

ANDRESSA GAZOLLA CURSI

**ANÁLISE TEMPORAL DO EFLUXO DE CO₂ E DESENVOLVIMENTO DE
Brachiaria brizantha cv. Marandu**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de Magister Scientiae.

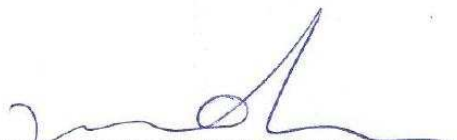
VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2016

ANDRESSA GAZOLLA CURSI

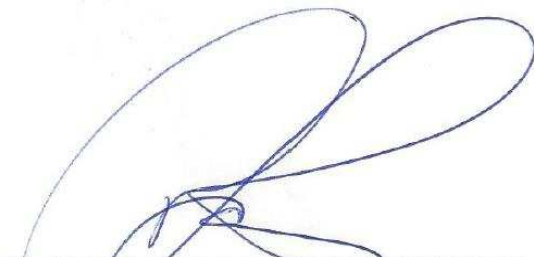
**ANÁLISE TEMPORAL DO EFLUXO DE CO₂ E DESENVOLVIMENTO DE
Brachiaria brizantha cv. Marandu**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 29 de julho de 2016.



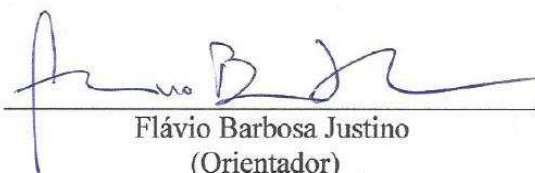
José Maria Nogueira da Costa



Paulo José Hamakawa



Milton Edgar Pereira Flores
(Coorientador)



Flávio Barbosa Justino
(Orientador)

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa

T

C977a Cursi, Andressa Gazolla, 1987-
2016 Análise temporal do efluxo de CO₂ e desenvolvimento de
Brachiaria brizantha cv. Marandu / Andressa Gazolla Cursi. –
Viçosa, MG, 2016.
v, 35f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Flávio Barbosa Justino.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. *Brachiaria brizantha*. 2. *Brachiaria brizantha* - Cultivo.
3. Capim-Marandu. 4. Estações do ano. 5. Temperatura - Efeito
fisiológico. 6. Solos - Temperatura. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de
Pós-graduação em Meteorologia Agrícola. II. Título.

CDD 22 ed. 633.2

AGRADECIMENTOS

A Deus por estar sempre presente ao meu lado, dando-me saúde e força para alcançar meus objetivos.

Aos meus pais, Dirnei e Luiz, pelos ensinamentos, pela formação moral, por todo amor, incentivo e por apoio em todas as dificuldades.

Ao meu companheiro Everton (Tom) pelo incentivo, proteção e apoio em todas as horas de dificuldades.

Ao meu orientador, prof. Flávio Barbosa Justino, pela confiança depositada em mim, pela orientação, paciência, exemplo de profissionalismo e estímulo à pesquisa científica.

Aos meus coorientadores Milton e Anderson pelos ensinamentos e profissionalismo e dedicação.

Aos colegas José Darlon, Ana Alice, Manuel, Gila, Cristian, Álvaro, Almir, Vanúcia, Noele, Douglas e Alex pela convivência e apoio nesses anos.

À Graça, excelente secretária da Meteorologia Aplicada, por ser sempre prestativa e atenciosa.

A Capes pela concessão da bolsa de mestrado.

A todos que diretamente ou indiretamente colaboraram para a realização desta dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO	iv
ABSTRACT	v
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	4
2.1. Descrição da área de estudo	4
2.2. Efluxo de CO ₂	6
2.3. Produção de matéria seca	7
2.3.1. Processamento estatístico dos dados	8
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1. Efluxo de CO ₂ e temperaturas do ar	9
3.2. Efluxo de CO ₂ e temperatura do solo	11
3.3. Efluxo de CO ₂ e precipitação	14
3.4. Biomassa acumulada e precipitação	22
3.5. Análise de Índices Fisiológicos	25
4. CONCLUSÕES	30
5. REFERÊNCIAS	31

RESUMO

CURSI, Andressa Gazolla, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Análise temporal do efluxo de CO₂ e desenvolvimento de Brachiaria brizantha cv. Marandu.** Orientador: Flávio Barbosa Justino. Coorientadores: Anderson Adriano Martins Melo e Milton Edgar Pereira Flores

A sazonalidade influencia as variações no estoque de carbono no solo e no crescimento das pastagens, tornando-se importante associar a variação temporal na emissão de CO₂ pelo solo, o crescimento de plantas e as variáveis climáticas, de modo obter-se subsídios para auxiliar nas decisões de manejo. Objetivou-se neste trabalho analisar a variação sazonal do efluxo de CO₂ e sua relação com as temperaturas do ar, do solo e precipitação de Brachiaria brizantha cv. Marandu. Foram avaliadas duas estações-Verão/Outono e Inverno/Primavera, de janeiro a dezembro de 2014. A respiração do solo foi medida de um analisador de gás ao infravermelho (LC pro⁺, ADC). Foram medidas a temperatura do solo, matéria seca e a área foliar para análise de crescimento. Os dados de precipitação e temperatura do ar foram obtidos em estação meteorológica. A média anual do efluxo de CO₂ foi de $2,076 \pm 0,5 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Entretanto, houve emissão diferencial de CO₂ do solo, com diferenças sazonais que variam entre 0,34 a $8,52 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ nos meses de julho e dezembro, respectivamente. A temperatura do solo apresentou baixa correlação com o efluxo para os dois períodos avaliados ($P \leq 0,05$). No inverno, o aumento transiente de variação do efluxo de CO₂ foi altamente correlacionado com a precipitação, ($P \leq 0,05$). Aumentos na biomassa e no IAF contribuíram para as variações do efluxo. Os dados mostraram que existe influência diferencial das variáveis climáticas em função da época do ano sobre a respiração do solo cultivado com B. brizantha. A precipitação foi o fator de maior influência para incremento do efluxo de CO₂ do solo.

ABSTRACT

CURSI, Andressa Gazolla, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Influence of climate and growth of *Brachiaria brizantha* cv. Marandu pasture of soil CO₂ efflux.** Adviser: Flavio Barbosa Justino. Co-adviser: Anderson Adriano Martins Melo and Milton Edgar Pereira Flores

The seasonality influences the carbon storage in soils and the growth of pasture grasses, making important to associate temporal variations in soil CO₂ emissions, plant growth and climatic variables in order to support in pasture management decisions. In this work was analyzed the annual variation of CO₂ efflux and its relation with temperatures of air and soil, and also the events of precipitation in *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. We evaluated two growthe seasons - summer/fall and winter/spring, from January to December 2014. The soil respiration was measured using infrared gas analyzer, and soil temperature using a digital thermometer. Precipitation and air temperature data were obtained in weather station. Plant dry weightand leaf area were measuredto performthe growth analysis. The annual average CO₂ efflux was 2,076 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$. However, there was differential emission of soil CO₂, with seasonal differences ranging from 0.34 to 8.52 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ in July and December, respectively. The soil temperature showed low correlation with CO₂efflux in both periods ($p \leq 0.05$). In the winter/spring period, the transient variation of CO₂ efflux was highly correlated with precipitation, ($p \leq 0.05$). Increases in biomass and inLAI contributed to the variations in soil CO₂ efflux. There is differential influence of climate variables depending on the time of year on the soil respiration when cultivated with *B. brizantha*. Precipitation was the determining factor for the increase of soil CO₂ efflux.

1. INTRODUÇÃO

O gás carbônico (CO_2), assim como outros gases presentes na atmosfera (metano, óxido nitroso) é um gás de efeito estufa que absorve radiação infravermelha, contribuindo assim para elevação da temperatura média global (TOWNSEND et al., 2006) bem como mudanças nos padrões de precipitação em muitas regiões do planeta. De acordo com o IPCC 2014, para o cenário mais otimista foi previsto um aumento da temperatura terrestre variando entre 0,3 e 1,7°C até o ano de 2100.

O efluxo de CO_2 do solo é um dos principais componentes do ciclo global do carbono. Estima-se que cerca de 50% do carbono emitido para o ecossistema provém da respiração do solo (WAGAI et al., 1998; ROBERTS, 2000). De acordo com Luo e Zhou (2006a) o efluxo de CO_2 do solo tem importância na respiração total e produção líquida do ecossistema, e alterações na respiração do solo pode influenciar o equilíbrio na concentração atmosférica de CO_2 do ecossistema.

No balanço global de carbono, os fluxos de CO_2 vêm se tornando um objeto de relevante interesse científico, pois o entendimento desses processos está vinculado ao papel da biosfera no controle de evapotranspiração e da emissão/fixação de CO_2 , dessa forma relacionados fortemente à questão de variabilidade climática regional e global (SARMIENTO & GRUBER, 2002).

A respiração do solo é resultante da atividade respiratória das raízes das plantas, microorganismos e da fauna do solo, envolvendo processos físicos, químicos e biológicos. Fatores como substratos, temperatura, nutrientes, granulometria, umidade e pH do solo afetam a produção de CO_2 pelas raízes e microorganismos, e a saída do gás para atmosfera (LUO and ZHOU, 2006b).

Segundo Davidson et al. (2002), os solos estocam duas ou três vezes mais carbono do que existe na atmosfera. As medições de efluxo de CO_2 da superfície do solo

é, provavelmente, o método mais amplamente utilizado para estimar a taxa de respiração do solo *in situ*. Métodos baseados em câmaras portáteis são aplicáveis a medições de respiração do solo em pequena escala, além de permitir verificar a variação temporal dessa variável (MEYER et al., 1987; SCOTT et al., 1999).

Os mecanismos da respiração do solo estão associados às condições de temperatura e umidade, portanto dependentes da variabilidade temporal e espacial destes parâmetros (DAVIDSON, 2000; FANG & MONCRIEFF, 2001). As relações entre a respiração do solo e estes dois parâmetros ambientais variam em diferentes ecossistemas (RUSTAD et al., 2000). No Brasil, estudos dessa natureza, analisando os efluxos de CO₂ em pastagens, ficaram mais restritos ao Cerrado e Amazônia (VON RANDOW et al., 2004; RUHOFF et al., 2009; SILVA JÚNIOR et al., 2013).

Frank et al. (2002) ressaltam a importância das pastagens de um modo geral para o mundo. Elas possuem um sistema radicular muito desenvolvido, são ricas em carbono orgânico e são importantes na captação de CO₂. O Brasil possui em torno de 172 milhões de hectares ocupados por pastagens cultivadas e nativas, sendo que os genótipos de *Brachiaria* ocupam mais de 70% dessas áreas (VALLE et al., 2001).

A produção animal do Brasil, especialmente a pecuária bovina, tem a maior parte do seu rebanho criado em pastagens tropicais, sendo uma forma econômica e prática para produção de carne e leite (FERRAZ; FELÍCIO, 2010; HOFFMANN et al., 2014). Portanto, a pecuária, em particular a criação de bovinos de corte a pasto, tem sido empregada em áreas de fronteira agrícola no Brasil, por requerer menos insumos, menor tecnologia de mão de obra e menor aporte de capital (DIAS-FILHO, 2013; LAPOLA et al., 2014).

Em 1984 a Embrapa lançou a cultivar Marandu sendo uma alternativa das espécies forrageiras utilizadas na pecuária, que foi considerada ideal para a exploração pecuária nos Cerrados (NUNES; BOOK; PENTEADO, 1984).

O capim Marandu é uma das cultivares de *Brachiaria* mais utilizadas nas áreas de pastagens em função de suas características como tolerância à restrição na fertilidade do solo, resistência a cigarrinhas e alta produtividade quando bem manejada (VALENTINI, 2008; CRUZ et al., 2011).

O gerenciamento da produção de forragem é considerado um dos fatores que mais limitam a pecuária extensiva, em função da estacionalidade de produção, causando dificuldades na tomada de decisão em relação ao manejo. A estacionalidade de produção é definida como a alternância de produtividade, sendo esta maior em um período-Verão/Outono e menor em outro-Inverno/Primavera, causando um crescimento desuniforme ao longo do ano (BARIONI et al., 2003; MEDEIROS et al., 2002).

Os fatores mais influentes e limitantes ao desenvolvimento das forrageiras referem-se ao solo e ao clima. Ao contrário dos fatores do solo, não se pode modificar a maioria dos fatores climáticos, devendo-se adaptar a eles os sistemas de produção.

A nossa compreensão da relação entre a umidade do solo e efluxo de CO₂ especialmente em ecossistemas tropicais é ainda limitada. Muitos dos trabalhos tem se dedicado a pesquisar variações no efluxo de CO₂ em curtos períodos de tempo (GRAHAMMER et al., 1991; LIU et al., 2002), e outros avaliaram as relações entre efluxo e umidade baseados em observações de variação sazonal em florestas e gramíneas temperadas (DAVIDSON et al., 1998; LUO et al., 1996).

Deste modo, para prever mudanças no ciclo de carbono em resposta às alterações nos elementos climáticos, torna-se importante o estudo da respiração do solo em pastagens, sendo um item útil para caracterizar a modificação do estoque de carbono

do solo, o que gera conhecimento contribuindo para um manejo adequado de sistemas de pastagens em regiões tropicais.

O presente trabalho objetivou caracterizar a influência sazonal das temperaturas do ar, do solo e da precipitação, associados ao crescimento das plantas e a respiração do solo em cultivo de pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu durante um ano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Descrição da área de estudo

O experimento foi conduzido no período de dezembro de 2013 a dezembro de 2014, em uma área de 8m de largura por 20m de comprimento, localizada na área de Irrigação do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

O solo de classe Latossolo Vermelho com textura Franco Argilo-Arenosa do tipo 2 foi preparado convencionalmente com aragem, enxada rotativa e nivelamento (Figura 1). A acidez e fertilidade do solo foram corrigidas a partir dos resultados da análise físico-química (tabelas 1 e 2) conforme Ribeiro et al. (1999). A medida de saturação de bases do solo foi elevada para 70%, e a fertilização do solo com 100 kg ha⁻¹ de nitrogênio, 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 15 kg ha⁻¹ de K₂O, correspondente a um nível tecnológico elevado. A aplicação de fósforo foi realizada no preparo do solo e a de nitrogênio e potássio foi parcelada em três vezes entre a semeadura e o corte de igualamento.

A *Brachiaria brizantha* cv. Marandu foi semeada em 10 de dezembro de 2013 em marco de plantação de 0,25 m x 0,25 m, com 4-6 sementes por ponto, tendo em média 26 plantas por metro quadrado na ocasião do corte de igualamento, o qual foi

realizado no dia 05 de fevereiro de 2014, 57 dias após a semeadura. Após o corte de igualamento, considerou-se o experimento estabelecido.

As avaliações foram realizadas a partir do dia 5 fevereiro de 2014 até 12 de dezembro, abrangendo dois ciclos de produção, um antes do corte de colheita (16/05), e outro após corte de colheita (16/05), para caracterizar a variação temporal do efluxo de CO₂ e biomassa, em função dos períodos secos e chuvosos.

Os dados climáticos de temperatura máxima, média e mínima, bem como precipitação foram obtidos da estação convencional do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET n° 83642, instalada no campus da Universidade Federal de Viçosa- UFV. A estação está localizada a uma altitude de 698 m e o clima é classificado como Aw, segundo a classificação de Koppen com período seco definido.



Figura 1: Vista da área experimental com solo preparado antes da semeadura.

Tabela 1: Resultado da análise química do solo utilizada no experimento.

pH	P	K	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	Prem
H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³				cmol _c /dm ³			%		mg/L
5,9	18,4	126	2,1	0,7	0	2,8	3,12	3,12	5,92	53	0	35,9

Tabela 2: Resultado da análise granulométrica e classificação textural do solo utilizada no experimento.

Argila	Silte	Areia	Classificação textural	Tipo de solo*
----- % -----				
29	17	54	Franco Argilo Arenoso	2

*Conforme a capacidade de retenção de água

Tipo 1: Arenoso

Tipo 2: Textura Média

Tipo 3: Argiloso

2.2. Efluxo de CO₂

O efluxo de CO₂ foi medido como a taxa da troca líquida de CO₂ (Net CO₂ Exchange Rate = NCER) com frequência entre 9:00 e 10:00 da manhã, durante o período de estudo, em dois pontos fixos de cada bloco, totalizando oito pontos na extensão da área pesquisada.

Para a medição do NCER ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) foi utilizado um analisador de gás por infravermelho IRGA (Infra Red Gas Analyzer), acoplado ao sistema portátil LC-Pro+ da empresa ADC Bio Scientific (Figura 2) coletando a amostra de ar da câmara colocada sobre anéis de solo. Os anéis com 110mm de diâmetro por 70mm de altura e 63mm de profundidade, foram inseridos em cada ponto de medições nos blocos, entre as fileiras de plantas para minimizar fluxos advectivos de ar.

As avaliações foram realizadas após 10 a 15 minutos, tempo médio necessário para estabilização dos efluxos. Durante as medições do NCER foi medida a temperatura do solo com termômetro na profundidade de 10 cm e a 5 cm dos cilindros.

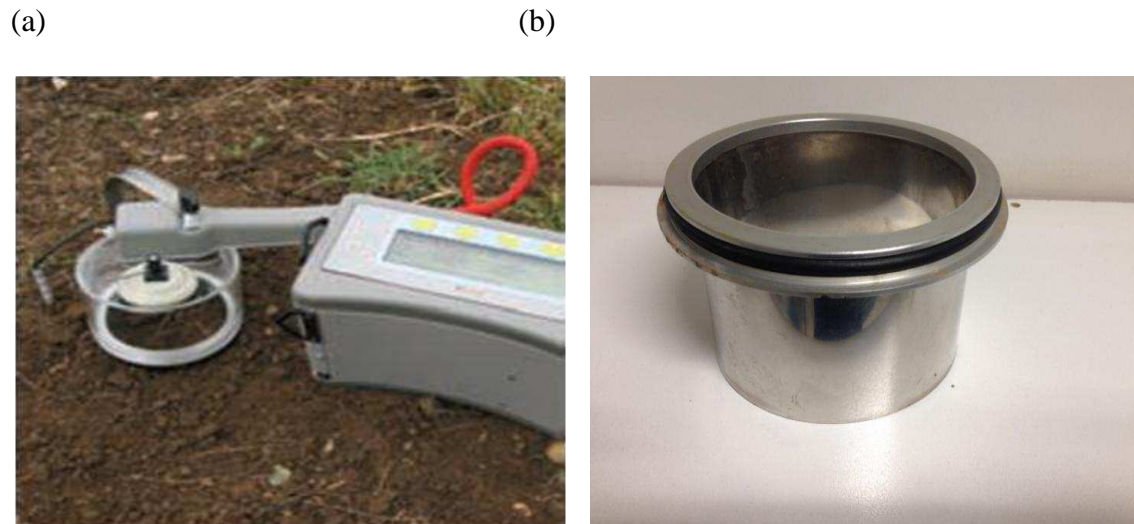


Figura 2: Analisador de gás infravermelho (IRGA) e câmara de coleta utilizada nas medições de efluxo de CO₂ do solo (a), cilindro de aço inoxidável utilizado nas medições de efluxo (b).

2.3. Produção de matéria seca

A massa seca foi determinada a partir da biomassa coletada em uma área amostral de 0,25 x 0,30m a cada 5-10 dias (Figura 3a), sendo realizadas nove coletas entre corte de igualamento e colheita e onze coletas após corte de igualamento. Em cada bloco foram coletadas seis amostras.

Para determinação da massa seca da parte aérea (colmos e folhas), a parte aérea foi cortada a cinco centímetros do solo e a biomassa de cada amostra foi seca até peso constante em estufa com circulação de ar a 70°C. As massas secas das amostras foram determinadas em balança semi-analítica.

A área foliar correspondente à biomassa coletada foi determinada em integrador de área foliar Li-COR modelo LI-3100 (Figura 3b). Os dados de massa seca e área foliar foram utilizados para calcular os índices para a análise de crescimento, segundo Hunt (1990) e Benincasa (2003).

2.3.1. Processamento estatístico dos dados

Os dados experimentais foram submetidos a análise de regressão, correlação e a estatística descritiva para explicar a variação sazonal utilizando os softwares Excel e Sigma Plot.

(a)



(b)



Figura 3: Coleta das amostras para medição de área foliar e matéria seca (a), integrador de área foliar Li- COR usado nas medições de área foliar (b).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Efluxo de CO₂ e temperaturas do ar

O efluxo médio do ano de CO₂ do solo foi de $2,076 \pm 0,5 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ com diferenças sazonais que variam de 0,34 a $8,52 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ nos meses de julho e dezembro, respectivamente.

No período verão/outono, correspondente ao primeiro ciclo de crescimento da *Brachiaria*, houve redução das temperaturas máximas e mínimas até 21 de abril (Figura 4). No início desse período, a redução do NCER foi evidenciada dois dias após o corte de igualamento (05/02), acompanhando a queda das temperaturas máximas e mínimas até 26/02. A partir dessa data, houve desacoplamento entre a tendência das temperaturas e os valores do NCER, que aumentaram até 19/03 atingindo um máximo de $2,37 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em 19/03.

Entre 19/03 e 21/04, ocorreu redução do NCER até um mínimo de $1,02 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, apesar das temperaturas mínimas e máximas terem se mantido estáveis (Figura 4). Na figura 4 pode-se observar que durante o período de verão/outono, o NCER teve pouca relação com a tendência das temperaturas mínimas e máximas do ar, implicando que o aumento da biomassa após corte de igualamento pode ter influenciado a evolução dos valores de NCER.

Pinto-Junior et al. (2009) no período de abril (transição do período chuvoso para seco) encontraram também valores elevados de NCER na ordem de $8,27 \pm 2,70 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, comparado com menores valores de NCER ($1,44 \pm 0,38 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) em agosto (estação seca), numa pastagem com *Brachiaria* sp. no norte de Mato Grosso.

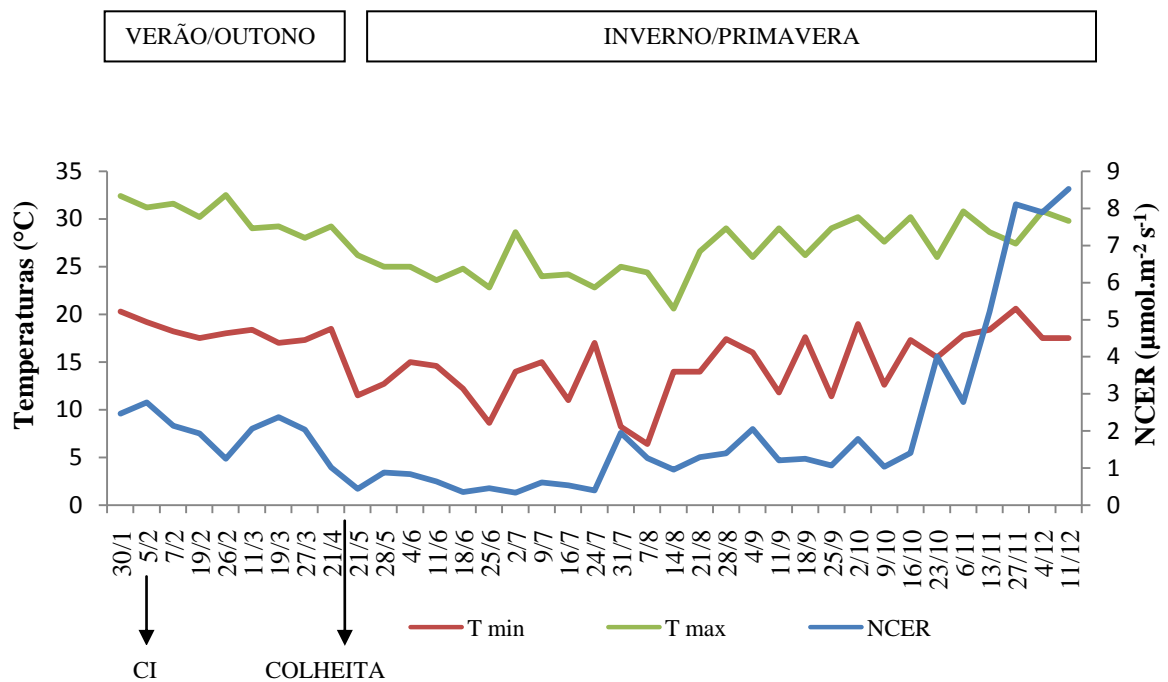


Figura 4: Variação sazonal do efluxo de CO₂ (NCER) em função das temperaturas máximas e mínimas do ar nos períodos VERÃO/OUTONO e INVERNO/PRIMAVERA de 2014, em Viçosa-MG. CI= corte de igualamento.

Após o corte de colheita, iniciou-se o segundo ciclo de produção de Brachiaria entre 16/05 até 11/12 quando foi colhido pela segunda vez. No início desse ciclo produtivo até 24/07 o NCER permaneceu estável e com valores menores que 1,0 $\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Neste período houve ocorrência de temperaturas mínimas abaixo da temperatura basal mínima ($T_b=16^\circ\text{C}$) para a braquiária, segundo Lara, 2007.

Entre 25/06 e 24/07 foi o período de maior estabilidade dos valores de NCER com relação à variação das temperaturas máximas e mínimas. Nesse período, as temperaturas aumentaram entre 2/07 e 9/07, enquanto que os valores de NCER permaneceram constantes, implicando a existência de uma “janela invernal” entre 25/06 a 24/07 sem variação do NCER, coincidindo com o período anual de menores temperaturas, depois do solstício de inverno.

No dia 31/07 houve aumento do NCER mesmo com a temperatura mínima abaixo da T_b da *Brachiaria*. Dessa data até 11/12, não houve relação entre o NCER e as tendências das temperaturas mínimas e máximas do ar. Embora, observaram-se variações maiores do NCER, particularmente a partir de 13/11.

Gramíneas tropicais do tipo C4 apresentam uma faixa de temperatura ótima entre 25 e 35°C, e temperatura base inferior (T_b) na faixa de 10 a 17°C dependendo da espécie, sendo para o capim Marandu utilizada uma T_b de 16°C (LARA, 2007), e temperaturas menores do que essas ocorrem durante o inverno em diversas regiões de pastagens no país (VILLA NOVA et al., 1999; VILLA NOVA et al., 2004).

Os valores da temperatura-base inferior e da temperatura-base superior dependem da espécie vegetal, e quando alcançados ou ultrapassados, o efeito é a redução drástica ou a paralisação do desenvolvimento vegetativo das plantas (LARCHER, 2003).

3.2. Efluxo de CO₂ e temperatura do solo

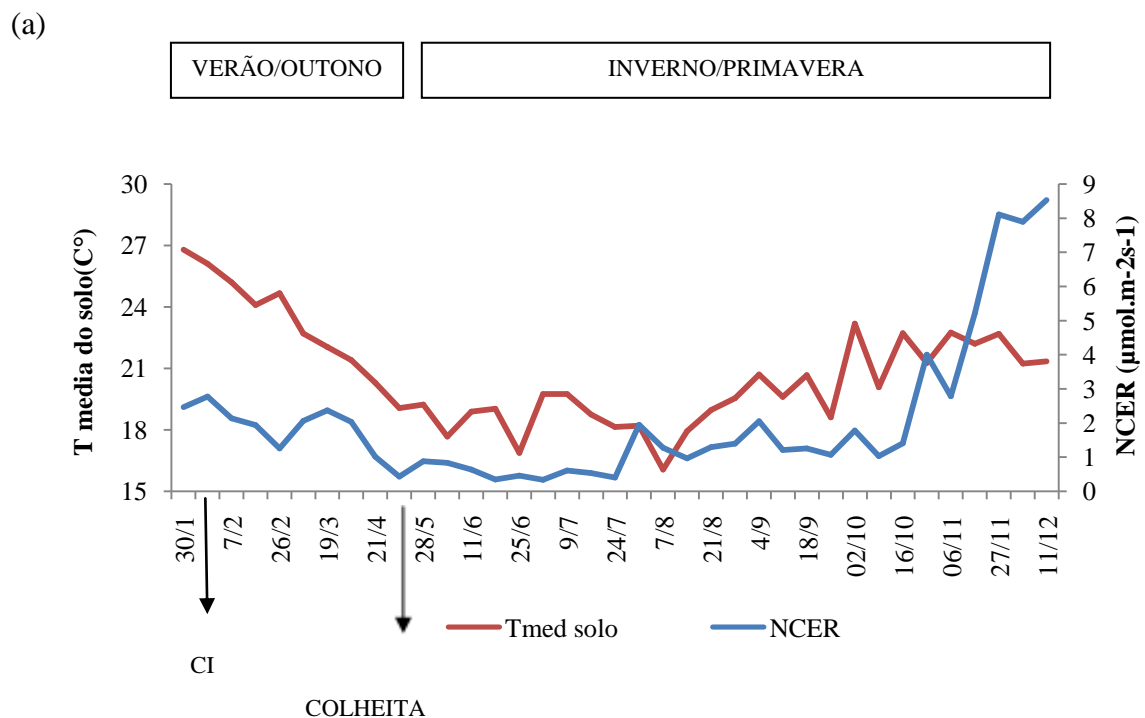
A redução da temperatura do solo resultou em uma diminuição da emissão de CO₂ do solo para atmosfera com média de $NCER=0,67 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para o período entre maio a agosto, período seco e de baixa temperatura mínima do ar e do solo, no qual os valores médios de efluxo foram os menores do conjunto analisado para os ciclos.

De acordo com a figura 5, o NCER apresentou uma fraca correlação com a temperatura média do solo ($r^2=0,216$; $P \leq 0,05$) no período verão/outono (Figura 5b). No período inverno (maio a agosto), marcado por baixas temperaturas, não houve correlação ($r^2=0,040$; $P \leq 0,05$) entre o NCER e a temperatura média do solo (Figura 5c).

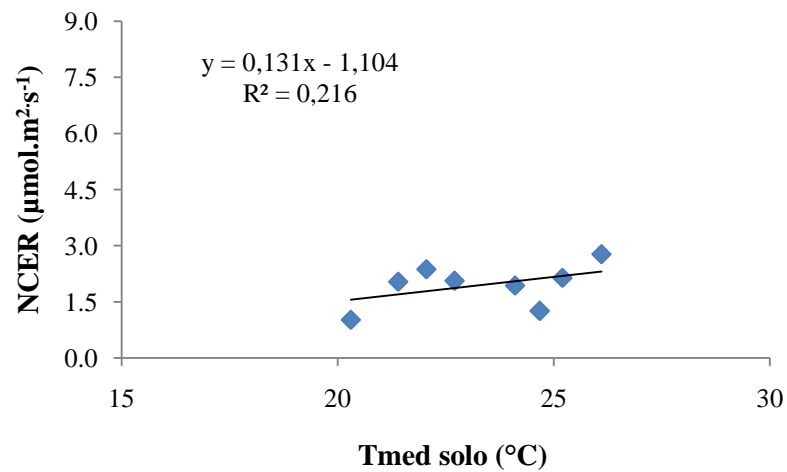
Entre outubro a dezembro (Primavera), mesmo com aumento das temperaturas não houve correlação (Figura 5d) entre o NCER e a temperatura do solo ($r^2=0,008$; $P\leq 0,05$).

Entre as datas 24/07 e 18/09 ao final do inverno, observaram-se dois picos de efluxo. O primeiro em 31/07 ($1,95 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e o segundo em 04/09 ($2,05 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$). Esses picos não se relacionaram com a variabilidade da temperatura do solo. Outros três picos ocorreram na primavera, em 02/10 ($1,79 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$), 23/10 ($4,0 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$) e 27/11 ($8,10 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$), durante o período chuvoso, evidenciando-se também ausência de relação com variação na temperatura do solo (Figura 5a).

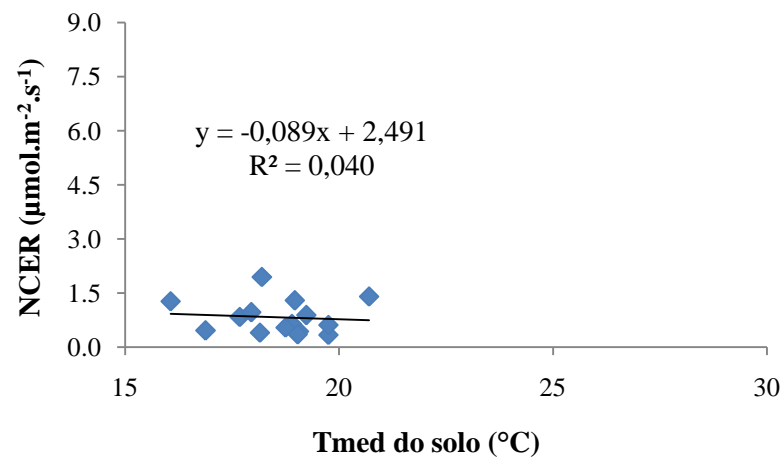
Os resultados anteriores sugerem que as temperaturas do ar e do solo não exerceram influência significativa na variação temporal do efluxo de CO_2 , implicando que outro fator climático pode ser a causa do aumento dos valores de NCER, inclusive o aumento da biomassa, especialmente no final do segundo ciclo.



(b)



(c)



(d)

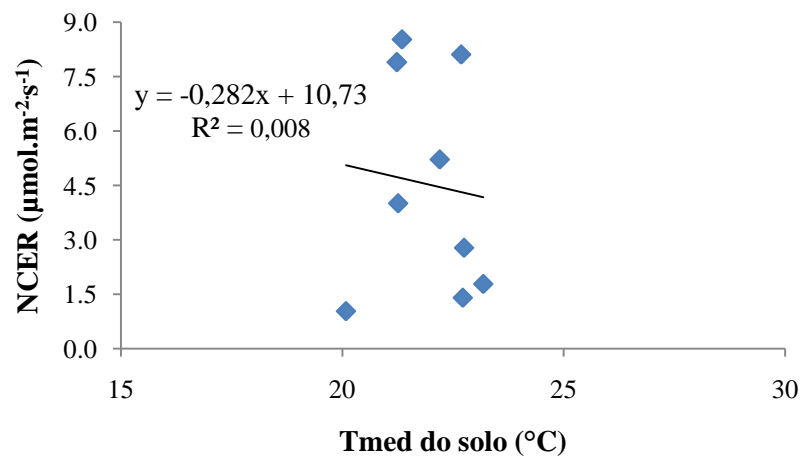


Figura 5:Variação sazonal do efluxo de CO_2 (NCER) em função da temperatura média do solo, nos períodos VERÃO/OUTONO e INVERNO/PRIMAVERA (a); Gráficos de correlação entre NCER e temperatura média do solo nos períodos VERÃO/OUTONO (fevereiro a abril) (b); INVERNO (maio a agosto) (c); e PRIMAVERA (outubro a dezembro) (d). $P \leq 0,05$. CI= corte de igualamento.

Pinto Junior et al. (2009) encontraram moderada correlação inversa ($r^2=0,61$), entre o efluxo de CO_2 e a temperatura do solo em área de pastagem no norte do Mato Grosso. Coelho (2005) encontrou um baixo coeficiente de determinação entre efluxo de CO_2 e temperatura média do solo ($r^2=0,20$) em floresta de transição no sudoeste da Amazônia, apresentando fraca dependência entre as variáveis, como também verificado no presente trabalho.

3.3. Efluxo de CO_2 e precipitação

Como ocorre em experimentos de campo, com múltiplos fatores climáticos que afetam o efluxo de CO_2 , foi observada marcante influência da precipitação sobre outras variáveis climáticas (Figuras 4, 5, 6a).

A ocorrência de picos máximos de efluxo no período de baixas temperaturas (Inverno) até 18 de setembro permitiu uma melhor compreensão da influência da precipitação nesta variação, mesmo sob ocorrência de temperaturas abaixo da T_b mínima da *Brachiaria*.

Observando o primeiro ciclo de produção da *Brachiaria* (período Verão-Outono), o mês de fevereiro foi marcado por poucos eventos de precipitação, além da diminuição das temperaturas do solo e do ar. Esses fatores em conjunto, podem justificar a queda do NCER de 05/02 a 26/02, atingindo um valor mínimo de $1,25 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em 26/02 (Figura 6a).

No início de março, observou-se um pico de NCER de $2,06 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ em 11/03 com acúmulo semanal de 78,6 mm de precipitação e outro pico em 19/03 de $2,37 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$ com acúmulo semanal de precipitação de 12,5 mm (Figura 7a). A tendência foi de aumento do NCER entre 26/02 a 19/03 (Fig. 6a e 7a), mesmo com a redução do

acúmulo de precipitação após 13/03, coincidindo com a fase linear do crescimento da biomassa (Figura 6b). Posteriormente, o NCER apresentou uma queda até 21/04, com precipitação alguns dias antes da avaliação desse mesmo dia, portanto, essa queda pode estar relacionada com a fase estacionária do crescimento da biomassa (Figura 6b e 7b), o início da senescência e a redução da temperatura do solo decorrente do sombreamento pelas folhas. Neste período não ocorreu correlação entre a precipitação e o NCER ($r^2=0,004$; $P\leq 0,05$), (Figura 8a)

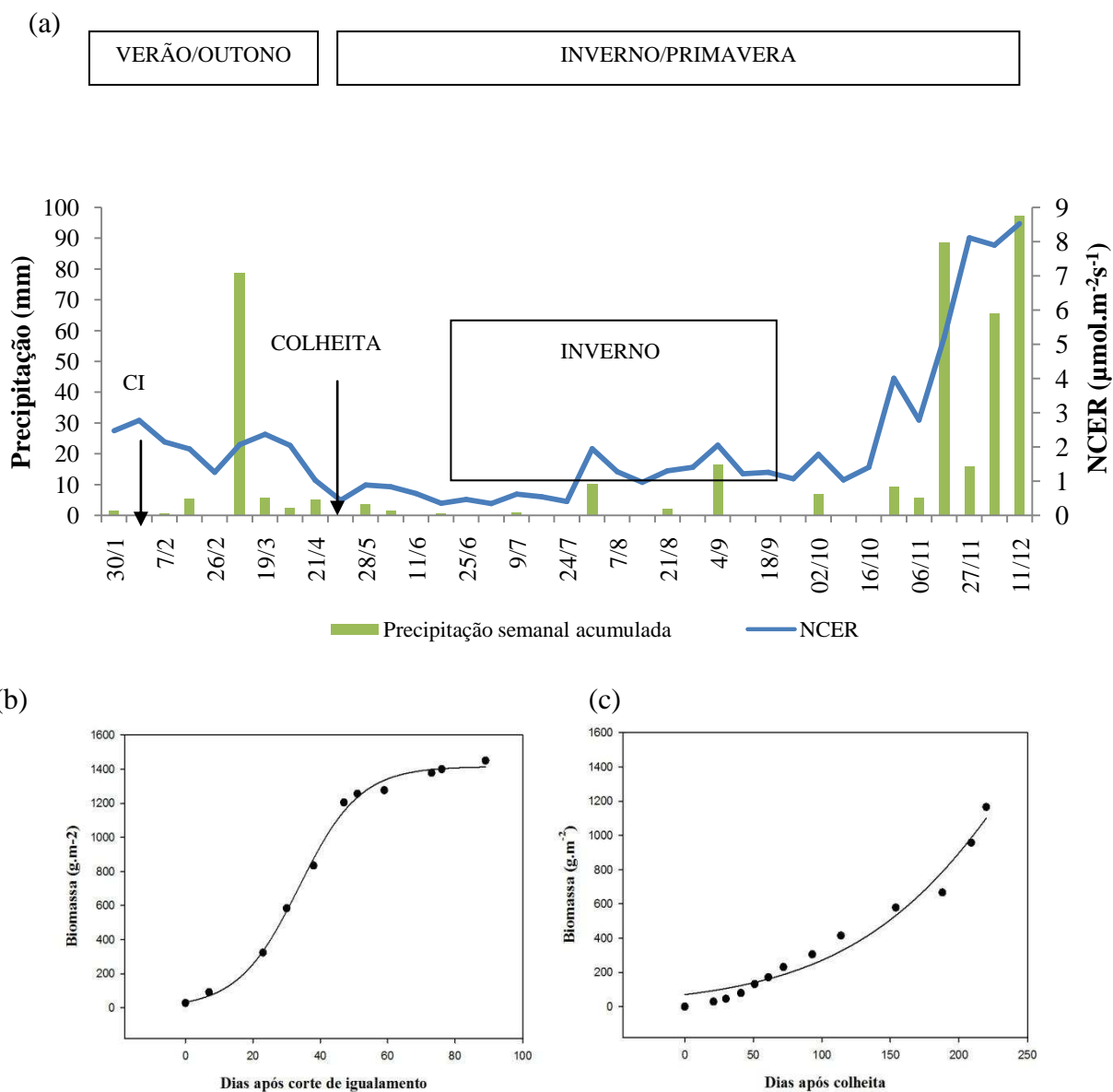


Figura 6: Variação sazonal do efluxo de CO_2 (NCER) em função da precipitação semanal acumulada, nos períodos VERÃO/OUTONO e INVERNO/PRIMAVERA. (a); acúmulo da biomassa no período após corte de igualamento (fevereiro a abril) (b); e após corte de colheita (maio a dezembro) (c), os pontos sobre a curva de biomassa indicam os dados observados no experimento. CI= corte de igualamento.

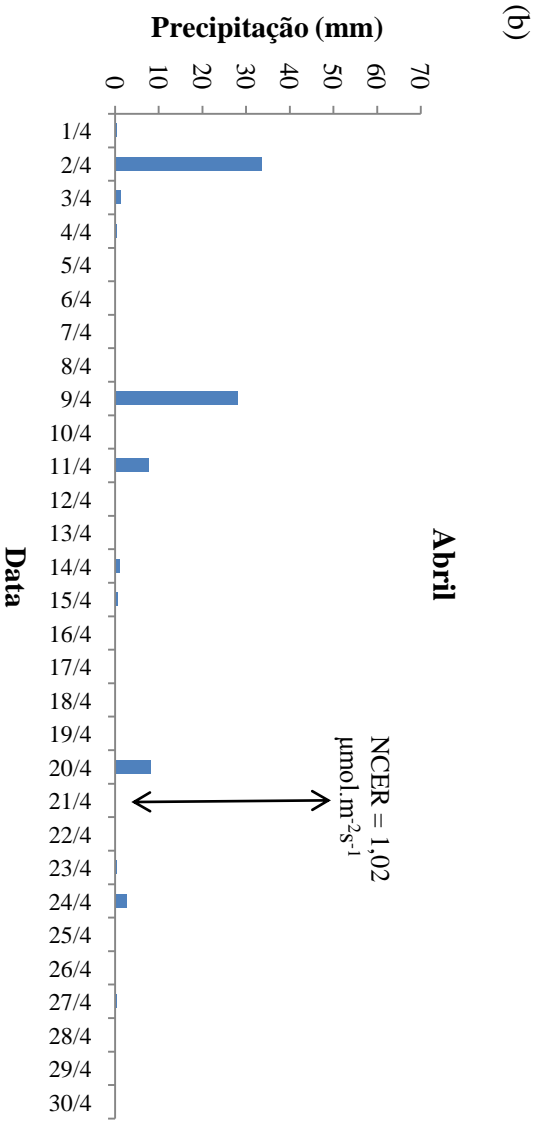
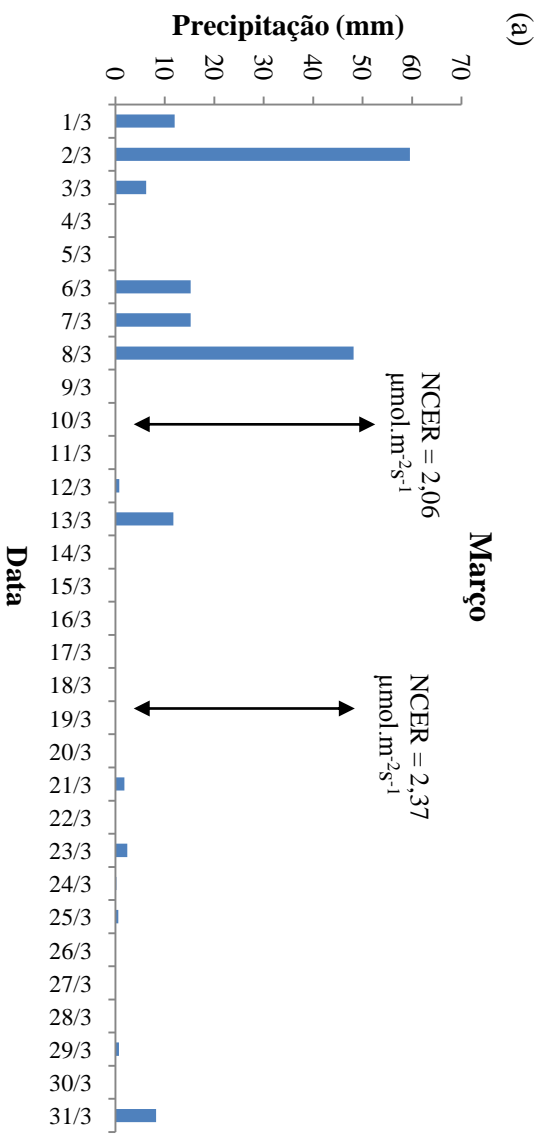
No período de maio a agosto, observaram-se também aumentos transientes do NCER após eventos de chuva. Essas variáveis tiveram correlação moderada ($r^2=0,47; P \leq 0,05$) (Figura 8b).

Em 31/07 houve aumento do NCER de 0,34 até $1,95 \mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-1}$, mesmo com temperaturas mínimas abaixo de 11°C , após evento de chuva de 10 mm acumulados

durante a semana (Fig. 7c). Comportamento semelhante do NCER em respostas a eventos prévios de chuva, iniciando o período chuvoso, foi constatado também em 4/09, 02/10 e 23/10 com 7,0, 8,8 e 5,0 mm de chuvas respectivamente, acumuladas durante a semana (Figura 7d).

Essa resposta do aumento de NCER após a chuva no período entre 09/09 e 23/10 implicou que adição de água em solos com baixa umidade pode estimular a atividade respiratória das raízes, devido ao maior crescimento da superfície radicular e atividade microbiana, como mencionado por Dias (2006). Este comportamento de aumento transiente também foi observado por Liu et al. (2002) com drásticos aumentos no efluxo de CO₂ após adição de água no solo, os quais ocorreram no período de um dia após a adição de 50 a 100 mm de água.

Nas datas 23/10 e 27/11 evidenciaram-se aumentos do NCER de cerca de quatro vezes com relação ao período anterior a 16/10 (Figura 6a). O aumento expressivo do NCER posterior a 16/10 (outubro a dezembro) pode ser atribuído ao aumento e regularidade na precipitação no período chuvoso, aliado ao aumento das temperaturas do ar e do solo além da biomassa que dobrou nos últimos 55 dias do ciclo de crescimento. Moderada correlação ($r^2=0,51$; $P\leq 0,05$) entre NCER e precipitação foi encontrada para esse período (Figura 8c).



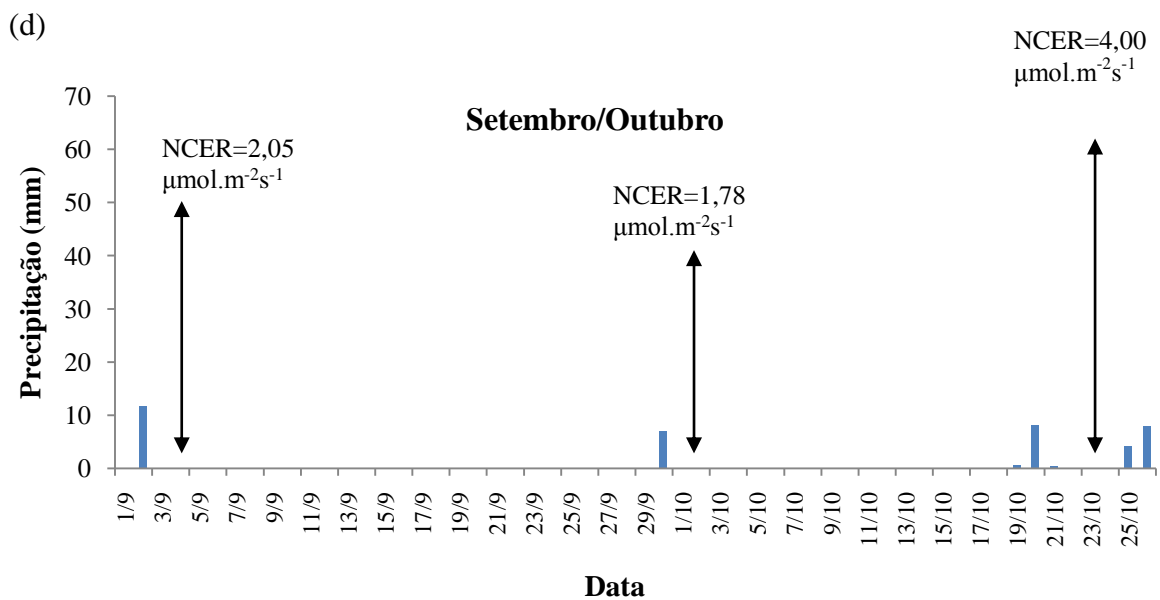
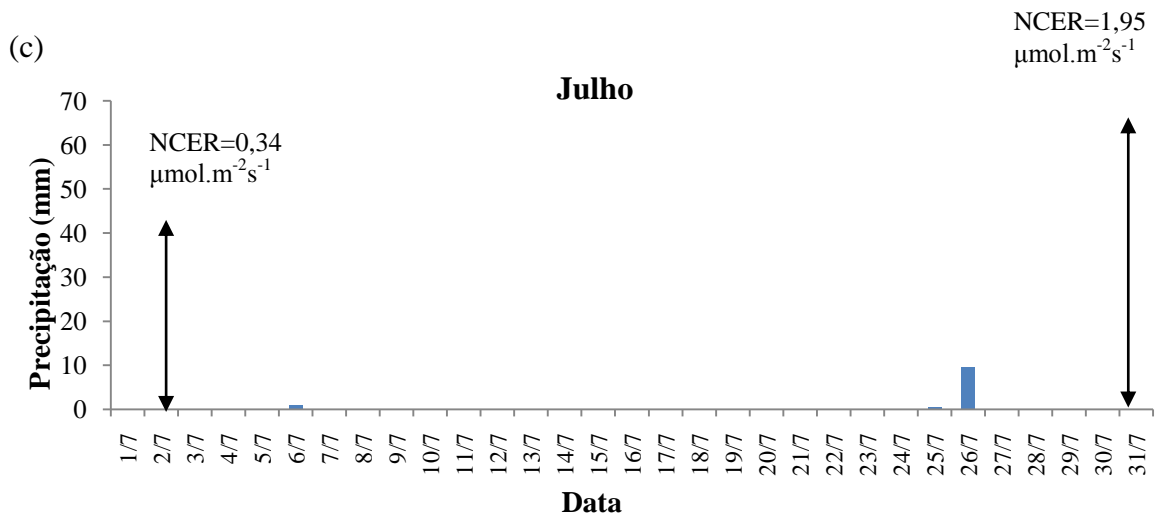
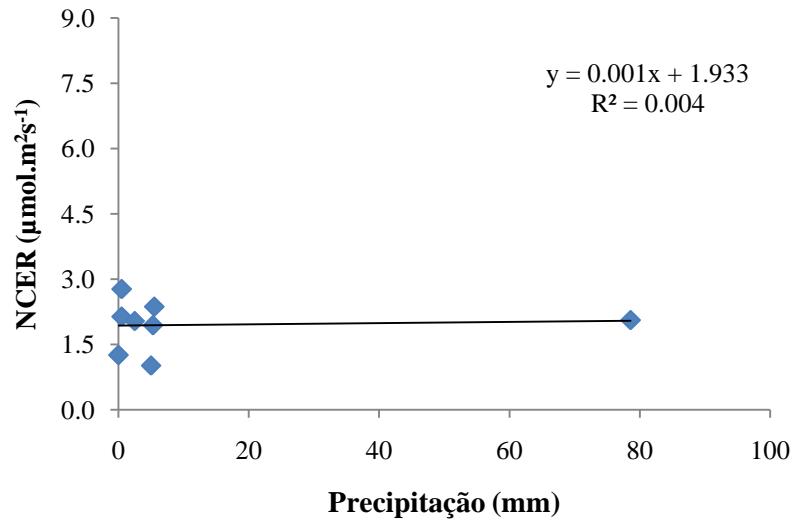
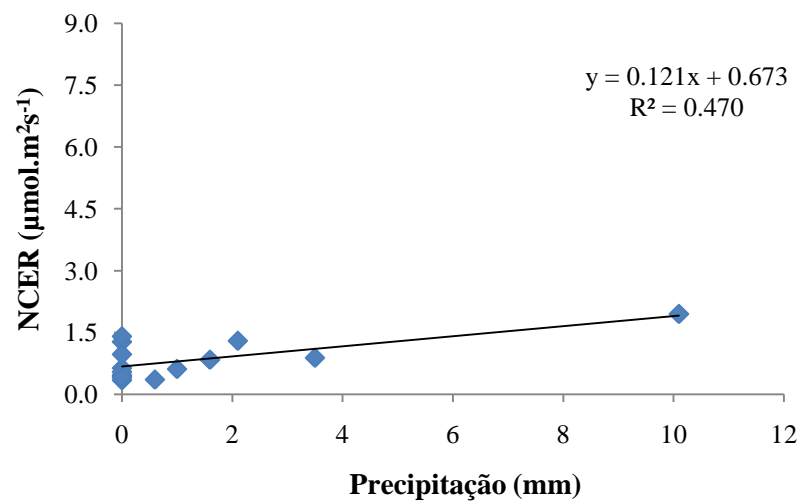


Figura 7: Acúmulo diário de precipitação e medidas de efluxo de CO_2 do solo em 04 meses: Março-11/03 e 19/03 (a); Abril-21/04 (b); Julho-2/07 e 31/07 (c) e Setembro/Outubro- 4/09, 2/10 e 23/10 (d). Os valores acima da seta indicam o efluxo de CO_2 (NCER) medidos e os valores abaixo da seta indicam as datas das avaliações do NCER.

(a)



(b)



(c)

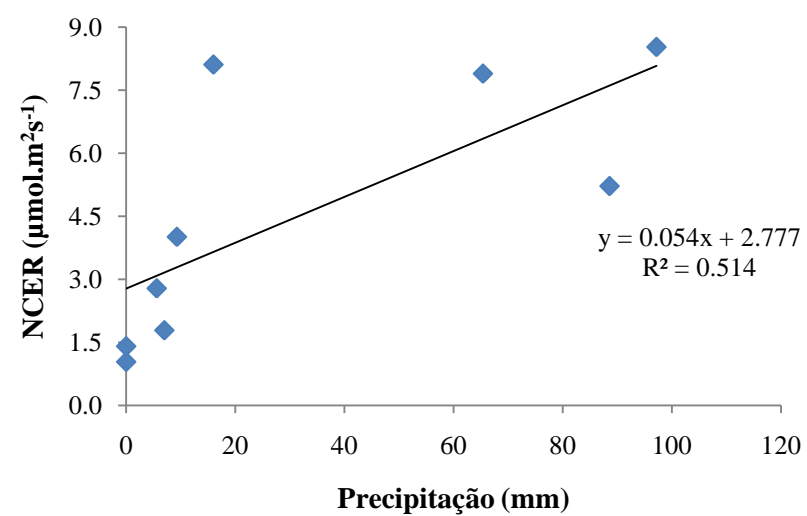


Figura 8: Gráficos de correlação entre NCER e precipitação nos períodos VERÃO/OUTONO (fevereiro a abril) (a); Inverno (maio a agosto) (b); e Primavera, (outubro a dezembro) (c). ($P \leq 0,05$).

Valentini et al. (2015), também encontraram forte correlação da respiração do solo com a precipitação, área revegetada com espécies do cerrado no município de Cuiabá. Esses autores fundamentaram a correlação positiva com a disponibilidade de água para as reações bioquímicas dos microrganismos do solo ocorreu na época de maior precipitação (novembro de 2012 a abril de 2013), o que aumenta o efluxo de CO₂ do solo, como também observado neste trabalho para o período de maior precipitação, entre os meses de outubro a novembro de 2014.

Janssens et al. (2001), reportaram que as mudanças na temperatura do solo podem influenciar em até 80% as variações temporais no fluxo de CO₂, desde que haja adequada umidade do solo. Da mesma forma, outros estudos realizados por Smith et al. (2003) indicaram que o CO₂ liberado pela respiração aeróbica é dependente principalmente da temperatura, mas se torna dependente da umidade à medida que um solo seca.

Da análise da variação do NCER em função das variáveis estudadas foi constatada a maior influência da precipitação nas variações do NCER ao longo das diferentes estações do ano, inclusive nos períodos de baixas temperaturas do solo e do ar, compreendido entre os meses de maio a agosto (Inverno). Adicionalmente, foram verificados aumentos expressivos no NCER a partir de novembro (Primavera), uma vez que houve confluência de maiores precipitação, temperaturas do solo e do ar e acúmulo da biomassa.

3.4. Biomassa acumulada e precipitação

Em geral o estresse causado por temperaturas baixas em forrageiras tropicais é mais freqüente quando se compara com o estresse por temperaturas mais altas. A baixa temperatura provoca redução da fotossíntese e do metabolismo da planta, sendo um dos principais agentes causadores da estacionalidade de produção (JONES, 1985). No entanto, o estresse hídrico prejudica o crescimento das plantas mesmo ocorrendo temperaturas favoráveis ao crescimento delas, e temperaturas abaixo da temperatura basal inferior da cultura limitam o crescimento mesmo com fornecimento de água.

De acordo com a figura 9, durante a evolução anual da braquiária, esta apresentou maior crescimento no período Verão/Outono (fevereiro a abril), caracterizado pela ocorrência de precipitações, maiores temperaturas do solo e mínimas do ar, e menor crescimento da biomassa durante maio a agosto (Inverno), caracterizado como período seco, de baixas temperaturas do solo e mínimas do ar.

Na figura 9a, entre as datas 09/09 a 19/10 (círculo azul), ocorreu um período seco onde foi observada uma faixa estável de incremento de matéria seca mesmo com aumento das temperaturas do solo, máximas e mínimas do ar. Nesse intervalo, devido ao aumento das temperaturas máximas, pode ter ocorrido maior evapotranspiração, e a precipitação não foi suficiente para suprir a demanda de água pela planta, o que acarretou em baixas taxas fotossintéticas e síntese de biomassa. Ressalta-se a importância da irrigação nessa fase, o que poderia reduzir o ciclo de produção da braquiária, aumentando o número de colheitas e produtividade.

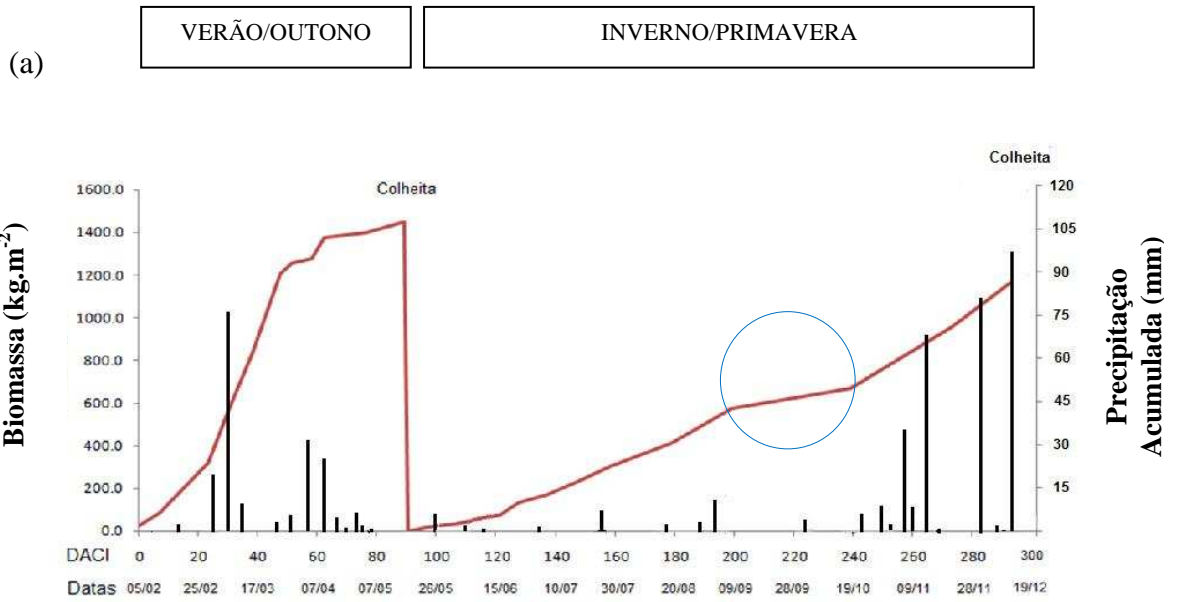
Até outubro houve pouco incremento de biomassa, devido às baixas temperaturas características do inverno e a escassez de água, sendo esta o fator limitante ao crescimento da parte aérea das plantas após o aumento das temperaturas do solo e do ar, o que pode ser visualizado nas figuras 9b a 9e, que retratam o baixo acúmulo da

biomassa durante os meses de julho a outubro. Após novembro foi possível observar maiores crescimentos da braquiária devido principalmente aos eventos de precipitação, intensos e regulares e a ascensão das temperaturas mínimas do ar.

As figuras 9f e 9g destacam a diferença da biomassa acumulada ao final do período verão/outono (mês de abril) antes da primeira colheita, e a biomassa acumulada ao final do período inverno/primavera (mês de dezembro), antes da colheita final, evidenciando a diferença no acúmulo e altura da forragem entre os períodos.

Coser et al. (2008), em um trabalho realizado no município de Coronel Pacheco-MG, ao avaliar estratégias de irrigação utilizando 50% de água disponível em capim-elfante na época seca e visando reduzir a estacionalidade de produção, encontraram altura entre 1,6 a 1,8m e conseguiram antecipar o pastejo com irrigações iniciadas em junho, aumentando em 24% a produção de matéria seca.

Resultado de trabalho realizado na Embrapa Pecuária Sudeste, em São Carlos, SP, no período de janeiro a novembro, avaliou-se capim-Tanzânia adubado e irrigado, sob pastejo com vacas leiteiras, mostraram que a irrigação de pastagem não alterou a estacionalidade de produção, porém promoveu aumento da taxa de acúmulo da forragem na primavera e outono (CORREA; SANTOS, 2006). Esses autores destacaram que efeitos mais acentuados são observados a partir de setembro e principalmente em outubro, quando não há precipitação suficiente mesmo em condições favoráveis de temperatura e fotoperíodo.



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



Figura 9: Evolução anual da biomassa acumulada (kg.m^{-2}) e precipitação (mm) acumulada (a); imagens do crescimento de *B.brizantha* durante os meses de julho a outubro (b-e); da última coleta para avaliação de matéria seco mês de abril (f); e da última coleta para avaliação da matéria seca no mês de dezembro (g).

3.5. Análise de Índices Fisiológicos

A matéria seca total (MST) e o índice de área foliar (IAF) foram crescentes ao longo dos dois ciclos e melhor se ajustaram às equações do tipo sigmoideal, conforme mostrado na tabela 3, e as curvas ajustadas em relação ao tempo são apresentados na Figura 10.

Inicialmente o crescimento da planta é lento, nesta fase o vegetal usa as reservas nutritivas da semente para a produção de seus órgãos componentes. Em seguida ocorre uma fase rápida de crescimento, a planta retira água e nutrientes do solo e passa a depender da fotossíntese. Nesta fase linear ocorre o auto-sombreamento das folhas e maior incremento na massa seca, aumentando o IAF (PEIXOTO e PEIXOTO, 2009).

Ao alcançar o tamanho máximo, a planta entra para a fase de senescência, diminuindo o IAF e o acúmulo de massa seca, com a translocação desta para os

órgãos de reserva resultando na degeneração do sistema fotossintético (PEIXOTO e PEIXOTO, 2011; PORTES et al., 2000; BENINCASA, 2003).

O maior acúmulo de biomassa foi atingido aos 73 dias após corte de igualamento no período do Outono. No período Inverno/Primavera devido à fase de baixas temperaturas e precipitações, houve menor acúmulo de massa seca até 154 dias após a colheita (Fig. 10a), e maior acúmulo na massa seca somente nos 184 dias após colheita, durante o período de chuvas e de aumento nas temperaturas do ar e do solo (Figura 10b).

O IAF máximo foi observado aos 40 dias após corte de igualamento (Verão), e 188 dias após o corte de colheita (Primavera), devido às condições climáticas favoráveis ao aumento da área foliar para esses períodos, o que ocasionou maior razão da área foliar e a unidade de superfície do solo ocupada pela área da folha (Figuras 10c e d).

Tabela 3: Coeficientes (a, b e x_0) das equações $f = a/(1 + \exp(-(x-x_0)/b))$ ajustadas aos dados de biomassa (BIOM) e Índice de Área Foliar (IAF) em função dos períodos Verão/Outono e Inverno/Primavera.

Período	Coeficientes da equação					
	Variável	a	b	x_0	R ²	P value
Verão/Outono	BIOM	1387.14	8.64	33.14	0.99	<0.0001
	IAF	4.69	10.81	23.55	0.99	<0.0001
Inverno/Primavera	BIOM	1493.70	52.41	152.10	0.97	<0.0001
	IAF	55.95	82.99	445.50	0.94	<0.0001

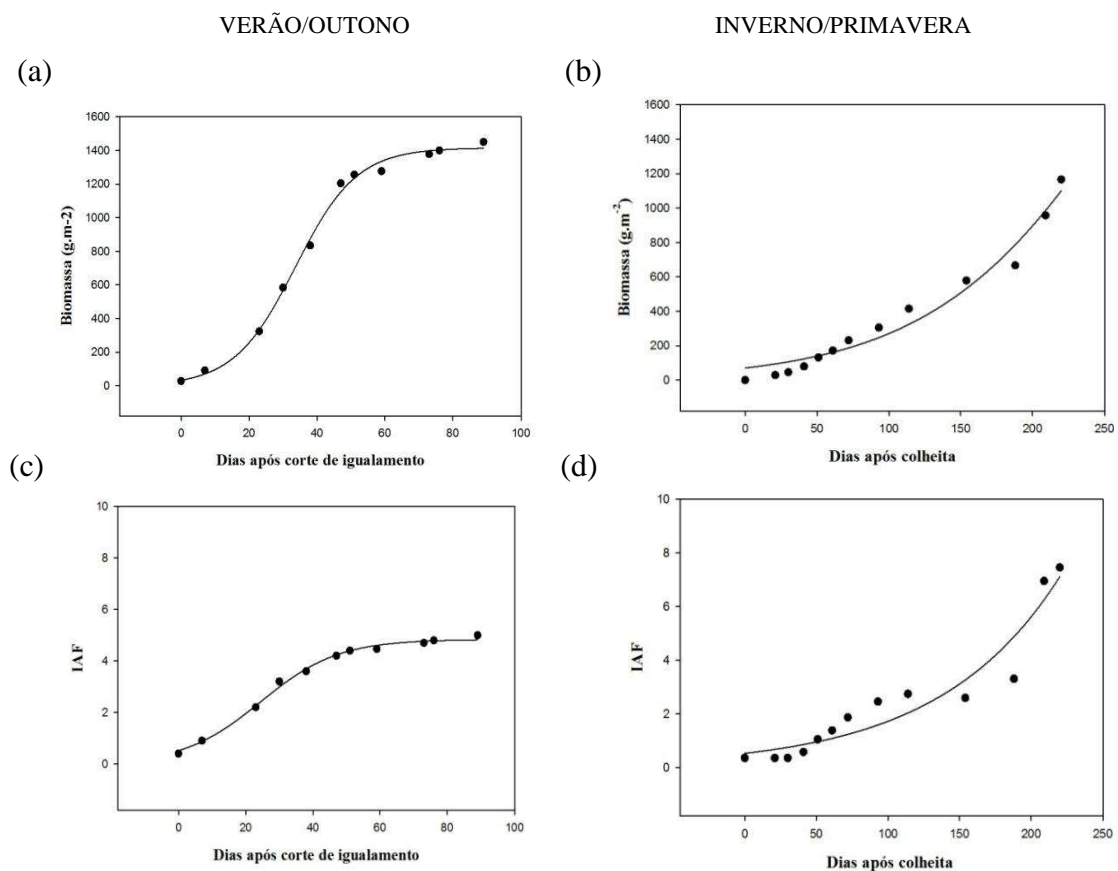


Figura 10: Curvas de ajustes sigmoidal com base nos dados observados da biomassa acumulada (a); e Índice de Área Foliar (IAF) (b), nos períodos Verão/Outono, após o corte de igualamento e Inverno/Primavera, após corte de colheita.

Conceitualmente, a TCR (taxa de crescimento relativo representa o incremento na massa seca, por unidade de massa inicial, em dado intervalo de tempo ($\text{g g}^{-1}\text{dia}^{-1}$). De acordo com a figura 11 em ambos os períodos, a TCR apresentou valores máximos após 32 dias do corte de igualamento (Verão) e 31 dias após a colheita (Inverno), com redução no período posterior. No início da fase vegetal, o valor alto de TCR é resultado da alta conversão de energia em substâncias orgânicas, o que reflete no rápido crescimento da planta em sua fase inicial.

A diminuição do TCR é comum devido ao aumento da respiração, idade das folhas e produção de tecidos não fotossintetizantes, reduzindo o acúmulo de massa seca (GOMIDE E GOMIDE, 1999; ANDRADE et al., 2004). Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2005) e Oliveira et al. (2011) trabalhando com capim braquiária e mudas de pinhão-manso, respectivamente, em que observaram redução da TCR.

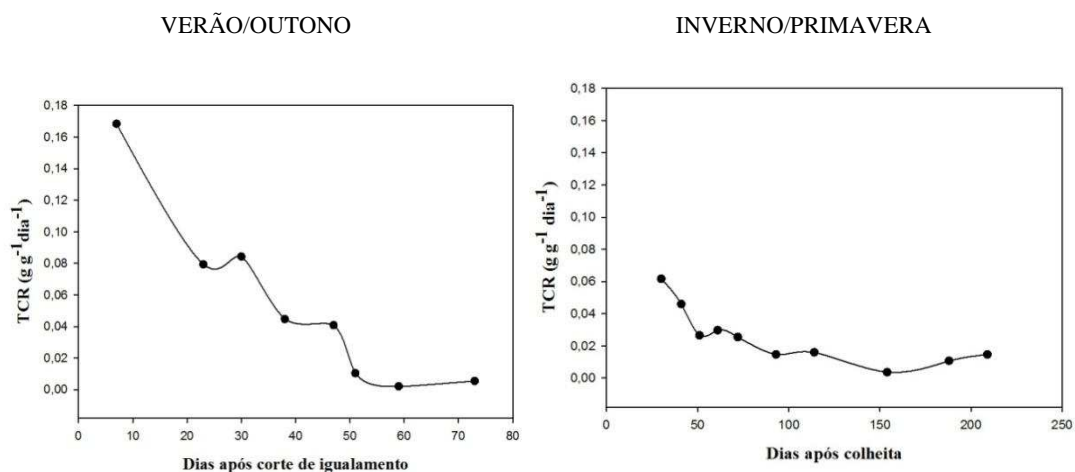


Figura 11: Taxa de crescimento relativo (TCR) nos períodos Verão/Outono, após corte de igualamento e Inverno/Primavera, após corte de colheita da *B. brizantha*.

A razão de área foliar (RAF) representa a relação entre a área foliar e a matéria seca da planta ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$). Por ser interpretada como a razão entre a superfície assimilatória (folhas) e o material assimilado por ela, o início do ciclo das culturas apresenta uma RAF mais alta, pois a maior parte dos fotoassimilados é convertida em folhas, com o objetivo de aumentar a captação solar disponível (ALVAREZ et al, 2005).

No período posterior ocorreu um decréscimo na RAF (Figura 13), que é atribuído ao investimento de fotoassimilados para desenvolvimento de órgãos não fotossintetizantes ocasionando pouca variação na capacidade fotossintetizante, além da redução na área foliar provocada pela senescência de folhas inferiores (BENINCASA, 2003; PEIXOTO, 2009; PORTES et al., 2009).

Na figura 12, a maior RAF ocorreu após uma semana do corte de igualamento (Verão) com redução durante o ciclo. No período de inverno (maio a agosto) o maior índice de RAF ocorreu 30 dias após o corte de colheita, e se manteve estável durante esses meses devido aos baixos índices de temperaturas do ar e do solo e precipitação. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa et al. (2011), Gomide e Gomide (2001) trabalhando com *Brachiaria* e *Panicum* respectivamente.

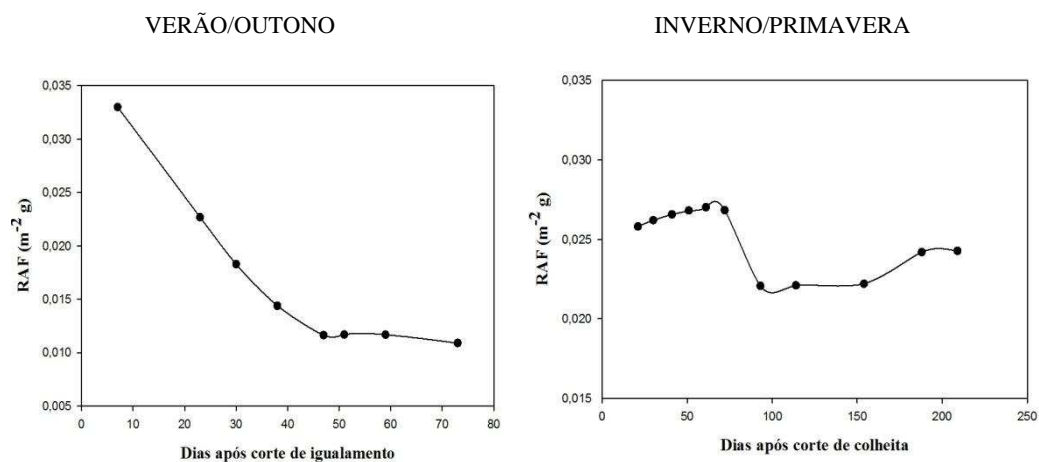


Figura 12: Razão de área foliar (RAF) nos períodos Verão/Outono, após corte de igualamento e Inverno/Primavera, após corte de colheita da *B. brizantha*.

4. CONCLUSÕES

Existe influência diferencial de fatores climáticos em função da época do ano sobre a respiração do solo cultivado com *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. O fator climático mais determinante para a variação no NCER foi a precipitação, sendo maior correlação com o NCER para as duas estações. A temperatura do solo também influencia na variação do efluxo de CO₂, desde que o solo esteja em umidade adequada.

Apesar de a precipitação apresentar maior correlação com o NCER, não é correto isolar um único fator determinante na variação do efluxo de CO₂, pois todos atuam em conjunto com o desenvolvimento da braquiária na respiração do solo.

A irrigação no início de setembro (Inverno/Primavera), ao final do inverno, favorece a redução dos ciclos de colheita da braquiária e maior acúmulo de biomassa, o que pode aumentar a produtividade, tornando o manejo de pastagem mais eficiente.

5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, R DE C. F.; RODRIGUES, J. D.; MARUBAYASHI, O. M.; ALVAREZ A. C. C.; CRUSCIOL, C. A.C.; Análise de crescimento de duas cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 4, p. 611-616. 2005.
- ANDRADE, C. M. S.; VALENTIM, J. F.; CARNEIRO, J. C.; VAZ, F. A. Crescimento de gramíneas e leguminosas forrageiras tropicais sob sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.263-270, mar. 2004.
- BARIONI, L. G.; MARTHA J. R., G. B.; RAMOS, A. K. B.; VELOSO, R. F.; RODRIGUES, D. C.; VILELA, L. **Planejamento e gestão do uso de recursos forrageiros na produção de bovinos em pastejo**. In: Simpósio sobre Manejo da Pastagem, 20, 2003, Piracicaba. Anais. Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 105-154.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). 2^a.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- COELHO, M. M. **Estudo da respiração do solo em floresta de transição do sudoeste da Amazônia**. 46p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2005.
- CORREA, L. A.; Santos, P. M. **Irrigação de pastagens formadas por gramíneas forrageiras tropicais**. São Carlos: Embrapa, 2006.
- COSER, Antônio Carlos et al. Produção de forragem e valor nutritivo do capim-elefante, irrigado durante a época seca. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 11, p. 1625-1631, Nov. 2008.
- COSTA, JOÃO PAULO RAMOS et al. Análise de crescimento de dois cultivares de *Brachiaria brizantha* (A. Rich.) Stapf. (Poaceae). **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 1, p. 17-22, nov. 2011.
- CRUZ, PEDRO GOMES DA et al. (2011). Modelos empíricos para estimar o acúmulo de matéria seca de capim-marandu com variáveis agrometeorológicas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 46(7), 675-681.
- DAVIDSON, B. A.; BELK, E.; BOONE, R. D. (1998). Soil water content and temperature as independent or confound factors controlling soil respiration in a temperature mixed hardwood forest. **Global Change Biology**, 4, 217-227.
- DAVIDSON, E. A.; VERCHOT, L. V.; CATTÂNIO, J. H.; ACKERMAN I.; CARVALHO, J. E. M. (2000). Effects of soil water content on soil respiration in forests and cattle pastures of eastern Amazonia. **Biogeochemistry**, 48, 53-69.

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

DIAS, J. D. **Fluxo de CO₂ proveniente da respiração do solo em áreas de florestas nativa da Amazônia**. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 87 p. 2006.

DIAS, L. C. P. **Efeito da mudança na cobertura vegetal na evapotranspiração e vazão de microbacias na região do alto Xingu**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 80p. 2013

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

FERRAZ, J. B. S.; FELÍCIO, P. E. Production systems – An example from Brazil. **Meat Science**, v. 84, p.238-243, 2010.

FRANK, A. B. (2002). Carbon dioxide fluxes over a grazed prairie and seeded pasture in the Northern Great Plains. **Environmental Pollution**, 116, (3), 397-403.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. Análise de crescimento de cultivares de *Panicum maximum*. **Rev. Soc. Bras. Zoot**, 28(4): 675-680, 1999.

GOMIDE, C. A. M.; GOMIDE, J. A. **The duration of regrowth period and the structural traits in a rotationally grazed *Panicum maximum* Sward**. In: XIX Int. Grassld. Congr. Proceedings..., São Pedro-SP, p.850-851, 2001.

GRAHAMMER, K.; JAWSON, M. D.; SKOPP, J. (1991). Day and night soil respiration from a grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, 23, 77-81.

HOFFMANN, Alvairet al. Produção de bovinos de corte no sistema de pasto-suplemento no período da seca. **Nativa**, v. 2, n. 2, p. 119-130, 2014

HUNT, R., 1990. Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners. Unwin Hyman, London.

INTERGOVERNMENTAL PAINEL ON CLIMATE CHANGE, 2014. Carbon and Other Biogeochemical Cycles., Disponível em: <https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf> Acesso em 24 out 2015.

JANSSENS, I. A. et al. (2001) Assessing forest soil CO₂ efflux: An in situ comparison of four techniques. **Tree Physiology**, 20, 23-32.

JONES, C. A. C₄ Grasses and cereals: growth, development, and stress. New York: John Wiley, 1985. 419 p.

LAPOLA, D. M.; MARTINELLI, L. A.; PERES, C. A.; OMETTO, J. P. H. B.; FERREIRA, M. E.; NOBRE, C. A.; AGUIAR, A. P. D.; BUSTAMANTE, M. M. C.; CARDOSO, M. F.; COSTA, M. H.; JOLY, C. A.; LEITE, C. C.; MOUTINHO, P.; SAMPAIO, G.; STRASSBURG, B. B. N.; VIEIRA, I. C. G. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 1, p. 27-35, Jan. 2014.

LARA, M. A. S. **Respostas morfofisiológicas de cinco cultivares de *Brachiaria* spp. às variações estacionais da temperatura do ar e do fotoperíodo.** 2007. 91p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LARCHER, W. Environmental influences on growth and development. In: Larcher, W. **Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups.** 2003, Springer, 4th ed. pp.297-328.

LIU, X.; WAN, S.; SU, B.; HUI, D.; LUO, Y. (2002). Response of soil CO₂ efflux to water manipulation in a tallgrass prairie ecosystem. **Plant and Soil**, 240: 213-223.

LUO, Y.; JACKSON, R. B.; FIELD, C. B.; MOONEY, H. A. (1996). Elevated CO₂ increases belowground respiration in California grasslands. **Oecologia**, 108, 130-137.

LUO, Y.; ZHOU, X. 2006a. Importance and Roles of Soil Respiration. In: Y. Luo and X. Zhou, editors, Soil respiration and the environment. **Academic Press**, Elsevier, San Diego, CA. p. 17–28.

LUO, Y.; ZHOU, X. 2006b. Controlling factors. In: Y. Luo and X. Zhou, editors, Soil respiration and the environment. **Academic Press**, Elsevier, San Diego, CA. p. 79–105.

MEDEIROS, H. R.; PEDREIRA, C. G. S.; VILLA NOVA, N. A. **Temperatura base de gramíneas forrageiras estimadas através do conceito de unidade fototérmica.** In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife, PE. Anais. Recife: Sociedade Brasileira de Zootecnia, UFRPE, 2002. v. 1.

MEYER, W. S.; REICOSKY, D. C.; BARRS, H. D.; SHELL, G. S. G. (1987). A portable chamber for measuring canopy gas exchange of crops subject to different root zone conditions. **Agronomy Journal**, 79 (1), 181-184.

NUNES, S. F.; BOOK, A.; PENTEADO, M. I. ***Brachiaria brizantha* cv. Marandu.** Campo Grande: Embrapa, CNPQC, 1984. 31p. (Documentos, 21).

OLIVEIRA DE, D. et al. (2011). **Índices fisiológicos de mudas de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) provenientes de sementes pré-embebidas em stimulate.** Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011 Pág. 1833-1846.

PEIXOTO, C. P. et al. (2009). Dinâmica do crescimento vegetal. **Tópicos em ciências Agrárias.** Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2009. p.39-53.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.1, p.51-76, 2011.

PINTO JUNIOR, O. B.; SANCHES, L.; DALMON, A. C.; NOGUEIRA, J. S. (2009). Efluxo de CO₂ do solo em floresta de transição Amazônia Cerrado e em área de pastagem. **Acta Amazônica**, 39, (4), 813-821.

PORTES, T. DE A. et al. Análise do crescimento de uma cultivar de braquiária em cultivo solteiro e consorciado com cereais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 35, n. 7, p.1349-1358. Jul 2000.

PORTES, T. DE A.; CARVALHO, S. I. C. Crescimento e alocação de fitomassa de cinco gramíneas forrageiras em condições de cerrado. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 6, p. 1-14, 2009.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROBERTS, J. M. Effects of temperature on soil respiration: a brief overview. **Wallingford: Center for Ecology and Hydrology**, 2000. 45p.

RUHOFF, A. L.; SALDANHA, C. B.; COLLISCHONN, W.; UVO, C. B.; ROCHA, H. R.; CABRAL, O. M. R. (2009). Análise multivariada do processo de evapotranspiração em áreas de cerrado e cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 14(4), 137-146.

RUSTAD, L. E.; HUNTINGTON, T. G.; BOONE, R. D. (2000). Controls on soil respiration: Implications for climate change. **Biogeochemistry**, 48 (1), 1-6.

SARMIENTO, J. L.; GRUBER, N. (2002). Sinks for Anthropogenic Carbon. **Physics Today**, 55, 30-45.

SCOTT, A.; CRICHTON, I.; BALL, B. C. (1999). Long-term monitoring of soil gas fluxes with closed chambers using automated and manual systems. **Journal of Environmental Quality**, 28 (5), 1637-1643.

SILVA, A. C.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A. E FERREIRA, F. A. Análise de crescimento de *Brachiaria brizantha* submetida a doses reduzidas de fluazifop-pbutil, **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 1, p. 85-91, 2005.

SILVA JÚNIOR, J. A.; COSTA, A. C. L.; AZEVEDO, P. V.; COSTA, R. F.; METCALFE, D. B.; GONÇALVES, P. H. L.; BRAGA, A. P. Fluxos de CO₂ do solo na floresta nacional de Caxiuanã, Pará, durante o experimento ESECAFLOR/LBA. **Revista Brasileira de Meteorology Ribeira**, v. 28, n. 1, p. 85-94, 2013.

SMITH, K. A. et al. (2003) Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: Interactions of soil physical factors and biological processes. **European Journal of Soil Science**, 54, 779-791.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. (2006). **Fundamentos em Ecologia**. 2ªed. Artmed, Porto Alegre.

VALENTINI, C. M. A., ESPINOSA, M. M., DE PAULO, S. R. (2008). Estimate of CO₂ efflux of soil, of a transition forest in north west of Mato Grosso state, using multiple regression **Cerner**, 14 (1), 9-16.

VALENTINI, C. M. A.; GONÇALVES, A. J.; PELEGRINE, G. DE F. R. Respiração do solo como bioindicador em áreas degradadas. **Revista Internacional de Ciências**, 5 dez. 2015.

VALLE C. B.; EUCLIDES V. P. B.; MACEDO, M. C. M. **Selecting new Brachiaria for Brazilian pastures**. In: International Grassl and Congress, 19, 2001, São Pedro. Proceedings... Piracicaba: FEALQ, 2001.

VILLA NOVA, N. A.; BARIONI, L. G.; PEDREIRA, C. G. S.; PEREIRA, A. R. (1999). Modelo para previsão da produtividade de capim elefante em função de temperatura do ar, fotoperíodo e frequência de desfolha. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, 7 (1), 75-79.

VILLA NOVA, N. A.; TONATO, F.; PEDREIRA, C. G. S.; CARNEIRO, B. **Método alternativo para a determinação da temperatura-base de espécies forrageiras**. In: Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology, v.2, 2004, Curitiba. Anais. v. 1.

VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; KRUIJT, B.; OLIVEIRA, P. J.; ZANCHI, F. B.; SILVA, R. L.; HODNETT, M. G.; GASH, J. H. C.; ELBERS, J. A.; WATERLOO, M. J.; CARDOSO, F. L.; KABAT, P. (2004). Comparative measurements and seasonal variations in energy and carbon exchange over forest and pasture in South West Amazônia. **Theoretical and Applied Climatology**, 78, (1-3), 5-26.

WAGAI, R.; BRYE, K. R.; GOWER, S. T.; NORMAN, J. M.; BUNDY, L. G. (1998). Land use and environmental factors influencing soil surface CO₂ flux and microbial biomass in natural and managed ecosystems in southern Wisconsin. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, 30 (12) 1501-1509.