



## 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*

## **Produtividade da pastagem e da soja na Amazônia em cenários de mudança de uso do solo**



*Leydimere J. C. Oliveira<sup>1</sup>; Marcos H. Costa<sup>2</sup>; Britaldo S. Soares Filho<sup>3</sup>; Marcelo J. de Oliveira<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> Eng. Ambiental, Prof. Adjunta, Campus Itaqui, Unipampa, Itaqui – RS, Fone: (55) 3433-1669, leydimereoliveira@unipampa.edu.br

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Prof. Titular, Depto. de Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, mhcosta@ufv.br

<sup>3</sup> Geólogo, Prof. Titular, Depto. de Cartografia, UFMG, Belo Horizonte – MG, britaldo@csr.ufmg.br

<sup>4</sup> Eng. Agrimensor, Prof. Assistente, Campus Itaqui, Unipampa, Itaqui – RS, marcelojorge@unipampa.edu.br

**RESUMO:** Simulações de produtividade da pastagem e da soja, considerando as mudanças no uso do solo, projetadas por cenários de desmatamento para os anos de 2020 e de 2050 foram realizadas. Áreas desmatadas em tais cenários foram substituídas pela soja e pela pastagem. Em seguida, o albedo da superfície foi calculado pela média ponderada entre os diferentes usos do solo. As mudanças climáticas causadas pelo desmatamento foram estimadas por meio de equações lineares que relacionam anomalia de precipitação à anomalia de albedo. Finalmente, as simulações para os anos de 2020 e 2050 foram comparadas à simulação controle. Os resultados indicam que a retirada da floresta para a expansão da soja e da pecuária em algumas regiões amazônicas podem provocar perda significativa da produtividade, tanto da pastagem, quanto da soja, devido aos efeitos climáticos decorrentes das mudanças no uso do solo. De acordo com estes resultados, pode-se inferir que o desenvolvimento agrícola estaria comprometido nestas regiões.

**PALAVRAS-CHAVE:** serviço ecossistêmico, produtividade agrícola, modelagem ambiental

### **Pasture and soybean productivities in land use change scenarios in Amazon**

**ABSTRACT:** Pasture and soybean yield simulations, considering land use changes, designed by deforestation scenarios for the years 2020 and 2050 were carried out. In both scenarios, all deforested cells were replaced by soybean crops or by pasture. Then, the surface albedo in each land use scenario was calculated as a weighted average of the different types of land cover. The climate change caused by deforestation was estimated through linear equations relating anomaly of precipitation and albedo anomaly. Finally, the simulations for the years 2020 and 2050 were compared to the simulation control. The results indicate that the removal of the forest to the expansion of soybean and cattle in some Amazon regions can cause significant loss of pasture and soybean yields due to climatic effects of land use changes. According to these results, we can infer that agricultural development would be compromised in these regions.

**KEY WORDS:** ecosystem service, agricultural productivity, environmental modeling

## **INTRODUÇÃO**

A evolução do desmatamento na Amazônia sempre esteve vinculada a fatores políticos e socioeconômicos. Nas décadas de 1960 e 1970, os Planos de Desenvolvimento da Amazônia foram direcionados para o favorecimento da implantação de grandes projetos agrícolas e pecuários (Fearnside, 1997). Já o panorama recente, mostra uma forte conexão da dinâmica do desmatamento com os cenários

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

macroeconômicos nacional e global (Nepstad *et al.*, 2006). Essa intricada conjuntura envolve, portanto, o avanço da exploração madeireira (Nepstad *et al.*, 2001), da expansão da agricultura e da pecuária (Cattaneo, 2002). A sistemática consiste em eliminar a cobertura florestal primária e substituí-la por sistemas agrícolas ou pecuária no solo descoberto, investimentos em infraestrutura, sobretudo a abertura de estradas e pavimentação (Nepstad *et al.*, 2001), completam esse quadro.

As mudanças no uso dos solos e na cobertura podem afetar os fluxos biofísicos de várias maneiras (Foley *et al.*, 2003). Simulações de Sampaio *et al.* (2007) para a Amazônia oriental mostraram aumento da temperatura superficial e diminuição da precipitação e da evapotranspiração. Segundo os autores, as mudanças na precipitação após o desmatamento estavam relacionadas a um aumento do albedo e uma redução da evapotranspiração, associada à menor rugosidade da superfície aerodinâmica, à diminuição de área foliar e ao menor enraizamento profundo da pastagem e da soja em comparação com a floresta.

A busca de soluções capazes de conter o avanço da agropecuária e o crescente desmatamento da Amazônia é um grande desafio, já que a conversão do uso do solo para a expansão agrícola na Amazônia apresenta um impasse. Por um lado, a agricultura é essencial para a oferta de alimentos; ademais, o custo de oportunidade da conversão da floresta em pastagem ou produção agrícola é muito grande. Por outro lado, a agricultura em larga escala está degradando serviços ecossistêmicos dos quais é dependente, como por exemplo, a regulação do clima.

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a produtividade agrícola na Amazônia em resposta às mudanças na precipitação provocadas por diferentes níveis de desmatamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

Para simular a produtividade da cultura da soja foi utilizado o modelo apresentado por Costa *et al.* (2009), no qual o acúmulo de matéria seca da soja é calculado por meio da eficiência do uso da radiação, proposto por Monteith (1977). Neste modelo, o processo fisiológico é caracterizado baseando-se em dois parâmetros específicos: tempo térmico para o florescimento (GDF) e para a maturação (GDM). O total assimilado é alocado às diferentes partes da planta, dependendo da fase de desenvolvimento. A estimativa da produtividade de grãos baseia-se na porcentagem de matéria seca alocada para os órgãos reprodutivos em função da fase fenológica. A simulação é concluída quando a cultura atinge a maturidade fisiológica.

Já para a pastagem foi utilizado o modelo desenvolvido por McCall e Bishop-Hurley (2003) e adaptado por Oliveira (2013). Neste modelo, o acúmulo de matéria seca na pastagem é calculado como um sistema dinâmico consistindo em dois termos: um representando a matéria seca viva e outro representando a senescência. A variável de estado usada para descrever a dinâmica de acúmulo de matéria seca descreve o acúmulo de tecidos novos impulsionado pela radiação fotossinteticamente ativa (PAR) com a eficiência de conversão de PAR em matéria seca determinada por um parâmetro. A taxa de desenvolvimento de novos tecidos verdes é modificada pelas funções relacionadas com os efeitos da temperatura do ar, da água do solo e da fração absorvida da radiação fotossinteticamente ativa. O termo de senescência no modelo é proporcional à quantidade de matéria seca presente. A taxa de senescência base depende da época do ano, sendo maior no período pós-reprodutivo de gramíneas. A taxa de senescência também é determinada em função do teor de água disponível.

Ambos os modelos foram implementados com sucesso no ambiente de modelagem Dinamica EGO por Oliveira (2013).

Para simular os efeitos climáticos regionais do desmatamento na produtividade da soja e da pastagem na Amazônia foram considerados quatro diferentes cenários de uso do solo obtidos por Soares-

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

Filho et al. (2006), “BAU” e “GOV” para os anos de 2020 e 2050, nos quais considerou-se que toda a área desmatada da Amazônia seria 100% ocupada pela soja e pela pastagem.

Neste estudo, as mudanças climáticas provocadas pelo desmatamento foram representadas por meio das equações lineares em escala trimestral obtidas por Yanagi (2006), compatíveis com a teoria de Zeng e Neelin (1999), a qual propõe uma relação linear entre a anomalia de precipitação e a anomalia de albedo.

Assim, para estimar-se a redução na precipitação após desmatamento, consideraram-se os cenários realistas para definirem-se os padrões de desmatamento, derivados do trabalho de Soares-Filho *et al.* (2006). As células desmatadas nos cenários “BAU” e “GOV” para os anos de 2020 e 2050 obtidos por Soares-Filho *et al.* (2006) foram substituídas pela soja e pela pastagem.

Utilizaram-se respectivamente, para floresta e solo nu, os seguintes valores de albedo: 0,13 e 0,11. Os albedos das culturas agrícolas, soja e pastagem, foram estimados a partir da média ponderada entre o albedo do solo ( $\alpha_s$ ) e das culturas ( $\alpha_{cA}$ ), em função do índice de área foliar (LAI), conforme Porter *et al.* (1999):

$$\alpha_{cA} = \alpha_s \times e^{(-k \times LAI)} + \alpha_{cA} \times e^{(-k \times LAI)}$$

$\alpha_{cA}$ : albedo das culturas agrícolas (0,26 para a soja e 0,2 para a pastagem);

$\alpha_s$ : albedo do solo nu;

k: coeficiente de extinção (adimensional);

LAI: índice de área foliar (m<sup>2</sup>folha.m<sup>2</sup>solo).

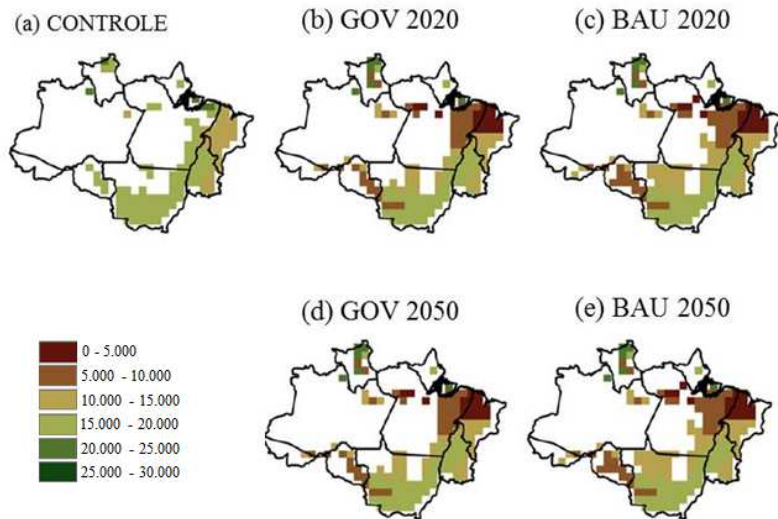
Foram realizados dois conjuntos de simulações conforme descrito a seguir:

- A. **Controle:** para estimar as produtividades atuais das culturas agrícolas foi utilizado o banco de dados climático desenvolvido por Sheffield et al. (2006).
- B. **Mudanças no uso do solo:** para as simulações, considerando as mudanças no uso do solo, foram utilizados os cenários de desmatamento projetados por Soares-Filho et al. (2006) para os anos de 2020 e de 2050. As células desmatadas nos cenários “BAU” e “GOV” para os anos de 2020 e 2050 obtidos por Soares-Filho et al. (2006) foram substituídas pela soja e pela pastagem. Em seguida, o albedo da superfície foi calculado pela média ponderada entre os diferentes usos do solo. A partir do albedo da superfície, foram estimadas as mudanças climáticas causadas pelo desmatamento por meio das equações lineares obtidas por Yanagi (2006). Finalmente, a produtividade dos sistemas agrícolas foi calculada. As simulações para os anos de 2020 e 2050 foram comparadas à simulação controle.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Para o ano de 2020 as anomalias médias de produtividade da pastagem variaram de -4.349,8 kgMS.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>, que equivale a uma redução de -26,8% para o cenário de uso do solo “GOV” a -4.678,4 kgMS.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>, que equivale a uma redução de -28,8% para o cenário climático de uso do solo “BAU”. Já para o ano de 2050, as anomalias médias de produtividade da pastagem variaram de -4.678,4 kgMS.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>, que equivale a uma redução de -28,8% para o cenário de uso do solo “GOV” a -5.185,2 kgMS.ha<sup>-1</sup>.a<sup>-1</sup>, que equivale a uma redução de -31,9% para o cenário climático de uso do solo “BAU”. A diferença entre os dois cenários explica-se pelo maior número de células desmatadas no cenário de uso do solo “BAU”.

Os efeitos climáticos da substituição da floresta pela pastagem são mais acentuados no norte do Maranhão e no leste do Pará, apresentando quedas de até 70% na produtividade. Isto indica que o plantio da pastagem se autoinviabiliza nessas regiões, devido à diminuição da precipitação, dano este provocado pelo desmatamento (Figura 1).

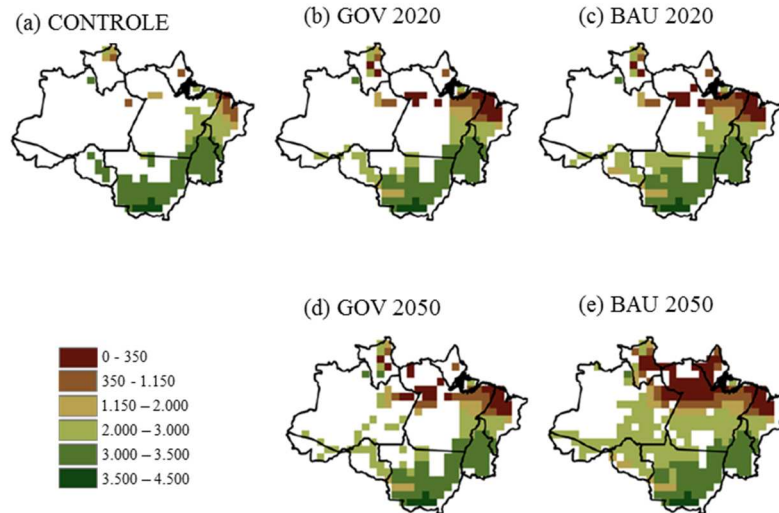


**Figura 1.** Distribuição espacial da produtividade da pastagem ( $\text{kgMS}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$ ), considerando os cenários futuros de desmatamento obtidos por Soares-Filho et al. (2006) para o ano de 2020: controle (a), GOV para o ano de 2020 (b), BAU para o ano de 2020 (c), GOV para o ano de 2050 (d), BAU para o ano de 2050 (e).

Para 2020, anomalias médias de produtividade da soja variaram de  $-454,3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que equivale a uma redução de  $-16,8\%$  para o cenário de uso do solo “GOV” a  $-462 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que equivale a uma redução de  $-17,1\%$  para o cenário climático de uso do solo “BAU”. Já para 2050, anomalias médias de produtividade da soja variaram de  $-520,5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que equivale a uma redução de  $-19,2\%$  para o cenário de uso do solo “GOV” a  $-644,4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ , que equivale a uma redução de  $-23,8\%$  para o cenário climático de uso do solo “BAU”.

Para o ano de 2020 o modelo da soja apresentou valores baixos de produtividade apenas para o norte do estado do Maranhão e o nordeste do estado do Pará, isto justifica pelo fato de essas regiões já apresentarem menores valores de precipitação, os quais são ainda menores quando somados aos efeitos climáticos do desmatamento (Figura 2). As simulações para o ano de 2050 indicam que os efeitos climáticos do plantio da soja acima da latitude de  $5^{\circ}\text{S}$  poderia levar à não sustentabilidade da soja nessas regiões (Figura 2).





**Figura 2.** Distribuição espacial da produtividade da soja ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), considerando os cenários futuros de desmatamento obtidos por Soares-Filho *et al.* (2006) para o ano de 2020: controle (a), GOV para o ano de 2020 (b), BAU para o ano de 2020 (c), GOV para o ano de 2050 (d), BAU para o ano de 2050 (e).

## CONCLUSÕES

As simulações realizadas neste trabalho indicaram que a retirada da floresta para a expansão da soja e da pecuária em algumas regiões amazônicas - regiões acima da latitude de  $5^{\circ}\text{S}$  nos estados do Pará, Maranhão e Roraima podem provocar perda significativa da produtividade, tanto da pastagem, quanto da soja, devido aos efeitos climáticos decorrentes desta mudança no uso do solo.

De acordo com estes resultados, pode-se inferir que o desenvolvimento agrícola estaria comprometido nestas regiões. Isto deve-se à possibilidade de a substituição da floresta pela agricultura, além de provocar uma perda no estoque de carbono armazenado na floresta, levar a quedas na produção de alimentos, uma vez que a produtividade nestas regiões seria muito baixa.

Outra consequência deste cenário seria o aumento das áreas abandonadas, acelerando o desmatamento. Isto ocorreria porque, muitas vezes, é mais barato e mais lucrativo desmatar novas áreas do que investir no aumento da produtividade das áreas já desmatadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATTANEO, A. Balancing Agricultural Development and Deforestation in the Brazilian Amazon. Research Report 129, **International Food Policy Research Institute**, 2002.

COSTA, L. C.; JUSTINO, F.; OLIVEIRA, L. J. C.; SEDIYAMA, G. C.; FERREIRA, W. P. M.; LEMOS, C. F. Potential forcing of  $\text{CO}_2$ , technology and climate changes in maize (*Zea mays*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) yield in southeast Brazil. **Environmental Research Letters**, 4:014013, 10pp, 2009.

FEARNSIDE, P. M. Limiting Factors for Development of Agriculture and Ranching in Brazilian Amazonia. **Revista Brasileira de Biologia**, v.57, p.531-549, 1997.

FOLEY, J. A.; COSTA, M. H.; DELIRE, C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P. Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v.1, p. 38-44, 2003.



## 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*

McCALL, D. G.; HURLEY, B.A pasture growth model for use in a whole-farm dairy production model. **Agricultural Systems**, v.76, p.1183–1205, 2003.

MONTEITH, J. L. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society**, v.281, p.227-294, 1977.

NEPSTAD, D. C.; STICKLER, C. M.; ALMEIDA, O. T. Globalization of the Amazon Soy and Beef Industries: Opportunities for Conservation. **Conservation Biology**, v.20, p.1595-1603, 2006.

NEPSTAD, D. C.; CARVALHO, G.; BARROS, A. C.; ALENCAR, A.; CAPOBIANCO, J.; BISHOP, J.; MOUTINHO, P.; LEFEBVRE, P.; SILVA, U. Road Paving, Fire Regime Feedbacks, and the Future of Amazon Forests. **Forest Ecology and Management**, v. 154, p.395-407, 2001.

OLIVEIRA, L. J. C.; COSTA, M. H.; SOARES-FILHO, B. S.; COE, M. Large-scale expansion of agriculture in Amazonia may be a no-win scenario. **Environ. Res. Lett.** 8 024021, 2013.

PORTER, C. H.; BRAGA, R.; JONES, J. W. An approach for modular crop model development. Agricultural and Biological Engineering Department, **Research Report n° 99-0701**. University of Florida, Gainesville, Florida, 1999.

SAMPAIO, G.; NOBRE, C.; COSTA, M. H.; SATYAMURTY, P.; SOARES-FILHO, B. S.; CARDOSO, M. Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. **Geophysical Research Letters**, v.34, L17709, 2007.

SHEFFIELD, J.; GOTETI, G.; WOOD, E. F. 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.

SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L. M.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A., VOLL, E.; MCDONALD, C.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P. Modelling conservation in the Amazon basin. **Nature**, v. 440, p.520-523, 2006.

YANAGI, S. N. M. **Albedo de uma floresta tropical amazônica: medições de campo, sensoriamento remoto, modelagem, e sua influência no clima regional**. 2006. 139f. Tese (Doutorado em Meteorologia Agrícola) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.

ZENG, N.; NEELIN, J. D. A land-atmosphere interaction theory for the tropical deforestation problem. **Journal of Climate**, v.12, p 857-872, 1999.