



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:

### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

## **Modelagem dos efeitos do fogo na vegetação em uma área de preservação e transição floresta-cerrado.**



*Emily Ane Dionizio da Silva<sup>1</sup>; Marcos Heil Costa<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Bióloga, Doutoranda em Meteorologia Aplicada, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG, Fone: (31) 3899-1902, emilly.ane@gmail.com

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, PhD.Prof.Titular, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa -MG

**RESUMO:** Os fatores que determinam a transição e distribuição de savanas tropicais e florestas como clima, hidrologia, fogo, topografia e solo têm sido alvo de investigações nos últimos anos. A hipótese mais comum sugere que o clima e o fogo são os principais agentes dominantes capazes de moldar a distribuição desses tipos de vegetação, colocando os outros fatores como secundários. O objetivo desse trabalho é avaliar a influência do fogo sobre a vegetação em uma área de transição floresta-cerrado utilizando o modelo de vegetação dinâmica INLAND identificando possíveis áreas com tendência de alteração no tipo de vegetação. A partir de um transecto longitudinal com extensão de 670 km abrangendo a unidade de conservação Parque Nacional do Araguaia, Áreas de proteção Ambiental da Ilha do Bananal, Lago de Palmas e Parque Estadual do Cantão, foram realizadas as simulações da biomassa e índice de área foliar (LAI). Dados climáticos referentes ao período de 1948-2008, foram utilizados para forçar o INLAND por um período de 428 anos, e dados de LAI (MODIS) de 2000 a 2008 para uma validação parcial dos resultados. Elaborou-se uma média dos últimos dez anos simulados para análise dos resultados. A diferença entre a simulação com presença de fogo e ausência de fogo isolou os efeitos do fogo nas variáveis LAI e biomassa. Os resultados demonstram que existe uma correlação acima de 0,90 entre os dados simulados e observados (tanto para presença quanto para ausência de fogo) para LAI, caracterizando o INLAND como uma ferramenta potencial na representação do gradiente de vegetação floresta-cerrado. Na região do Parque Nacional do Araguaia, quando considerada presença do fogo, 60% das simulações sofreram alteração no tipo de vegetação. Isto indica a possibilidade da substituição total ou parcial da cobertura vegetal existente por uma outra, reforçando a necessidade de políticas e práticas de manejo do fogo para conservação e manutenção da vegetação natural.

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem do fogo, transição, Floresta-Cerrado

### **Modeling the fire effects on vegetation in preserved and transitional forest-savanna area.**

**ABSTRACT:** The factors that determine the transition and distribution of tropical savannas and forests such as climate, hydrology, fire, topography and soil have been studied in the last years. The most common hypothesis suggests that climate and fire are the primary drivers capable of determining the distribution of these types of vegetation, placing the other factors as secondary. The aim of this study is to evaluate the influence of fire on vegetation in a forest-cerrado transition area using the dynamic vegetation model INLAND, identifying possible areas with tendency to change the vegetation type. From a longitudinal transect with length 670 km covering the Araguaia National Park, the Protected areas Bananal Island, and Lake Palmas and the Cantão State Park simulations of biomass and leaf area index (LAI) were carried out. Climate data for the period of 1948-2008 were used to force INLAND, for a period of 428 years, and MODIS LAI data from 2000 to 2008 were used for a partial validation of the results. An average of the last 10 years simulated was produced to analyze the results. The difference between the simulation with the presence of fire and no fire was used to isolate the effects of fire in LAI and biomass. The results showed that in this region there is a correlation above 0.90 between simulated and observed data (for both the presence and absence of fire) for LAI, characterizing the model as a potential tool in the representation of forest-cerrado vegetation gradient (west to east). In the region of



## XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia

23 a 28 de agosto de 2015

Lavras – MG – Brasil

Agrometeorologia no século 21:



### *O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

Araguaia National Park, when considering the presence of fire, 60% of the simulations showed changes in the vegetation type. This indicates the possibility of total or partial replacement of the existing vegetation by another, reinforcing the need for fire management policies and practices in areas of natural vegetation.

**KEY-WORDS:** Modeling of fire, transition, forest-cerrado

## INTRODUÇÃO

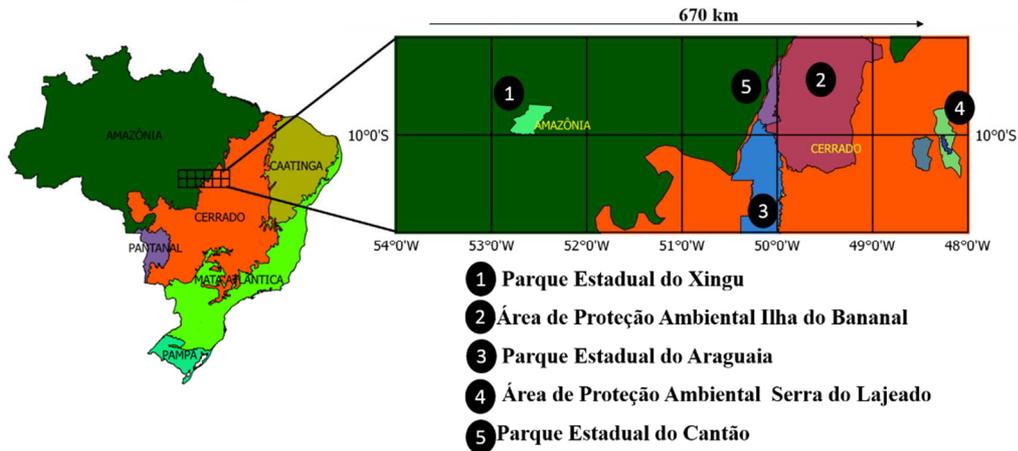
Os fatores que determinam a transição e distribuição de savanas tropicais e florestas como clima, hidrologia, fogo, topografia e solo têm sido alvo de investigações nos últimos anos. A hipótese mais comum sugere que o clima e o fogo são os principais agentes dominantes capazes de moldar a distribuição desses tipos de vegetação, colocando os outros fatores como secundários. Perturbações advindas do fogo alteram a complexidade estrutural das florestas, estoques de biomassa e padrões de crescimento, influenciando temporalmente a dinâmica das comunidades existentes. Nas zonas de transição a influência do fogo associada à mudanças no clima tem sido apontada como um contribuinte para o processo de savanização da Amazônia, que consiste no avanço do bioma Cerrado sobre as bordas da densa floresta Amazônica.

Neste trabalho nosso objetivo consiste em avaliar a influência do fogo natural sobre a vegetação em uma área de transição floresta-cerrado utilizando o modelo de vegetação dinâmica INLAND identificando áreas com possíveis tendências na alteração do tipo de vegetação. A detecção de possíveis áreas vulneráveis, associadas ao histórico de ocorrência de fogo na região podem contribuir para elaboração de políticas e protocolos de uso e manejo do fogo, bem como a incorporação de novas medidas preventivas no plano de gestão de áreas de conservação ambiental como Parque Nacional do Araguaia, Ilha do Bananal, Lago de Palmas e Parque Estadual do Cantão, localizados às margens da floresta Amazônica garantindo a manutenção da riqueza e conservação da diversidade existentes nestes locais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Localização da área de estudo

A área de estudo consiste em um transecto longitudinal com extensão de 670 km ao longo da transição Amazônia-Cerrado (54°W a 48°E, 8°S) abrangendo a unidade de conservação Parque Nacional do Araguaia, Áreas de Proteção Ambiental da Ilha do Bananal, Lago de Palmas e Parque Estadual do Cantão.



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

### Descrição do modelo INLAND

O INLAND simula os processos da superfície terrestre (trocas de energia, água e momentum entre o solo, a vegetação e a atmosfera), fisiologia do dossel (fotossíntese e condutância do dossel), fenologia da vegetação (produção de folhas e senescência), vegetação dinâmica (distribuição, reciclagem e competição entre os tipos de vegetação) e balanço de carbono terrestre (produção primária líquida, carbono no solo e decomposição da matéria orgânica). No INLAND as classes de vegetação são representadas por uma combinação de 12PFTs, sendo destes, oito PFTs arbóreos e quatro herbáceos. Cada PFT é caracterizado em termos de biomassa (carbono nas folhas, troncos e raízes finas) e LAI. O módulo de fogo no INLAND é baseado no modelo canadense CTEMo qual considerará três aspectos do triângulo do fogo – disponibilidade de matéria seca para queima, flamabilidade da vegetação e presença de fontes de ignição (Arora e Boer, 2005).

### Experimento numérico

O modelo foi forçado com condições climáticas médias do período de 1948-2008 disponibilizadas pelo Climate Research Unit – CRU por um período de 428 anos para diferentes combinações, a primeira considerando a ocorrência de fogo (PC+F) e a segunda ausência de queimadas (PC). A textura do solo para ambos foi baseada no IGBP-DIS (Global Soil Data Task 2000) (Hansen e Reed, 2000) e os reservatórios iniciais de carbono considerados zero. Para análise dos resultados simulados, utilizou-se a média dos últimos dez anos simulados (LAI e biomassa) e probabilidade de ocorrência das classes de vegetação para os anos selecionados. Considera-se que resultado do modelo é muito robusto quando a probabilidade de ocorrência de determinada classe de vegetação é >90% nos anos simulados (9 de 10) para aquele pixel, considera-se robusto quando a mesma classe aparece de 70 a 90% e se o tipo dominante de vegetação ocorrer menos do que 70% no pixel é considerado como transicional.

### LAI e biomassa

O produto MOD15A2 do sensor MODIS foi utilizado neste trabalho para elaboração do mapa de LAI médio. Foram selecionadas as imagens correspondentes aos meses de menor precipitação (Julho, Agosto e Setembro) para o período de 2000-2008 totalizando 81 imagens. Os pixels de áreas de vegetação não natural foram filtradas com base nos mapas de cobertura do solo do produto MOD13Q1, ambos em resolução espacial de 1 km. Os valores de biomassa utilizados foram publicados por Nogueira

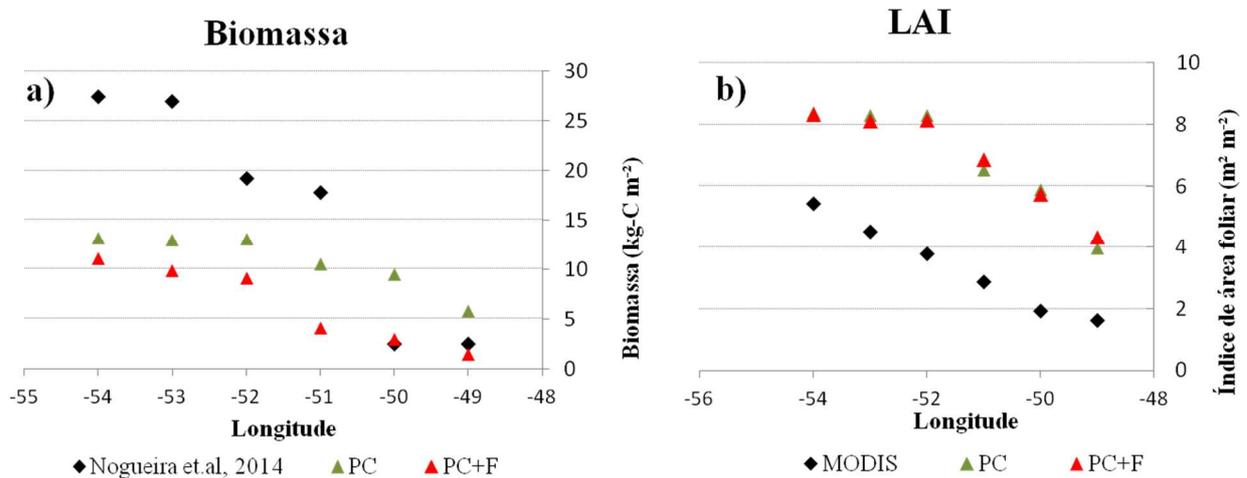
*O desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros*

et al., 2014 e estimados por correspondência a classes de vegetação mapeadas em uma escala de 1:250.000 e 29 medidas de biomassa de 41 estudos publicados de tipos de vegetação classificada como floresta (n = 2.317 parcelas) e como zona não-floresta (sudeste contata) (1830 parcelas). Para uso na validação das simulações, os dados de LAI e biomassa foram interpolados para escala espacial correspondente a do modelo INLAND de  $1^\circ \times 1^\circ$ .

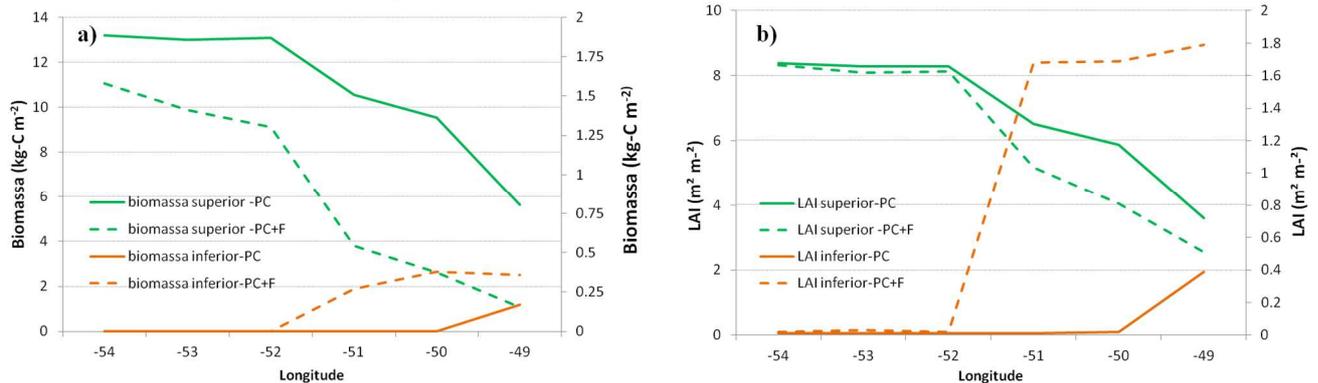
**RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados demonstram que o modelo INLAND é capaz de capturar o gradiente longitudinal da vegetação apresentando maiores valores de biomassa e índice de área foliar (LAI) na porção oeste e menores valores a leste (Figura 2a e Figura 2b). Embora o modelo seja capaz de capturar o gradiente longitudinal, observa-se subestimativa dos valores de biomassa total. Quando incorporado o efeito do fogo (PC+F), nota-se uma diminuição dos valores de biomassa em relação à PC, porém melhorias podem ser obtidas na porção leste do transecto onde os dados simulados diferenciam-se em apenas  $0,5 \text{ kg-C m}^{-2}$  a  $50^\circ\text{W}$  e  $-1,06 \text{ kg-C m}^{-2}$  a  $49^\circ\text{W}$  (Figura 2a).

Os valores de LAI total ao longo do transecto para ambas as combinações (PC e PC+F) apresentaram superestimativas, sendo até maiores em alguns locais quando considerado o efeito do fogo. Nestes locais onde há uma pequena superestimativa na presença de fogo (longitudes  $51^\circ\text{W}$  e  $49^\circ\text{W}$ ), o aumento de LAI pode ser explicado pela dinâmica entre o dossel superior e inferior. Na Figura 3 é possível constatar que a ocorrência de fogo diminui a biomassa arbórea da vegetação até um determinado ponto a partir do qual a biomassa inferior aumenta. Este aumento da biomassa arbustivo-herbácea, neste caso, é promovido pela maior disponibilidade de luz que consegue chegar às camadas inferiores do dossel devido a menor cobertura do dossel superior. O aumento na quantidade de luz, sob condições de disponibilidade hídrica implica em uma maior atividade fotossintética, aumentando o índice de área foliar inferior (Figura 3a e 3b). Assim, é possível que altos valores de LAI possam estar associados a uma vegetação de componentes arbóreos mais esparsos e com presença de gramíneas, não sendo restritos à densas áreas de floresta tropical.



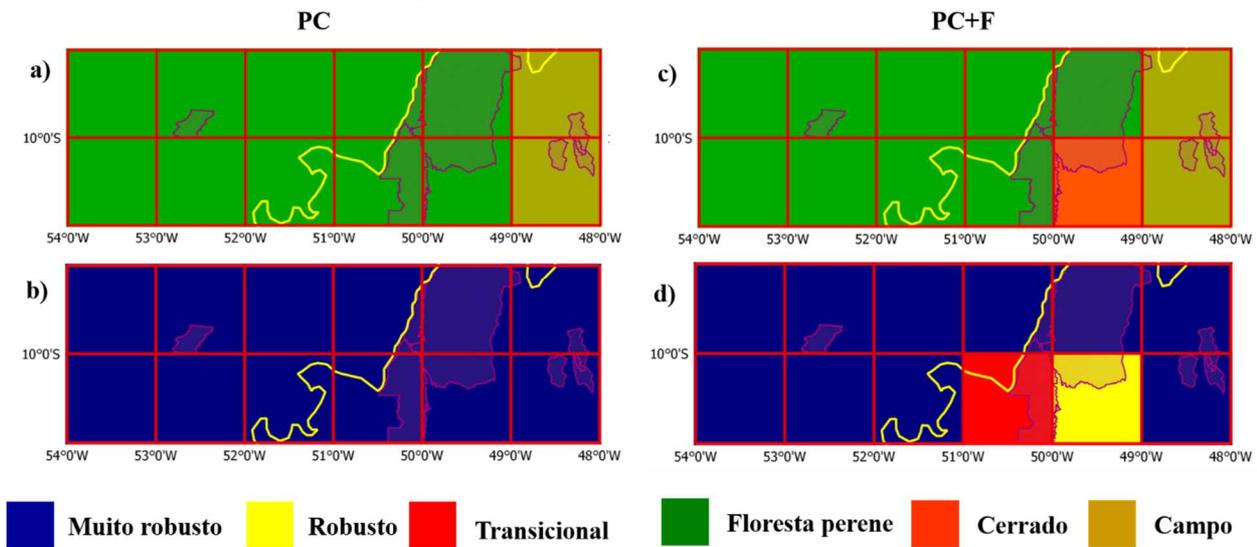
**Figura 2.** Biomassa total e LAI total observado e simulado considerando presença (PC+F) e ausência de fogo (PC) para o transecto Amazônia-Cerrado.



**Figura 3.** Biomassa (a) e LAI (b) simulado considerando presença (PC+F) e ausência de fogo (PC) para o dossel superior e inferior na transição Amazônia-Cerrado.

As correlações entre dados observados e simulados para biomassa aumentaram de 0,87 (PC) para 0,91 (PC+F) e para o LAI de 0,91 (PC) para 0,92 em PC+F. O aumento da correlação associado a menor diferença entre dados simulados e observados reforçam a necessidade da incorporação do efeito do fogo em modelos de vegetação dinâmica em ecossistemas tropicais para obtenção de uma melhor representação da realidade por modelos de larga escala. Ao longo da transição Amazônia-Cerrado existe a necessidade de uma representação adequada quanto aos impactos do fogo não somente pela necessidade prever possíveis mudanças nas áreas de vegetação natural, mas também pelo fato de que a ocorrência de queimadas acarreta em impactos econômicos quando associadas a fatores antrópicos, colocando muitas das vezes produtores e órgãos ambientais em lados opostos.

Do ponto de vista ecológico ainda há controvérsias sobre os efeitos do fogo e do clima ao longo da transição Amazônia-Cerrado com estudos inferindo sobre a substituição da vegetação por uma vegetação mais esparsa do tipo savana (Hirota et al., 2010) ou substituição por uma floresta do tipo decídua (Malhi et al., 2009). Embora existam hipóteses relativamente controversas quanto ao efeito do fogo sobre a vegetação na transição, não existe nenhum modelo global capaz de simular a fronteira atual entre Amazônia-Cerrado. Nossos resultados mostram que incorporar o fogo natural nesta região já é um grande avanço mais ainda não é o suficiente. Ao longo da transição, os efeitos do fogo implicaram na alteração do tipo de vegetação floresta para savana (Figura 4a e 4c) para porção sul da Ilha do Bananal com o 90% de robustez (Figura 4d). Na porção norte da Ilha do Bananal o INLAND simulou a presença de uma floresta para ambas as simulações (PC e PC+F) apontando a falta de recursos limitantes nesta região. Na região da Serra do Lajeado o modelo simulou predominância de gramíneas classificando a vegetação como gramíneo-herbácea indicando uma subestimativa do componente arbóreo, uma vez que esta região deveria ser classificada como Cerrado. Estes resultados sugerem que há falta de limitação no crescimento arbóreo em alguns locais, o que pode ser explicado por ausência de limitação por fósforo e que o excesso de limitação para crescimento arbóreo à oeste pode estar associado a fatores edáficos como textura de solos, uma vez que o teor de fósforo nos solos do Cerrados é baixo.



**Figura 4.** Biomassa (a) e LAI (b) simulado considerando presença(PC+F) e ausência de fogo(PC) para o dossel superior e inferior na transição Amazônia-Cerrado.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que o INLAND é uma ferramenta potencial na representação do gradiente de vegetação Amazônia-Cerrado e que pode auxiliar na análise de vulnerabilidades de mudanças futuras na vegetação se incorporado melhorias na representação de ecossistemas tropicais como, por exemplo, limitação nutricional por fósforo. Atualmente já está sendo realizada a incorporação do fator limitação nutricional dentro do modelo, com o objetivo de melhorar as lacunas encontradas na representação da distribuição dos biomas na zona de transição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arora, V. K. and Boer, G. J.: A parameterization of leaf phenology for the terrestrial ecosystem component of climate models, **Glob. Chang. Biol.**, 11, 39–59, doi:10.1111/j.1365-2486.2004.00890.x, 2005.
- Hansen, M. C. and Reed, B.: A comparison of the IGBP DISCover and University of Maryland 1km global land cover products, **Int. J. Remote Sens.**, 21, 1365–1373, doi:10.1080/014311600210218, 2000.
- Hirota, M., Nobre, C., Oyama, M. D. and Bustamante, M. M. C.: The climatic sensitivity of the forest, savanna and forest-savanna transition in tropical South America, **New Phytol.**, 187, 707–719, doi:10.1111/j.1469-8137.2010.03352.x, 2010.
- Foley, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Levis, S., Pollard, D., Sitch, S. and Haxeltine, A.: An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics, **Global Biogeochem. Cycles**, 10, 603, doi:10.1029/96GB02692, 1996.
- Nogueira, E. M., Yanai, A. M., Fonseca, F. O. and Fearnside, P. M.: Carbon stock loss from deforestation through 2013 in Brazilian Amazonia., **Glob. Chang. Biol.**, doi:10.1111/gcb.12798, 2014.