

## INFLUÊNCIA DA FERTILIZAÇÃO DE CO<sub>2</sub> ATMOSFÉRICO NA PRODUTIVIDADE DE PASTAGEM (*Brachiaria brizantha*) UTILIZANDO O MODELO IBIS

Fernanda Lopes Porto<sup>1</sup>, Hemlley Maria Acioli Imbuzeiro<sup>2</sup> e Vágna da Costa Pereira<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduada em Agronomia, Universidade Federal de Viçosa, [fporto99@gmail.com](mailto:fporto99@gmail.com); <sup>2</sup>Coordenadora do programa de pós-graduação de meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, [hewlley@ufv.br](mailto:hewlley@ufv.br). <sup>3</sup> Doutora em meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, [vagna.pereira@ufv.br](mailto:vagna.pereira@ufv.br).

**RESUMO-** O dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) é essencial no crescimento e produtividade das culturas, principalmente na dinâmica de processos fundamentais, como a fotossíntese, entretanto a sua concentração vem aumentando significativamente, repercutindo no aumento da temperatura global. Este trabalho avaliou, por simulação, a variação da produtividade da pastagem (*Brachiaria brizantha*), submetidas a crescimento em diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico. Além de validar o modelo *Integrated Biosphere Simulator* (IBIS) na simulação da produtividade primária bruta (PPB), troca líquida de CO<sub>2</sub> no ecossistema (NEE) e índice de área foliar (IAF) para pastagem. Os dados foram coletados por estações meteorológicas situadas na Fazenda Nossa Senhora (FNS), no município de Ouro Preto D'Oeste-Rondônia, em que foram interpolados ao modelo IBIS. A pastagem respondeu positivamente sua produtividade diante do aumento da concentração de CO<sub>2</sub>, e a validação demonstrou que o IBIS simula satisfatoriamente as variáveis relacionadas a produtividade da pastagem, porém devemos ter em mente que as simulações realizadas por modelos são uma abstração da realidade e não a verdade absoluta.

**PALAVRA CHAVE:** Modelo IBIS. Fertilização. Pastagem.

**ABSTRACT-** Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is essential in the growth and productivity of crops, especially in the dynamics of fundamental processes, such as photosynthesis, but their concentration has been increasing significantly, affecting the increase in global temperature. The present work had as main objective to evaluate, by the simulation, the pasture productivity variation (*Brachiaria brizantha*), under growth conditions in different concentrations of atmospheric CO<sub>2</sub>. In addition to validating the *Integrated Biosphere Simulator* (IBIS) model in the simulation of crude primary productivity (PPB), net CO<sub>2</sub> exchange in the ecosystem (NEE) and leaf area index (LAI) for pasture. The data were collected by meteorological stations located at Fazenda Nossa Senhora (FNS), in the municipality of Ouro Preto D'Oeste-Rondônia, where they were interpolated to the IBIS model. Grassland responded positively to its productivity in the face of increased CO<sub>2</sub> concentration, and validation showed that IBIS simulates satisfactorily the variables related to pasture productivity, but we must bear in mind that model simulations are an abstraction of reality and not the absolute truth

**KEY WORDS:** Model IBIS. Fertilization. Pasturing.

### 1 INTRODUÇÃO

No âmbito das mudanças climáticas, pesquisas relacionadas à influência da concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) no crescimento e produtividade das culturas, são essenciais, uma vez que pode afetar diretamente a fisiologia das plantas em vários aspectos, principalmente na dinâmica de processos fundamentais, como a fotossíntese.

Muitos estudos demonstram que a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico global está aumentando desde o fim do século XIX quando ocorreu a Revolução Industrial, onde essa taxa se encontrava estabilizada em cerca de 280 ppm (IPCC, 2007). A partir deste período existem

evidências de que o CO<sub>2</sub> atingirá altos níveis até o fim deste século e pode ultrapassar a sua concentração atual que está em aproximadamente 402 ppm (CO<sub>2</sub>Now, 2014).

De acordo com Taiz e Zeiger (2004) a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico é quase o dobro da que prevalecia durante maior parte dos últimos 160.000 anos, e essa concentração vem aumentando em torno de dois ppm por ano. Além disso, o CO<sub>2</sub> juntamente com outros gases como vapor d'água (H<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (NO<sub>2</sub>) e clorofluorocarbonetos (CFC's), atuam como gases do efeito estufa e são os principais responsáveis pelo significativo aumento da temperatura na superfície terrestre que podem causar variações no clima, se tornando uma ameaça para o cultivo de várias plantas agrícolas em todo o planeta.

Uma das principais formas de sequestrar CO<sub>2</sub> é pela vegetação por meio da fotossíntese. Desta forma, o enriquecimento de CO<sub>2</sub> na atmosfera, previsto pelas simulações do *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), tem efeitos significativos sobre o metabolismo das plantas, podendo beneficiar o aumento da taxa de crescimento e desenvolvimento em virtude da aceleração do processo de fotossíntese e contribuir para que estas sejam menos suscetíveis a seca (LACHER, 2000).

Estima-se que no Brasil existam cerca de 170 milhões de hectares de pastagem, onde 100 milhões são representados por pastagens cultivadas e 70 milhões são naturais. Este aumento se deve a grande expansão da cadeia agropecuária nacional de carne e leite, sendo as pastagens uma das principais fontes de alimentos para o rebanho, se tornando dessa forma de fundamental importância para a economia brasileira (MIRANDA, 2010).

A modelagem de interação solo-vegetação-atmosfera é uma ferramenta bastante utilizada para avaliar e quantificar o efeito do clima no crescimento e desenvolvimento da planta. Verifica-se que a mesma tem sido bastante utilizada na previsão de produtividade e produção por planta de diversas culturas como: milho (DOURADO NETO et al., 2004), girassol (ROLIM et al., 2001), dentre outros.

Diante do potencial de cultivo da pastagem no Brasil, é de grande importância o entendimento do crescimento desta cultura em elevada concentração de CO<sub>2</sub>. Com isto, o presente trabalho teve como principal objetivo avaliar a simulação da produtividade da pastagem (*Brachiaria brizantha*), em Rodônia, mediante diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico. Além de validar o modelo *Integrated Biosphere Simulator* (IBIS) na simulação da produtividade primária bruta (PPB), troca líquida de CO<sub>2</sub> no ecossistema (NEE) e índice de área foliar (IAF) para pastagem.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 DESCRIÇÃO DO SÍTIO EXPERIMENTAL

O sítio experimental está localizado na Fazenda Nossa Senhora (FNS), no município de Ouro Preto D'Oeste-Rodônia, cujas coordenadas geográficas são 10°46'S, 62°21'W, e altitude de 267 m acima do nível médio do mar. A região apresenta estações seca e chuvosa bem definidas, sendo a estação chuvosa compreendida entre os meses de novembro e abril, com precipitação média total de 200 mm.mês<sup>-1</sup>. A estação seca se estende de maio a outubro e apresenta períodos mais críticos de seca nos meses de junho a agosto, com precipitação média total menor que 20 mm.mês<sup>-1</sup>. Ao longo do ano a média total de precipitação nesta região é de 1.975 mm.ano<sup>-1</sup>, com temperatura média elevada da ordem de 25,6 °C (AGUIAR, 2007).

Este sítio experimental é caracterizado por uma área que sofreu desmatamento, com gramado perene, considerado homogêneo, com altura de dossel entre 0,2 a 0,5 m, destinado à criação de bovinos (ANDREAE et al., 2002). Os dados de superfície utilizados nesta pesquisa são pertencentes ao projeto ABRACOS (*Anglo-Brazilian Amazonia Climate Observation*

Study) e foram coletados no período de 1999 a 2001 em uma área de pastagem na região Amazônica.

A FNS tem como cobertura vegetal predominante a gramínea *Brachiaria brizantha*, além de pequenas palmeiras dispersas (AGUIAR, 2007). O solo da área experimental é classificado como Podzólico Vermelho-Amarelo A, sendo caracterizado por apresentar as seguintes frações: 80% de areia, 10% de silte e 10% de argila.

## 2.2 DADOS

### 2.2.1 Descrição dos dados

Foram utilizados os dados coletados por estações meteorológicas, sistemas de covariância de vórtices turbulentos e medidas biométricas, além de uma banco de dados globais (SHEFFIELD et al., 2006), compreendendo o seguinte conjunto de dados: radiação solar incidente ( $S_{in}$ ); radiação de onda longa incidente ( $L_{in}$ ); temperatura do ar ( $T_a$ ); velocidade horizontal do vento ( $u_a$ ); precipitação (P); umidade específica do ar ( $q_a$ ) produtividade primária bruta (PPB); troca líquida de  $CO_2$  no ecossistema (NEE) e índice de área foliar (IAF). Todas essas medidas foram tomadas acima da pastagem.

As variáveis  $S_{in}$ ,  $L_{in}$ ,  $T_a$ ,  $q_a$ ,  $u_a$  e P foram usadas para forçar o modelo, enquanto as demais, quando disponíveis, usadas para verificar o desempenho do modelo.

A série histórica de dados da Fazenda Nossa Senhora foi obtida no Sistema de Dados e Informações do Programa de Grande Escala da Biosfera Atmosfera na Amazônia (LBA), no período de 01/01/1999 a 30/12/2002, e pelo banco de dados globais criado por Sheffield et al. (2006), no período de 01/01/1970 a 30/12/1998, disponível em intervalo de 60 minutos.

Maiores detalhes sobre as séries de dados estão disponíveis nos metadados do Sistema de Informação e Dados do LBA (<http://beija-flor.cptec.inpe.br>) e em Sheffield et al. (2006).

### 2.2.2 Filtragem de valores espúrios e preenchimento de falhas dos dados de entrada

Os dados coletados em experimentos de campo contêm, geralmente, vários tipos de erros: erros grosseiros, que provêm do funcionamento inadequado dos equipamentos, tais como manutenção, queda de energia, leituras erradas, etc; erros sistemáticos, geralmente provenientes de descalibração dos instrumentos, não linearidade da curva de calibração, ou uso de fórmulas inadequadas para obtenção de valores finais; e erros aleatórios, que são devidos às variações na tensão da rede elétrica, ruídos, interferências ou instabilidade nos instrumentos, entre outros.

Embora uma parte significativa dos erros presentes nos dados brutos tenha sido eliminada no pós-processamento das observações, algumas séries de dados obtidas ainda continham alguns valores espúrios, que foram filtrados de acordo as sugestões de Imbuzeiro (2005). Para que pudessem ser utilizados como dados de entrada pelo modelo IBIS, os dados tiveram que ter todas as suas falhas preenchidas por interpolação, de acordo com a metodologia proposta por Senna (2004).

## 2.3 DESCRIÇÃO DO MODELO (IBIS)

O IBIS faz parte de uma nova geração de modelos de biosfera global, classificado como um modelo dinâmico da vegetação global, que considera as mudanças ocorridas na composição e estrutura da vegetação em resposta às condições ambientais. Este modelo compreende diversos processos, incluindo as interações entre a superfície e a atmosfera, ciclos de  $CO_2$  e nutrientes, e dinâmica da vegetação (FOLEY et al., 1996; KUCHARIK et al., 2000). É um dos poucos modelos a incorporar uma variedade de processos do ecossistema em uma única

estrutura, incluindo: troca de energia, água e de dióxido de carbono entre solo, plantas e atmosfera; processos fisiológicos das plantas e organismos do solo, incluindo assimilação de CO<sub>2</sub> e respiração; crescimento e competição entre plantas; ciclo de nutrientes (C, N) e processos físicos do solo (IMBUZEIRO, 2005).

O modelo segue uma hierarquia conceitual e inclui submodelos (ou módulos) organizados de acordo com a escala temporal: processos de superfície (transferência de energia, água e CO<sub>2</sub>, biogeoquímica do solo (ciclo do nitrogênio e do CO<sub>2</sub>), dinâmica da vegetação (competição das plantas por luz, água e nutrientes) e fenologia (baseada no crescimento medido por graus-dia). Segue-se a descrição de alguns processos representados pelo IBIS.

### 2.3.1 Fisiologia vegetal e condutância estomática

O modelo simula a assimilação de CO<sub>2</sub> e a respiração na escala da folha utilizando as equações de Farquhar (FARQUHAR et al., 1980; FARQUHAR e SHARKEY, 1982): a assimilação de CO<sub>2</sub> bruta ( $A_g$ ) é uma função da luz absorvida (APAR), da temperatura da folha (T), da concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $c_i$ ), e da capacidade máxima da enzima Rubisco ( $V_{m\acute{a}x}$ ); a respiração de manutenção ( $R_d$ ) é uma função apenas da  $V_{m\acute{a}x}$ . Logo, temos que a assimilação de CO<sub>2</sub> líquida ( $A_n$ ) é representada por:

$$A_n = A_g - R_d \quad \text{Eq. 1}$$

$$A_g = \min(J_e, J_c) \quad \text{Eq. 2}$$

$$J_e = \alpha_3 APAR \frac{c_i - \Gamma^*}{c_i + 2\Gamma^*} \quad \text{Eq. 3}$$

$$J_c = \frac{V_m (c_i - \Gamma^*)}{c_i + K_c \left(1 + \frac{O_2}{K_0}\right)} \quad \text{Eq. 4}$$

$$c_i = c_s - \frac{1,6A_n}{g_s} \quad \text{Eq. 5}$$

$$V_m = V_{m\acute{a}x} \omega(T) \omega(S) \quad \text{Eq. 6}$$

$$R_d = \zeta V_{m\acute{a}x} \quad \text{Eq. 7}$$

em que  $J_e$  é a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> limitada pela luz,  $J_c$  é a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> limitada pela Rubisco,  $\Gamma^*$  é o ponto de compensação para a assimilação de CO<sub>2</sub> bruta,  $K_c$ ,  $K_0$  são os coeficientes de Michaelis-Menten para CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>, em que  $K_c = 1,5 \times 10^{-4}$  e  $K_0 = 0,25$  a (15°C),  $\omega(T)$  é a função de estresse devido à temperatura,  $\omega(S)$  é a função de estresse devido à umidade do solo,  $\alpha_3$  é a eficiência quântica da planta C3 e  $\zeta$  é o custo de respiração da atividade da Rubisco.

A condutância estomática ( $g_s$ ) é simulada como uma função da  $A_n$ , da concentração de CO<sub>2</sub> na camada-limite foliar ( $c_s$ ) e da umidade relativa do ar ( $h_a$ ), conforme Leuning (1995):

$$g_s = m \frac{A_n h_a}{c_s} + b \quad \text{Eq. 8}$$

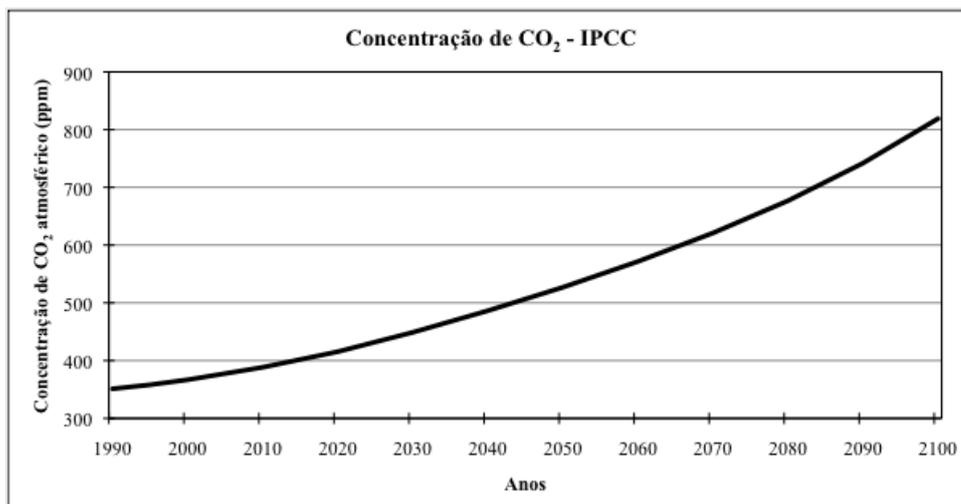
onde  $m$  é o coeficiente relacionado à condutância estomática e  $b$  é o intercepto da regressão linear.

## 2.4 DESCRIÇÃO DA SIMULAÇÃO E VALIDAÇÃO DO MODELO

A simulação realizada no presente trabalho com o modelo IBIS compreendeu o período de 1999 a 2002, onde os valores da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico variou em torno de 370 ppm a 800 ppm, de acordo com os dados do IPCC (2007) (Figura 1). Foram realizadas cinco simulações onde a única diferença entre elas foi a concentração ano de 1999 e ocorrerá nos anos de 2044, 2066, 2084 e 2098, respectivamente. Foi realizado um “*spin-up*” isto é uma aceleração no modelo de 28 anos para estabilizar o carbono.

O IBIS simulou a pastagem como vegetação estática, isto quer dizer que o tipo de vegetação não variou ao longo da simulação. Se na presente simulação fosse utilizada a “dinâmica de vegetação”, a vegetação seria iniciada como pastagem, em 1999, e poderia crescer para uma vegetação de porte maior, anos depois, devido às condições favoráveis da região, como a disponibilidade de radiação, precipitação, CO<sub>2</sub> e nutrientes no solo, e a ausência de fatores limitantes como o fogo.

Figura 1: Concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico observado nos anos 1999 à 2014 e projetados pelo IPCC 2007 para os anos 2015 à 2100.



A qualidade da simulação, ou seja, a validação do modelo foi avaliada de acordo com o uma análise do comportamento entre os dados observados em campo e os dados simulados pelo IBIS. Foram analisadas as seguintes variáveis: produtividade primária bruta (*PPB*), troca líquida de CO<sub>2</sub> no ecossistema (*NEE*) e no índice de área foliar (*IAF*).

A *PPB* corresponde ao total de biomassa ou matéria orgânica que é produzida pelas plantas, por unidade de área e por unidade de tempo. Enquanto que a *PPL* corresponde à *PPB* menos a biomassa, consumida na respiração da planta.

A simulação de *NEE* pelo IBIS é uma função da respiração heterotrófica (*R<sub>H</sub>*) e da *PPL*, a qual por sua vez é uma função da *PPB* e da respiração autotrófica (*R<sub>A</sub>*) do ecossistema (soma da respiração de manutenção e custo de alocação de CO<sub>2</sub>).

$$NEE = R_H - PPL \quad \text{Eq. 9}$$

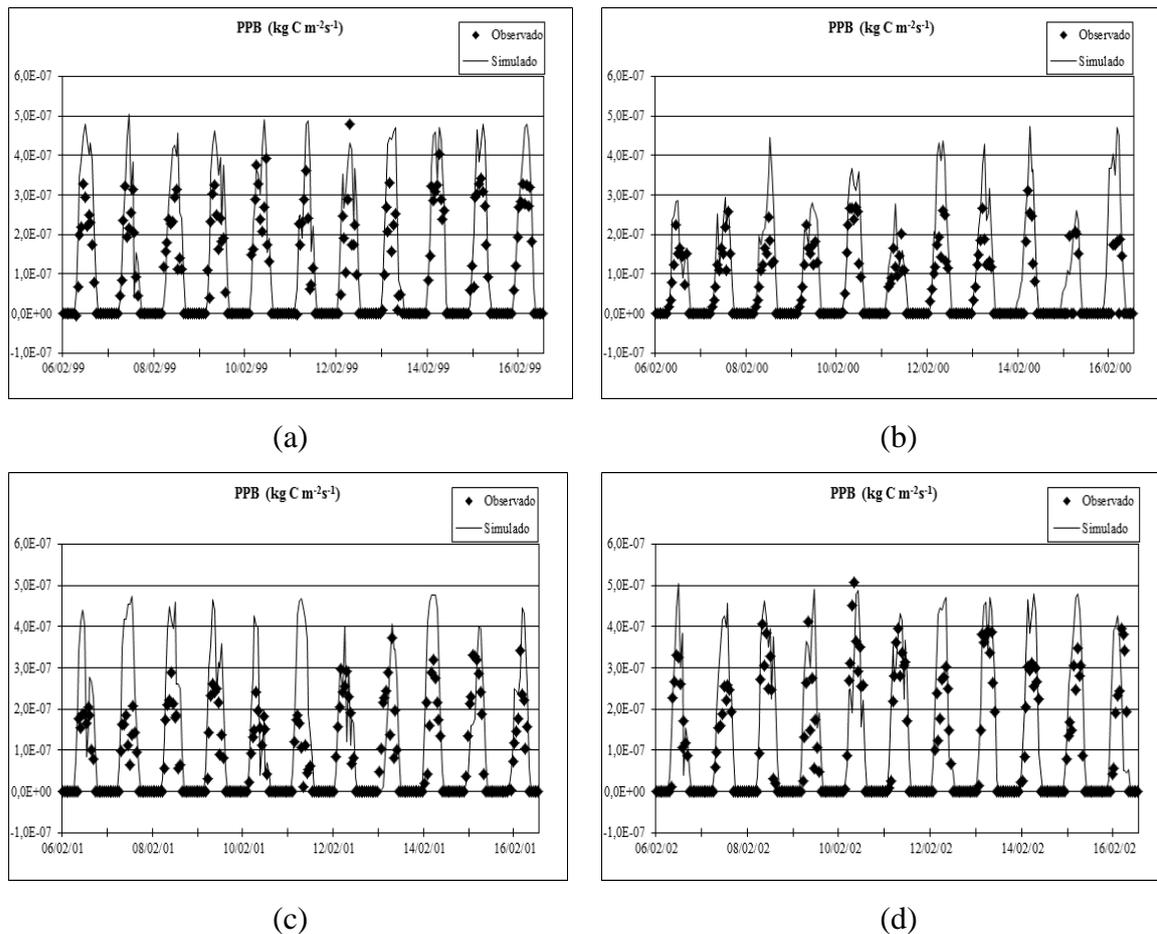
$$PPL = PPB - R_A = 0,7 \int A_n dt \quad \text{Eq. 10}$$

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 VALIDAÇÃO DO IBIS PARA PASTAGEM EM RONDÔNIA

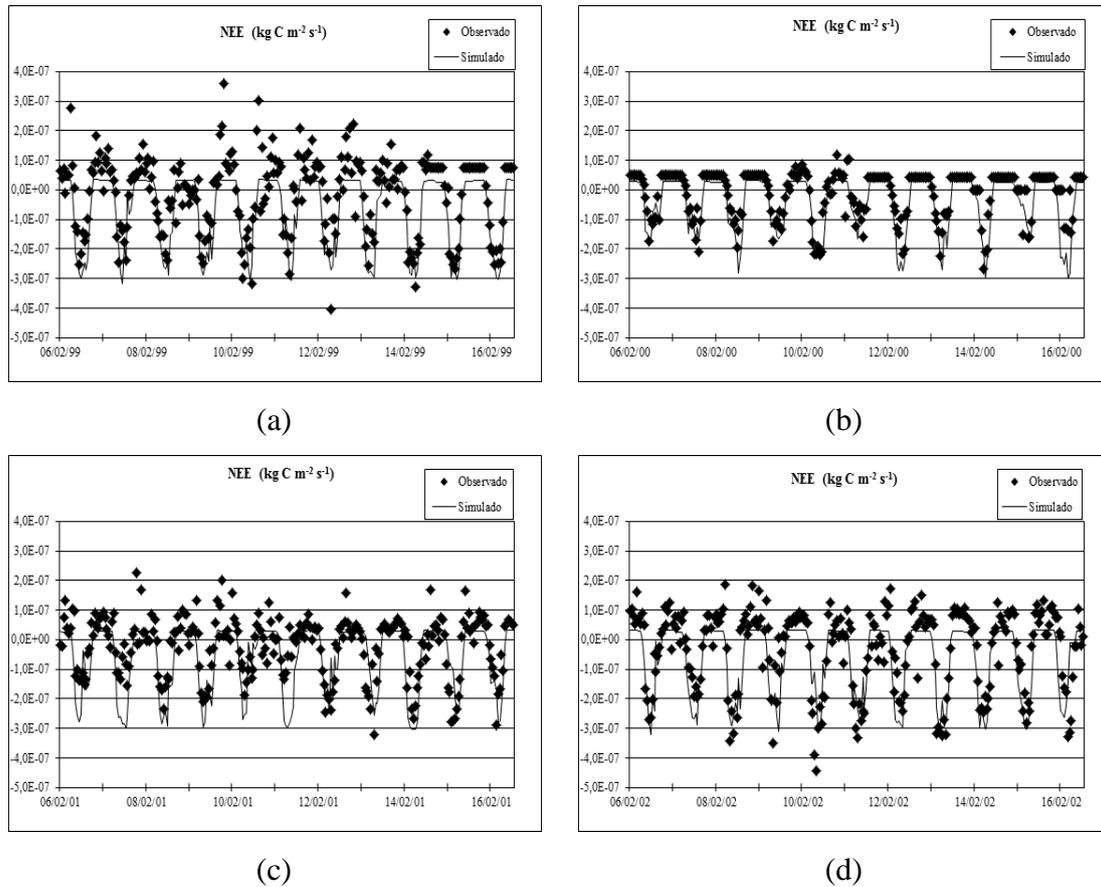
A Figura 2 representa a variação temporal da produtividade primária bruta (PPB), dados observados e simulados, para períodos selecionados de dez dias ao longo do mês de fevereiro entre os anos de 1999 á 2002. No geral o modelo representa bem a variação diurna da PPB, porém em alguns períodos o modelo superestima a PPB (Figura 2 c).

Figura 2: Produtividade Primária Bruta - PPB ( $\text{kg C m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) para os períodos selecionados de dez dias ao longo do mês de fevereiro entre os anos de 1999 á 2002, para pastagem (*Brachiaria brizantha*) em Rondônia.



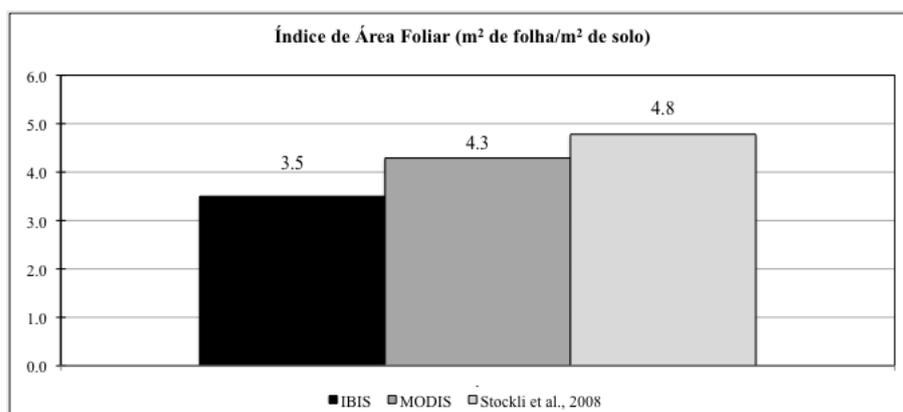
A variação temporal da troca líquida de  $\text{CO}_2$  no ecossistema (NEE) medida e simulada é apresentada na Figura 3. Por convenção os valores negativos de NEE significam seqüestro ou entrada de C no sistema. O IBIS consegue representar bem a variação diurna da NEE observada (Figura 3), exceto no período noturno onde os valores observados de NEE apresentam um comportamento dispersivo (Figura 3 a, c e d).

Figura 3: Troca Líquida de CO<sub>2</sub> no ecossistema (NEE) (kg C m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) para os períodos selecionados de dez dias ao longo do mês de fevereiro entre os anos de 1999 a 2002, para pastagem (Brachiaria brizantha) em Rondônia.



A Figura 4 apresenta os resultados do índice de área foliar (IAF) simulado pelo modelo IBIS, observado pelo *Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) e estimado por Stockli et al., 2008. O resultados mostram que o modelo subestima o IAF, para pastagem em Rondônia, quando comparado com os dados do MODIS e as estimativas de Stockli et al., 2008.

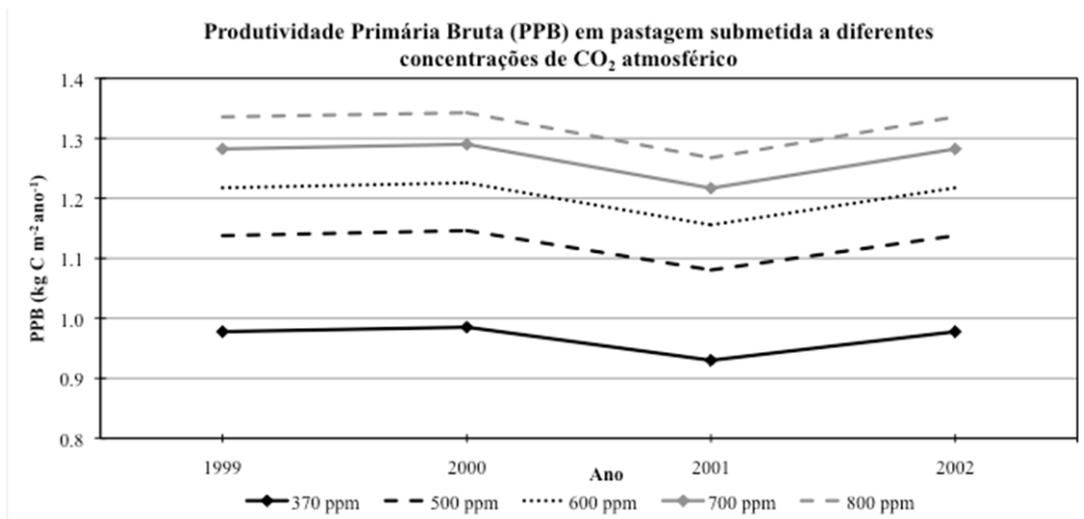
Figura 4: Comparação entre o Índice de Área Foliar - IAF (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>) estimado pelo modelo IBIS, pelo MODIS e por Stockli et al., 2008, para pastagem (Brachiaria brizantha) em Rondônia.



### 3.2 PRODUTIVIDADE DA PASTAGEM PARA DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE CO<sub>2</sub> ATMOSFÉRICO

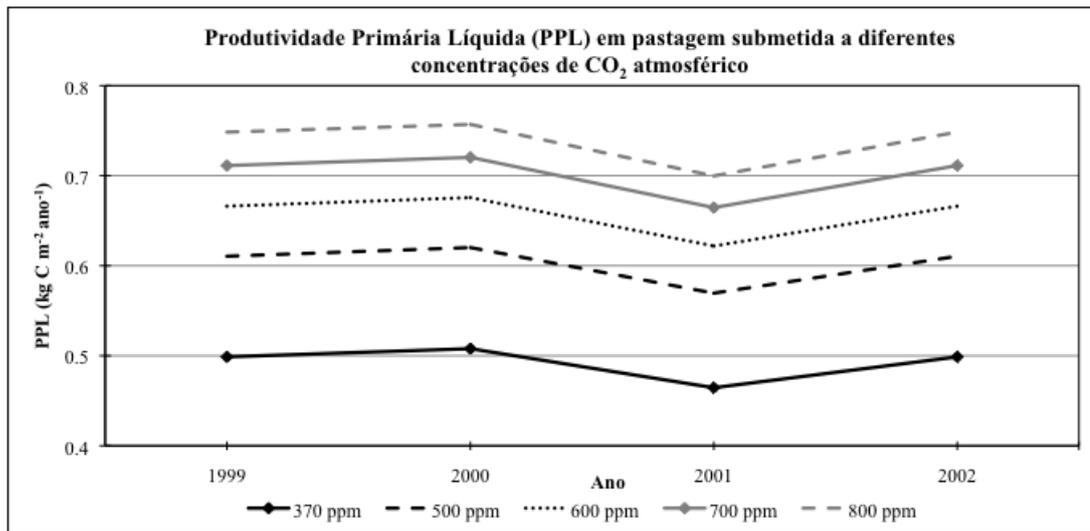
A Figura 5 apresenta a simulação da Produtividade Primária Bruta (PPB) anual, para os anos de 1999 a 2002, submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, para pastagem (*Brachiaria brizantha*) em Rondônia. As simulações com modelo IBIS indicam que a PPB é maior quando os níveis da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico aumentam. Quando a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico é de 370 ppm o modelo IBIS simula valores de PPB em torno de 0,97 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, enquanto que com a concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico de 500 ppm o PPB é de 1,13 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>. Os resultados mostram que com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico para valores de 600, 700 e 800 ppm o modelo IBIS simula valores de PPB em torno de 1,22, 1,29 e 1,34 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Figura 5: Simulação da Produtividade Primária Bruta - PPB (kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>) anual, para os anos de 1999 á 2002, submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, para pastagem (*Brachiaria brizantha*) em Rondônia.



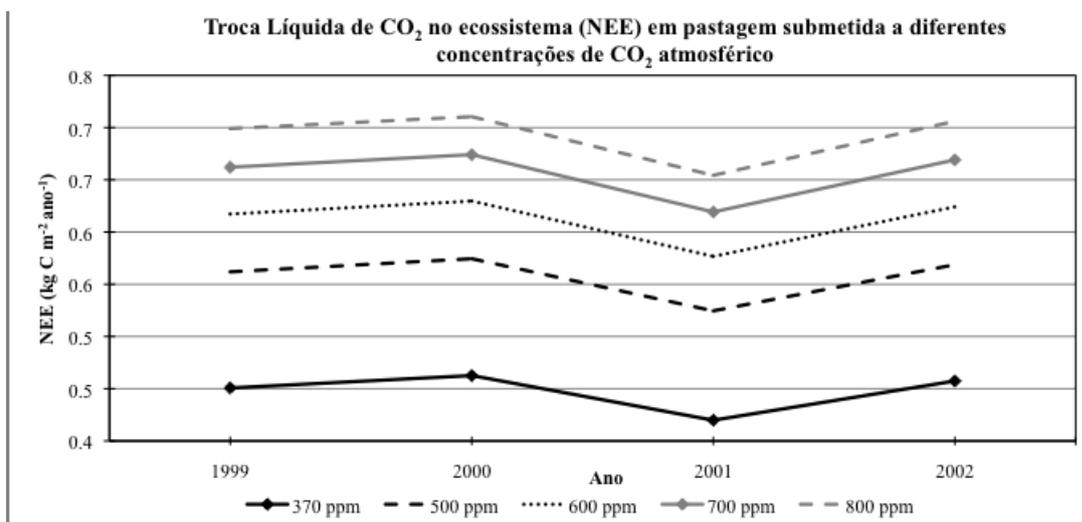
A Figura 6 apresenta a simulação da Produtividade Primária Líquida (PPL) anual, para os anos de 1999 a 2002, submetidas a diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico, para pastagem (*Brachiaria brizantha*) em Rondônia. As simulações com modelo IBIS indicam que a PPL é maior quando os níveis da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico aumentam. Os resultados mostram que com o aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico para valores de 370, 500, 600, 700 e 800 ppm o modelo IBIS simula valores de PPL em torno de 0,5, 0,62, 0,67, 0,72 e 0,75 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente.

Figura 6: Simulação da Produtividade Primária Líquida - PPL ( $\text{kg C m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ ) para os anos de 1999 á 2002, submetidas a diferentes concentrações de  $\text{CO}_2$  atmosférico, para pastagem (*Bracchiaria brizantha*) em Rondônia.



A Figura 7 apresenta a simulação da troca líquida de  $\text{CO}_2$  no ecossistema (NEE) anual, para os anos de 1999 á 2002, submetidas a diferentes concentrações de  $\text{CO}_2$  atmosférico, para pastagem (*Bracchiaria brizantha*) em Rondônia. As simulações com modelo IBIS indicam que a NEE é maior quando os níveis da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico aumentam. Os resultados mostram que com o aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  atmosférico para valores de 370, 500, 600, 700 e 800 ppm o modelo IBIS simula valores de NEE em torno de 0,46, 0,57, 0,62, 0,67 e 0,71  $\text{kg C m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ , respectivamente.

Figura 7: Simulação da troca líquida de  $\text{CO}_2$  no ecossistema - NEE ( $\text{kg C m}^{-2} \text{ano}^{-1}$ ) para os anos de 1999 á 2002, submetidas a diferentes concentrações de  $\text{CO}_2$  atmosférico, para pastagem (*Bracchiaria brizantha*) em Rondônia.



#### 4 CONCLUSÃO

No geral o modelo IBIS representa bem a variação diurna da produtividade primária bruta (PPB) e da troca líquida de CO<sub>2</sub> no ecossistema (NEE) para pastagem (*Brachiaria brizantha*) em Rodônia. A exceção ocorre em alguns períodos onde o modelo superestima a PPB e em períodos noturnos onde os dados observados apresentam um comportamento dispersivo da NEE. As simulações de produtividade da pastagem, em Rodônia, mediante diferentes concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico utilizando o modelo IBIS indicam que quanto maior a concentração de CO<sub>2</sub> maior a produtividade e a assimilação de carbono desta vegetação. Houve um aumento de 430 ppm na concentrações de CO<sub>2</sub> atmosférico (370 ppm para 800 ppm) produz um incremento de cerca de 0,37 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> no carbono efetivamente extraído da atmosfera pela pastagem (*Brachiaria brizantha*) em Rodônia (PPB). Enquanto que nestas mesmas condições, o IBIS indica um incremento de cerca de 0,25 kg C m<sup>-2</sup> ano<sup>-1</sup> na PPL, que é a taxa de fixação de carbono pela pastagem, e na NEE, que é o sequestro ou entrada de C no sistema (valores negativos).

Contudo a conclusão obtida no presente trabalho e as dificuldades encontradas durante sua execução têm importantes implicações. Em primeiro lugar, a validação demonstrou que o IBIS simula satisfatoriamente as variáveis relacionadas à produtividade da pastagem, ressaltando-se que as simulações realizadas por modelos são uma abstração da realidade e não a verdade absoluta. Segundo, provavelmente é real a necessidade de se adicionar nestas simulações o efeito conjunto do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico e o aumento da temperatura.

#### REFERÊNCIAS

- AGUIAR, L. J. G. **Balço de Radiação em Áreas de Floresta e de Pastagem em Rondônia**. Dissertação (Mestrado), Viçosa –MG, 70 p. 2007.
- ALMEIDA, T. S. **Modelagem agrometeorológica-espectral para estimativa da produtividade de cafeeiros para áreas irrigadas do noroeste de Minas Gerais**. Tese (Doutorado), Viçosa-MG, 63 p. 2013.
- ANDREAE, M. O. et al. Biogeochemical cycling of carbon, water, energy, trace gases, and aerosols in Amazonia: The LBA-EUSTACH experiments. **Journal Geophys Res.**, 107(D20):8066, doi:10.1029/2001JD00052. 2002.
- CO2 NOW. org. **Annual Data Atmospheric CO<sub>2</sub>**. (04/05/2014). <http://co2now.org/>
- DOURADO, N., D. D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S. L. P.; ROMANO, M.R. Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.63, 2003.
- FARQUHAR, G.D.; SHARKEY, T.D. **Stomatal conductance and photosyntheses**. **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 33, 317-345, 1982.
- FARQUHAR, G.D., CAEMMERER, V.S., BERRY, J.A., **A biogeochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> species**, **Ann. Rev. Plant Physiol.**, 149, 78-90, 1980.

FENSHOLT, R., SANDHOLT, I., RASMUSSEN, M. S. **Evaluation of MODIS LAI, fAPAR and relation between fAPAR and NDVI in a semi-arid environment using in situ measurements.** Remote Sensing of Environment. doi: 10.1016/j.rse.2004.04.009, v. 91, p. 490-507, 2004.

FOLEY, J.A., PRENTICE, I.C., RAMANKUTTY, N., LEVIS, S., POLLARD, D., SITCH, S., & HAXELTINE, A. **An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance and vegetation dynamics.** Global Biogeochemical Cycles, v.10, p. 603 - 628. 1996.

IMBUZEIRO, H. M. A. **Calibração do Modelo IBIS na floresta Amazônica Usando Múltiplos Sítios.** Dissertação (Mestrado) em Meteorologia Agrícola. 67p., Viçosa, MG, 2005.

IPCC: Climate Change 2007. **The 4th assessment report to the intergovernmental panel on climate change**, (05/05/2014) available at <http://www.ipcc.ch>.

KLERING, E.V.; FONTANA, D.C.; BERLATO, M.A.; CARGNELUTTI FILHO, A. **Modelagem agrometeorológica do rendimento de arroz irrigado no Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.43, p.549558, 2008. DOI: 10.1590/S0100204X2008000500001.

KUCHARIK, C.J., FOLEY, J.A., DELIRE, C., FISHER, V.A., COE, M.T., GOWER, S.T., LENTERS, J.D., YOUNGMOLLING, C., NORMAN, J. M., RAMANKUTTY, N. **Testing the performance of a dynamic global ecosystem model: water balance, carbon balance and vegetation structure.** Global Biogeochemical Cycles, v.14, p. 795-825. 2000.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** São Carlos RIMA, 531p. 2000.

LEUNING, R., **A critical appraisal of a combined stomatal-photosynthesis model for C3 plants.** Plant. Cell Environ, p.339-355, 1995.

MIRANDA, D. **Plantas Forrageiras.** Ed. Ufv. Viçosa- MG p.18. 2010

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; UNGARO, M. R. G. **Análise de risco climático para a cultura do girassol, em algumas localidades de São Paulo e do Paraná, usando os modelos DSSAT/OILCROP-SUN e FAO.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.9, p.91-102, 2001.

SENNA, M. C. A. **Fração da Radiação Fotossinteticamente Ativa Absorvida pela Floresta Tropical Amazônica: Uma Comparação entre Estimativas Baseadas em Modelagem, Sensoriamento Remoto e Medições de Campo.** Dissertação (Mestrado) em Meteorologia Agrícola. 38p. Viçosa MG. 2004.

SHEFILELD, J., GOTETI, G. & WOOD F. E. **Development of a 50-year High-Resolution Global Dataset of Meteorological Forcings for Land Surface Modeling.** Journal of Climate V.19 p. 3088-3111. 2006.

STÖCKLI, R., T. RUTISHAUSER, D. DRAGONI, J. O'KEEFE, P. E. THORNTON, M. JOLLY, L. LU, A. S. DENNING, **Remote sensing data assimilation for a prognostic phenology model**, J. Geophys. Res., 113, G04021, doi: 10.1029/2008JG000781. 2008

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artimed. p.210-211. 2004.

**Recebido para publicação:** 01 de março de 2018.

**Aprovado:** 08 de junho de 2018