



## 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*

## **Análise das emissões e estoques de carbono associadas a mudanças de uso no solo em Minas Gerais<sup>1</sup>**



*Lívia Cristina Pinto Dias<sup>2</sup>; Ana Beatriz dos Santos<sup>3</sup>; Fernando Martins Pimenta<sup>4</sup>; Marcos Heil Costa<sup>5</sup>*

<sup>1</sup>Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 de agosto de 2015, Lavras - MG

<sup>2</sup>Eng. Ambiental, Doutoranda em Meteorologia Aplicada, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG, Fone: (31) 3899-1902, liviacrisdias@gmail.com

<sup>3</sup> Eng. Ambiental, Auxiliar de Pesquisa, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa - MG

<sup>4</sup> Eng. de Biosistemas, Graduando em Eng. Agrimensura e Cartográfica, Estagiário no Grupo de Pesquisas em Interação Atmosfera-Biosfera, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa – MG

<sup>5</sup> Eng. Agrícola, Ph. D., Prof. Titular, Dpto. Engenharia Agrícola, UFV, Viçosa -MG

**RESUMO:** Os objetivos desse trabalho foram estimar a biomassa da vegetação natural original no Estado de Minas Gerais e estimar as emissões/mudanças nos estoques de carbono associadas a agricultura (pastagens e culturas agrícolas) no período 1990 a 2010. De acordo com dados do IBGE, a área agrícola em Minas Gerais tem diminuído desde 1975 e as áreas que deixaram de ser agricultura podem receber diversos usos. Por isso, foi proposta a análise da emissão/mudanças no estoque de carbono em Minas Gerais em duas condições: se as áreas que deixaram de ter uso agrícola fossem totalmente destinadas a recuperação da vegetação nativa ou se 20% dessas áreas fossem destinadas a florestas plantadas (*Eucalyptus* e *Pinus*) e 80% destinadas a vegetação nativa. Para atingir os objetivos foram utilizados mapas de uso agrícola do solo na resolução espacial de 30'' (~1 km x 1 km), obtidos por meio da combinação de dados de sensoriamento remoto e levantamentos agrícolas e foi confeccionado um mapa de biomassa da vegetação nativa. Tanto o mapa de biomassa quanto as estimativas das emissões/estoques para cada condição de uso foram conduzidos conforme indicado nos inventários nacionais já publicados. O estoque de carbono na vegetação pretérita em Minas Gerais era de, aproximadamente, 5 Pg-C, sendo que ~63% desse total encontra-se no Cerrado, ~37% na Mata Atlântica e ~0,4% na Caatinga. Os resultados revelam que, entre 1990 e 2010, o Estado de Minas Gerais pode ter sido um sumidouro de carbono, ou seja, a fixação de carbono foi maior que a emissão, para ambos os cenários propostos.

**PALAVRAS-CHAVE:** Mudança no uso do solo, carbono, Minas Gerais

### **Analyze of the carbon emission and stock associated with changing land use in Minas Gerais**

**ABSTRACT:** This work aims to estimate the original natural vegetation biomass in the Minas Gerais state and estimate the carbon sink/source associated with agriculture (pastures and croplands) between 1990 and 2010. According to the IBGE data, agricultural land cover in Minas Gerais has been decreasing since 1975 and areas that no longer have agricultural use may receive many different uses. Therefore, two conditions were proposed to analyze carbon emission/changes in carbon stock in Minas Gerais: if all areas that no longer have agricultural use were converted by natural vegetation and if 20% of these areas were replaced by planted forests (*Eucalyptus* and *Pinus*) and 80% by natural vegetation. To achieve the objectives, agricultural land use maps in spatial resolution of 30'' (~1 km x 1 km) were obtained through a combination of remote sensing and agricultural census data, and a native vegetation biomass map was made. The native vegetation biomass map and the carbon emission/stock estimative for each condition were conducted as it was indicated in previous published national inventories. The carbon stock in original natural vegetation in Minas Gerais was approximately 5 Pg-C, of which ~63% is found in the Cerrado, ~37%, in the Atlantic Forest, and ~0.4% in the Caatinga. The results show that between

1990 and 2010, the Minas Gerais state could have been a carbon sink, in the other words, the carbon assimilation was higher than the carbon emission, considering the proposed scenarios.

**KEY WORDS:** Land use change, carbon, Minas Gerais

## INTRODUÇÃO

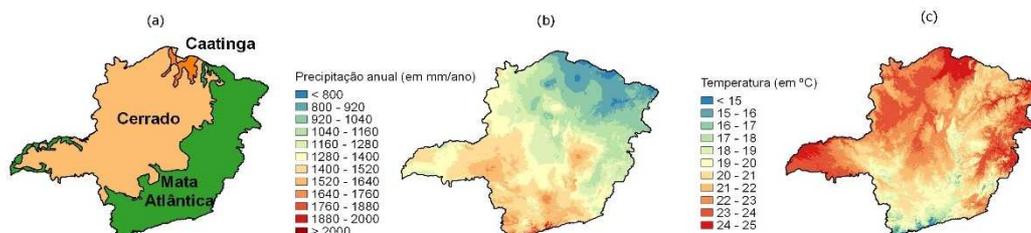
O clima é, sem dúvida, o fator ambiental que mais influencia as atividades agrícolas. É baseado nos padrões climáticos que são estabelecidas as datas de plantio e colheita que modulam as rotinas na maior parte estabelecimentos agropecuários, além da concessão de financiamentos agrícolas e seguros rurais. Por outro lado, adversidades climáticas (como secas, geadas e granizo) podem resultar em grandes perdas econômicas e prejuízos sociais incalculáveis.

No entanto, ao mesmo tempo que a agricultura é vulnerável ao clima, ela também influencia no clima. A conversão de áreas de vegetação nativa para áreas de uso agrícola interfere nas características atmosféricas em escala regional (COSTA e PIRES, 2010), provocam alterações no balanço hídrico (STICKLER *et al.*, 2013), no balanço de energia (ANDERSON-TEIXEIRA *et al.*, 2012), na biodiversidade (BENNETT *et al.*, 2015) e em outros importantes serviços ecossistêmicos. Além disso, a agricultura também é uma grande responsável pelas emissões de gases de efeito estufa (GEE) no Brasil. A agricultura pode emitir GEE durante os processos de preparo do solo, plantio, cultivo e colheita, mas as emissões, especialmente de carbono, ocorrem principalmente pelo desmatamento e conversão de áreas de vegetação nativa em áreas agrícolas. Em 2010, por exemplo, a mudança de uso do solo e a agropecuária juntos corresponderam a 57% das emissões brasileiras de GEE (BRASIL, 2013).

Recentemente, o Governo do Estado de Minas Gerais por meio da Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) divulgaram as estimativas de emissões para os anos de 2005, 2007 e 2010 (FEAM, 2013). Embora a área agrícola total em Minas Gerais esteja diminuindo, as estimativas são de que a mudança de uso do solo emitiu 3049,98 Gg-CO<sub>2eq</sub> entre os anos de 2005 e 2010. Essas estimativas poderiam ser diferentes se ações de revegetação fossem incentivadas. Os objetivos desse trabalho foram estimar a biomassa da vegetação natural original de Minas Gerais e estimar as emissões/mudanças nos estoques de carbono associadas a agricultura (pastagens e culturas agrícolas) no período 1990 a 2010 se as áreas abandonadas da agricultura no Estado fossem destinadas a recuperação da vegetação.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Originalmente encontram-se três biomas no Estado de Minas Gerais: o Cerrado, que está localizado na porção oeste e ocupa 57% da área do Estado; a Mata Atlântica, que está localizada na porção leste e ocupa 41% da área do Estado; e a Caatinga, que está localizada na porção norte e ocupa



**Figura 1.** Caracterização da área de estudo. (a) Localização dos biomas, (b) Precipitação total anual (em mm/ano), e (c) Temperatura média anual (em °C) do Estado de Minas Gerais. Os dados das normais climatológicas (1960-1990) foram obtidas no banco de dados WorldClim (<http://www.worldclim.org/>).

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

2% da área do Estado (Figura 1a). Essa diversidade de vegetações é possível devido aos diferentes climas e relevos encontrados em Minas Gerais. A precipitação total anual varia de 800 a 2000 mm e as temperaturas médias anuais variam de 15 a 25°C (Figuras 1b e 1c). Em todo o Estado predominam os planaltos (ao noroeste encontra-se o Planalto Central e a leste encontra-se o Planalto Atlântico).

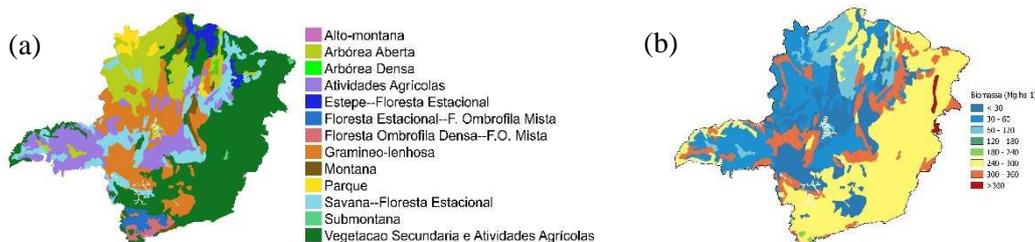
Para que se possa estimar as emissões de carbono associadas a mudanças no uso do solo é necessário ter dados espacialmente explícitos das áreas agrícolas. O primeiro passo para mapear as áreas agrícolas em Minas Gerais foi identificar as áreas com desmatamento. Para isso, foram utilizados os mapas globais de cobertura de árvores apresentados por Hansen *et al.* (2013), que foram elaborados a partir de imagens de satélite (*Landsat*) na resolução espacial de 30 m x 30 m. Esses mapas são disponíveis para cada ano no período de 2000 a 2010 e cada mapa traz a informação da porcentagem do pixel com cobertura de árvores. Afim de facilitar o processamento computacional, a resolução foi alterada para 30" (aproximadamente 1 km x 1 km). As áreas sem cobertura de árvores foram consideradas como áreas de desmatamento.

O segundo passo foi a desagregação das áreas desmatadas em áreas utilizadas para fins agrícolas (cultivos e pastagens). Para isso foi utilizado o banco de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) que foi compilado e organizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) no qual a utilização da terra é classificada em quatro classes (pastagem plantada, pastagem natural, lavouras permanentes e lavouras temporárias) para os anos de censos agrícolas. A área destinada para agricultura foi dada pela soma das quatro classes.

Os dados de áreas agrícolas entre 2000 e 2010 foram obtidos por uma regressão linear simples a nível de microrregião entre os dados dos anos de censo agrícola de 1995 e 2006 em que a tendência de cada microrregião foi aplicada aos municípios a ela pertencente em 1995. Nesse processo a tendência 1995-2006 foi estendida até o ano de 2010. A metodologia para obtenção dos mapas das áreas agrícolas é semelhante àquela utilizada por Leite *et al.* (2012): é calculado o quanto da área desmatada do município é destinada ao uso agrícola total e esse fator é multiplicado aos pixels do município. Da mesma forma, para identificar as áreas com pastagens/cultivos, foi calculado o quanto da área com uso agrícola total é destinada às pastagens/cultivos.

Para os anos anteriores a 2000 foi utilizado o mapa de desmatamento de 2000 como base e a correção foi feita pela proporção entre área agrícola do censo do ano de interesse e área estimada para o ano 2000. Assim, utilizando as malhas municipais desenvolvidas por Leite *et al.* (2012), os dados dos anos de 1985 e 1995 foram mapeados. Os mapas entre 1990 e 2000 foram obtidos pela regressão linear simples dos mapas entre os anos de 1985-1995 e de 1995-2000.

Para produzir o mapa de biomassa da vegetação pretérita foi utilizado o mapa das fisionomias vegetais do Brasil (Figura 2a) do IBGE (2004). Os valores de biomassa para os tipos de vegetação foram obtidos em Fearnside *et al.* (2009) para o bioma Cerrado e no MCTI (2010) para a Mata Atlântica e Caatinga (Figura 2b). No relatório do MCTI (2010) estão disponíveis apenas os valores de biomassa acima do solo, por isso a correção para biomassa total foi feita utilizando a proporção de 18% para Mata Atlântica e 27% para Caatinga. Por fim, a transformação de biomassa para carbono foi feita utilizando a razão de 0,485.



**Figura 2.** Mapa das fisionomias vegetais de Minas Gerais (IBGE, 2004) e os valores de biomassa total.



## 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*

De acordo com dados da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF), em 2010, Minas Gerais possuía 15.363,10 km<sup>2</sup> de florestas plantadas (o que corresponde a aproximadamente 20% da área que deixou de ser agricultura entre 1990 e 2010). Por isso, foram propostas as análises da emissão/mudanças no estoque de carbono em Minas Gerais em duas condições: se as áreas que deixaram de ter uso agrícolas fossem totalmente destinadas a recuperação da vegetação nativa ou se 20% dessas áreas fossem destinadas a florestas plantadas (*Eucalyptus* e *Pinus*) e 80% destinadas a vegetação nativa.

Assim como Leite *et al.* (2012), foram utilizados os valores de biomassa de 8 Mg ha<sup>-1</sup> para pastagens plantadas, 12 Mg ha<sup>-1</sup> para pastagens plantadas e 5,31 Mg-C ha<sup>-1</sup> para cultivos e, a exemplo do Inventário Estadual de São Paulo, 13 Mg-C ha<sup>-1</sup> para florestas plantadas. Os cálculos foram feitos de acordo com o IPCC (2003), onde as emissões de CO<sub>2</sub> em um determinado período é realizada através da diferença de estoques de carbono entre o início e o final do período observado para cada uma das possíveis transições de uso do solo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estoque de carbono na vegetação pretérita em Minas Gerais era de 4,947 Pg-C, sendo que 62,92% desse total encontrava-se no Cerrado (3,223 Pg-C), 36,7% na Mata Atlântica (1,817 Pg-C) e apenas 0,35% na Caatinga (17,44 Tg-C).

Em 1990, a biomassa da vegetação (incluindo usos agrícolas) era de 2,328 Pg-C, o que representa uma perda de aproximadamente 47% da biomassa pretérita do Estado. Entre 1990 e 2010, a área de uso agrícola total em Minas Gerais decresceu em 1.009.858 km<sup>2</sup> (~35,52 %), principalmente por redução das áreas de pastagens. Se as áreas agrícolas abandonadas fossem totalmente destinadas ao reestabelecimento da vegetação nativa (Cenário 1), a biomassa da vegetação aumentaria a uma taxa aproximada de 0,042 Pg-C/ano (Tabela 1) atingindo 3,168 Pg-C em 2010. Isso significaria um estoque de carbono de 0,840 Pg-C entre 1990 e 2010.

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

**Tabela 1.** Estimativas de biomassa na vegetação do Estado de Minas Gerais para quatro cenários quanto a destinação das áreas agrícolas abandonadas. Valores negativos para a diferença entre a biomassa de 2010 e 1990 indicam emissão e valores positivos, indicam estoque de carbono.

<b>Cenários</b>	<b>An o</b>	<b>Estimativ a da biomassa (Pg-C)</b>
<b>Cenário 1</b> (Todas as áreas agrícolas abandonadas destinadas ao restabelecimento da vegetação nativa)	19 90	2,328
	19 95	2,536
	20 00	2,777
	20 05	2,973
	20 10	3,168
	20 10-1990	0,840
	<b>Cenário 2</b> (20% das áreas agrícolas abandonadas destinadas a florestas plantadas e o restante para florestas nativas)	20 10
20 10-1990		0,591
<b>Cenário comparativo 1</b> (Antigas áreas agrícolas permanecem abandonadas)		20 10
	20 10-1990	-0,498
	<b>Cenário comparativo 2</b> (20% das áreas agrícolas abandonadas destinadas a florestas plantadas e o restante permanece abandonado)	20 10
20 10-1990		-0,480

Uma vez que a silvicultura é uma importante atividade em Minas Gerais, também foi estimado o estoque de carbono caso 20% das áreas agrícolas abandonadas fossem destinadas a florestas plantadas e o restante para florestas nativas (Cenário 2). Nesse caso, o estoque estimado foi menor que para o

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

Cenário 1 (Tabela 1) porque a maior parte das áreas agrícolas abandonadas estão localizadas na região de Mata Atlântica, que possui originalmente um estoque de carbono muito maior que a floresta plantada.

Para fins comparativos, foram estabelecidos um cenário em que as áreas agrícolas abandonadas permanecessem abandonadas (Cenário comparativo 1) e um cenário em que 20% das áreas agrícolas abandonadas destinadas a florestas plantadas e o restante permanece abandonado (Cenário comparativo 2). Nesses dois cenários houve emissões de carbono (Tabela 1) já que, embora a área utilizada por pastagens tem decrescido, as áreas utilizadas por culturas agrícolas aumentaram entre 1990 e 2010 principalmente nas regiões do Triângulo Mineiro/Alto Paraopeba, Noroeste de Minas e Sul/Sudoeste de Minas.

Os valores estimados nesse trabalho não podem indiscriminadamente comparados àqueles estimados em FEAM (2013) por diferenças na metodologia. Por exemplo, nesse trabalho não foi considerado a remoção anual de carbono para a vegetação nativa e as áreas destinadas a uso urbano não foram retiradas dos mapas. De toda forma, este estudo mostra que poderiam ser feitas políticas e ações de recuperação das áreas abandonadas para que Minas Gerais seja um sumidouro de carbono.

O Estado de Minas Gerais não é o único nesse processo de redução das áreas agrícolas. De acordo com Barreto et al. (2013), a redução das áreas destinadas a agropecuária, principalmente pastagens, está ocorrendo nas regiões Sul, Sudeste e parte do Nordeste. É necessário que esse movimento de contração das áreas agrícolas seja acompanhado de políticas de apoio ao reflorestamento, a recuperação e ao uso sustentável, principalmente voltado para os pequenos proprietários de terras. Dessa forma parece ser possível garantir estoque de carbono e recuperação dos serviços ecossistêmicos da região.

## CONCLUSÕES

O estoque de carbono na vegetação pretérita em Minas Gerais era de aproximadamente 5 Pg-C, sendo que ~63% desse total encontrava-se no Cerrado, ~37% na Mata Atlântica e ~0,35% na Caatinga.

O uso agrícola total em Minas Gerais está decrescendo e a recuperação das áreas abandonadas favoreceriam o estoque de carbono, possivelmente tornando o Estado um sumidouro de carbono. Por exemplo, se todas as áreas de pastagens abandonadas fossem totalmente destinadas ao reestabelecimento da vegetação nativa, o estoque de carbono seria de 0,840 Pg-C entre 1990 e 2010.

É importante que a redução das áreas agrícolas seja acompanhada de políticas de apoio ao reflorestamento, a recuperação e ao uso sustentável para garantir o estoque de carbono e recuperação dos serviços ecossistêmicos da região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON-TEIXEIRA, K. J. et al. Climate-regulation services of natural and agricultural ecoregions of the Americas. **Nature Climate Change**, v.2, n.3, p.177-181, 2012.

BARRETO, A.G.O.P. et al. Agricultural intensification in Brazil and its effects on land-use patterns: An analysis of the 1975-2006 period. **Global Change Biology**, v.19, n.6, p. 1804-1815, 2013.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Coordenação Geral de Mudanças Globais de Clima. **Estimativas anuais de emissões de gases de efeito estufa no Brasil**. Brasília: 2013, 81 p.

COSTA, M. H.; PIRES, G. F. Effects of Amazon and Central Brazil deforestation scenarios on the duration of the dry season in the arc of deforestation. **International Journal of Climatology**, v.30, n.13, p. 1970-1979, 2010.



## 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*



FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Gerência de energia e mudanças climáticas. **Estimativas de emissões e remoções de gases de efeito estufa do Estado de Minas Gerais – Ano base 2010**. Belo Horizonte: 2013, 56 p.

FEARNSIDE, P. M. et al. Biomass and greenhouse-gas emissions from land-use change in Brazil's Amazonian "arc of deforestation": The states of Mato Grosso and Rondônia. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n.9, p.1968-1978, 2009.

HANSEN, M. C. et al. High-resolution global maps of 21<sup>st</sup>-century forest cover change. **Science**, v.342, n.6160, p. 850-853, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mapa de Vegetação Original do Brasil**, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Good practice guidance for land use, land use change and forestry**. Hayama, Japão: 2003.

LEITE, C.C. et al. Historical land use change and associated carbon emission in Brazil from 1940 to 1995. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 26, p. GB2011, 2011.

MINISTÉRIO DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (MCTI). **Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do clima: Parte II–Inventário de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa não Controlados pelo Protocolo de Montreal**, Brasília, 2004.

NEWBOLD, T. et al. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. **Nature**, v. 520, p. 45-50, 2015.

STICKLER, C.M. et al. Dependence of hydropower energy generation on forests in the Amazon Basin at local and regional scales. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110, n. 23, n. 9601-9606, 2013.