J.; ZULUETA, R.; HASTINGS, S.J. Physiological models for scaling plot-measurements of CO<sub>2</sub> flux across an arctic tundra landscape. **Ecological Applications**, v.10, p. 60-72, 2000.

WAGAI, R.; BRYE, K.R.; GOWER, S.T.; NORMAN, J.M.; BUNDY, L.G. Land use and enviromental factors influencing soil surface CO<sub>2</sub> flux and microbial biomass in natural and managed ecosystems in southern Wisconsin. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, p. 1501-1509, 1998.

WATSON, R.T.; RODHE, H.; DESCHGER, H.; SIEGENTHALER, U. Greenhouse Gases and Aerosols. In: J. T. HOUGHTON, G. J. JENKINS, J. J. EPHRAUMS (eds) Climate Change. The IPCC Scientific Assessment, Cambridge: Cambridge University Press, p. 1-40, 1990.

WOFSEY, S.C.; HARRIS, R.C.; KAPLAN, W.A. Carbon dioxide in the atmosphere over the Amazon Basin. **Journal of Geophysical Research**, v. 93, p. 1377-1387, 1988.

XU, Z.H.; CHEN, C.R.; HE, J.Z.; LIU, J.X. Trends and challenges in soil research 2009: linking global climate change to local long-term forest productivity. **Journal of Soils and Sediments**, v. 9, n. 2, p. 83-88, 2009.

YIM, M.H.; JOO, S.J.; SYODOU, K; NAKANE, K. Spatial variability of soil respiration in a larch plantation: estimation of the number of sampling points required. **Forest Ecology and Management**, v. 175, n. 1-3, p. 585-588, 2003.

YUSTE, J.C; JANSSENS, I.A; CARRARA, A; MEIRESONNE, L; CEULEMANS, R. Interactive effects of temperature and precipitation on respiration in a temperate maritime pine forest. **Tree Physiology**, v. 23, p. 1263-1270, 2003.

ZANCHI, F. B.; WATERLOO, M. J.; KRUIJT, B.; KESSELMEIER, J.; LUIZÃO, F. J.; MANZI, A. O.; DOLMAN, A. J. Soil CO<sub>2</sub> efflux in central Amazonia: environmental and methodological effects. **Acta Amazônica**, v. 42, n. 2, p. 173-184, 2012.

## ANEXO A



**Perfil** – PLANOSSOLO HÁPLICO Alítico gleissólico, A moderado, fase cerradão (cordilheira), relevo plano.

**PERFIL** : DATA: 08/08/2008

**CLASSIFICAÇÃO**: PLANOSSOLO HÁPLICO Alítico gleissólico, A moderado, fase cerradão (cordilheira), relevo plano.

**UNIDADE** – SXal.

**LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS**: Interior da área do RPPN SESC Pantanal, Município de Barão de Melgaço – MT. Próximo de um experimento no local denominado “Cordilheira”, coordenadas UTM 21K 576.548 m E e 8.167.453 m N.

**SITUAÇÃO, DECLIVE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL**: Perfil descrito e coletado em trincheira situada em terreno plano.

**ALTITUDE**: 147 metros.

**LITOLOGIA**: Sedimentos arenosos inconsolidados e sedimentos argilosos.

**FORMAÇÃO GEOLÓGICA**: Formação Pantanal.

CRONOLOGIA: Quaternário.

MATERIAL ORIGINÁRIO: Produtos de decomposição das litologias supracitadas.

PEDREGOSIDADE: Não pedregosa

ROCHOSIDADE: Não rochosa.

RELEVO LOCAL: Plano.

RELEVO REGIONAL: Plano.

EROSÃO: Não aparente.

DRENAGEM: Imperfeitamente drenado.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Cerrado *sensu stricto*.

USO ATUAL: Reserva natural.

CLIMA: Aw, da classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO POR: João Paulo Novaes Filho, Léo A. Chig e Juliana Milesi.

### DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A 0-12 cm, bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, úmida); areia; grãos simples; solta, friável, não plástica, não pegajosa; transição plana e difusa.

E1 12-36 cm, bruno-amarelado-claro (10YR 6/3, úmida); areia; grãos simples; solta, não plástica, não pegajosa; transição plana e clara.

E2 36-85 cm, coloração variegada constituída de bruno muito claro-acinzentado (10YR 7/3, úmida) e amarelo-brunado (10 YR 6/8, úmida); areia; grãos simples; solta, não plástica, não pegajosa; transição plana e abrupta.

EB 85-116 cm, coloração variegada constituída de cinzento (10 YR6/1, úmida) e bruno-amarelado (10 YR 5/8, úmida); franco-arenosa; fraca, pequena, blocos subangulares e grãos simples; solta, não plástica, não pegajosa; transição plana e abrupta.

Btg 116-150 cm+, coloração variegada constituída de cinzento-claro (10 YR7/1, úmida) e vermelho (2,5 YR 4/8, úmida) e com nódulos de manganês de cor preta (10 YR 2/1, úmida); argila; forte, grande/muito grande, blocos subangulares; muito dura, muito firme, plástica, pegajosa.

**Raízes:** Muitas, finas, fasciculares e comuns, finas, secundárias nos horizontes A e E1; comuns, finas, fasciculares e raras, finas, secundárias, nos horizontes E2 e EB; ausentes no Btg.

**Observações:** Presença de horizonte Oo de 1 cm, na superfície do solo.

## Análises Físicas e Químicas

Perfil: 03 MT

Amostras de Laboratório: 08.52167-52171

Horizonte		Frações da amostra total g/kg			Composição granulométrica da terra fina g/kg				Argila dispersa em água g/kg	Grau de flocculação %	Relação Silte/Argila	Densidade g/cm <sup>3</sup>		Porosidade cm <sup>3</sup> /100cm <sup>3</sup>
Símbolo	Profundidade cm	Calhaus > 20 mm	Cascalho 20-2 mm	Terra fina < 2 mm	Areia grossa 2-0,20 mm	Areia fina 0,20-0,05 mm	Silte 0,05-0,002 mm	Argila < 0,002 mm				Solo	Partículas	
A	0-12	0	0	1000	46	851	33	70			0,47			
E <sub>1</sub>	-36	0	0	1000	184	710	33	73			0,45			
E <sub>2</sub>	-85	0	0	1000	33	869	32	66			0,48			
EB	-116	0	0	1000	68	765	33	134			0,25			
Btg	-150	0	0	1000	118	331	134	417			0,32			
Horizonte	pH (1:2,5)			Complexo Sortivo cmol <sub>c</sub> /kg							Valor V (sat. por bases) %	100.Al <sup>3+</sup> S + Al <sup>3+</sup> %	P assimilável mg/kg	
	Água	KCl 1N	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Valor S (soma)	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup>	Valor T				
A	4,6	3,9	0,3		0,10	0,03	0,4	0,5	2,8	3,7	11	56	3,1	
E <sub>1</sub>	4,5	3,9	0,3		0,08	0,01	0,4	0,6	1,6	2,6	15	60	1,5	
E <sub>2</sub>	4,6	4,3	0,2		0,07	0,01	0,3	0,8	0,6	1,7	18	73	1,2	
EB	4,4	3,6	0,2		0,09	0,08	0,4	2,5	2,6	5,5	7	86	0,9	
Btg	4,3	3,4	0,2		0,21	0,23	0,6	6,9	1,3	8,8	7	92	0,6	
Horizonte	C (orgânico) g/kg	N g/kg	C/N	Ataque sulfúrico g/kg						Relações Moleculares			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre g/kg	Equivalente de CaCO <sub>3</sub> g/kg
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kl)	SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Kr)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		
A	4,2													
E <sub>1</sub>	3,2													
E <sub>2</sub>	2,1													
EB	1,7													
Btg	1,2													
Horizonte	100.Na <sup>+</sup> T %	Pasta saturada		Sais solúveis cmol <sub>c</sub> /kg						Constantes hídricas g/100g				
		C.E. do extrato mS/cm 25°C	Água %	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Umidade		Água disponível máxima	
A	<1										0,033 MPa	1,5 MPa		
E <sub>1</sub>	<1													
E <sub>2</sub>	<1													
EB	1													
Btg	3													

Relação textural: 6,00