



# XXXIII

# Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas  
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

## CAPACIDADE DE SEQUESTRO DE CO<sub>2</sub> EM PASTAGENS PRODUTIVAS NO BIOMA MATA ATLÂNTICA

**Paula Rodrigues Salgado<sup>(1)</sup>; Susian Christian Martins<sup>(1)</sup>; Eduardo B. C. Vasconcellos<sup>(2)</sup>; Balbino A. Evangelista<sup>(3)</sup>; Hilton Silveira Pinto<sup>(4)</sup>; Eduardo Delgado Assad<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Bolsista DT11 CNPq; EMBRAPA Informática Agropecuária, Avenida André Tosello, 209, Barão Geraldo, Campinas, SP, CEP 13083-886; susian@cnptia.embrapa.br; <sup>(2)</sup> Mestrando; CENA/USP, Avenida Centenário, 303, Piracicaba, SP; <sup>(3)</sup> Analista; EMBRAPA Cerrados, BR 020, Km 18, Planaltina, DF; <sup>(4)</sup> Professor CEPAGRI/UNICAMP Avenida André Tosello, 209, Barão Geraldo, Campinas, SP, CEP 13083-886; <sup>(5)</sup> Secretário do MMA; Secretaria de Mudanças Climáticas e Qualidade Ambiental, Ministério do Meio Ambiente, Esplanada dos Ministérios Bloco B70068-900, Brasília, DF.

**Resumo** – A pecuária brasileira atualmente ocupa 20% da área continental do Brasil, correspondendo a 173 Mha, dos quais estima-se que cerca de 50% encontram-se em processo de degradação. O Brasil detém o segundo maior rebanho bovino com 205 milhões de cabeças, sendo que a maior parte desses animais estão concentrados na região Centro-Oeste (Bioma Cerrado), com 34,4% do efetivo nacional. A recuperação da pastagem por meio da elevação da produtividade primária aumenta a absorção de carbono pelo solo e, conseqüentemente, torna-se uma importante forma de remoção de grandes quantidades de CO<sub>2</sub> atmosférico (FAO, 2009; ALVES et al., 2008). O objetivo foi mapear as áreas de pastagens da Mata Atlântica, quantificar seus estoques de carbono no solo, fornecendo assim um panorama da capacidade de sequestro de CO<sub>2</sub>. Para esse trabalho foram selecionadas 23 pastagens por meio de imagens de satélites. A coleta de solo para a determinação da fertilidade e estoques de carbono (C) foi até 30 cm de profundidade. O Bioma Mata Atlântica, com segunda maior área de pastagem (30.775.239 ha), apresentou média de estoque de CO<sub>2</sub> eq de 62,23 e 257,73t ha<sup>-1</sup> nas camadas 0-5cm e 0-30cm, respectivamente. Esses dados mostram claramente que o principal enfoque do Programa ABC para a recuperação de pastagens, visando o sequestro de carbono da atmosfera, deverá ser nos estados e/ou municípios que apresentam área de pastagem com baixa produtividade.

**Palavras-Chave:** solo; carbono; mudanças climáticas; mitigação.

### INTRODUÇÃO

Em fevereiro de 2007 o IPCC (Painel Intergovernamental de Mudança do Clima) divulgou um relatório sobre as mudanças climáticas e os impactos sobre o planeta Terra. A grande preocupação é em relação ao aquecimento global, que se caracteriza a partir da intensificação de um fenômeno natural chamado efeito estufa.

A concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera tem aumentado acentuadamente devido às atividades antrópicas, desde a revolução industrial em 1750, o que levou a intensificação do efeito estufa e

conseqüentemente o aquecimento global. Em resposta a essas alterações a agricultura poderá sofrer influências negativas na produtividade.

As principais estratégias para mitigar a emissão de GEE resultantes de atividades do homem consistem na menor utilização de combustíveis fósseis, redução das taxas de desmatamento e de queima de material vegetal, uso inadequado do solo e, por fim, estratégias de maximização do sequestro de C no solo e na vegetação.

A agricultura brasileira dispõe de tecnologias capazes de assegurar uma produção agrícola cada vez mais eficiente com a vantagem adicional de baixas emissões de gases efeito estufa. É fato conhecido que nos últimos 20 anos a produção brasileira de alimentos cresceu 154% enquanto a área expandida foi de apenas 25%, mostrando um avanço tecnológico sem precedentes em todo o mundo.

A adoção de boas práticas agrícolas para a recuperação intensiva de pastagens atualmente degradadas refere-se a uma das ações definida no Programa de Baixa Emissão de Carbono (Programa ABC) proposta pelo Governo brasileiro e previsto na Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. A Lei estabelece que deverão ser adotadas ações de mitigação – (i) Recuperação de pastagens degradadas, (ii) Plantio direto na palha, (iii) Integração pecuária-lavoura-floresta, (iv) Fixação biológica de nitrogênio e (v.) Reflorestamento – com vistas a reduzir entre 36,1% e 38,9% as emissões de gases de efeito estufa projetadas até 2020.

O presente projeto considerou um dos aspectos mais significativos do programa, procurando associar um aumento na produtividade pecuária como decorrência de novas tecnologias e, ao mesmo tempo, um avanço na redução de GEE por parte da criação de animais. A recuperação de pastagens degradadas, por meio do manejo adequado do solo e da adubação, em uma área de 15 milhões de hectares, corresponde à redução de emissões de 83 a 104 milhões de tCO<sub>2</sub>eq até 2020. Essa atividade permitirá que, nessas condições, haja aumento do estoque de carbono na biomassa vegetal e no solo, com menores perdas para atmosfera, ao mesmo tempo em que se promove um aumento da lotação dos pastos, passando de 0,4UA ha<sup>-1</sup> (unidade animal por hectare) para cerca de 1,4 UA ha<sup>-1</sup>.

Neste contexto, a Embrapa Informática Agropecuária (CNPTIA/Embrapa), o Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura da Universidade Estadual de Campinas (Cepagri/Unicamp), a Embrapa Cerrados (CPAC/Embrapa) e a Embaixada Britânica desenvolveram um projeto cujo objetivo foi mapear as áreas de pastagens dos biomas brasileiros, quantificar seus estoques de carbono no solo, fornecendo assim um panorama nacional da capacidade de sequestro de CO<sub>2</sub> em pastagens produtivas. O presente trabalho tem como objetivo apresentar os resultados parciais desse projeto para o bioma Mata Atlântica.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Determinação das áreas a serem amostradas

A escolha das áreas amostradas foi feita por meio de imagens de satélites com mapeamentos de cobertura e uso da terra, com destaque para os mapeamentos desenvolvidos no âmbito do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO). Com as imagens foi possível identificar com exatidão por meio de coordenadas geográficas (latitude e longitude) as áreas de pastagens ao longo de todo o território nacional. Para esse trabalho foram selecionadas as pastagens localizadas no Bioma Mata Atlântica, totalizando 23 pastos amostrados.

### Amostragem de solo

A coleta de solo foi realizada em novembro e dezembro de 2010 para a determinação da fertilidade e estoques de carbono (C) nas seguintes profundidades: 0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm. Todas as amostras de solos coletadas foram secas ao ar, separadas dos materiais vegetais e pedras, homogeneizadas, moídas, passadas em peneiras de 2 mm para análises químicas e granulométricas e em peneiras de 0,15 mm para análises de carbono do solo.

### Análises químicas e físicas de solo

As determinações incluídas nas análises químicas e físicas de solo foram realizadas pelo Laboratório Campo - Análise Agrícola e Ambientais Paracatu/MG. e foram as seguintes: pH em CaCl<sub>2</sub>; pH em água; Alumínio trocável (Al); acidez potencial (H+Al); Potássio (K); Cálcio (Ca); Magnésio (Mg); Fósforo (P); Matéria Orgânica (MO). A partir das análises dos parâmetros mencionados acima foram calculadas: a Capacidade de troca de cátions (CTC); Saturação por bases (V%); Saturação por alumínio (m%). A granulometria do solo foi avaliada após dispersão química, empregando-se o método do densímetro.

### Determinação do estoque e teor total de C do solo

As análises para determinação dos teores de C do solo foram realizadas com o auxílio do analisador elementar no Laboratório de Ecologia Isotópica do CENA/USP em Piracicaba. Os estoques de C (Mg ha<sup>-1</sup>) do solo foram calculados em função do teor total do elemento do solo (%), da densidade global do solo (g cm<sup>-3</sup>) e da espessura da camada amostrada (cm).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o mapeamento de cobertura e uso da terra das áreas de pastagens dos biomas brasileiros realizado pela Embrapa Informática Agropecuária e Embrapa Cerrados, para fornecer um panorama nacional da capacidade de sequestro de CO<sub>2</sub> em pastagens cultivadas, observa-se a existência de pastagens em todos os biomas brasileiros. No Bioma Mata Atlântica foi verificada uma área de 30.775.239 ha ocupados com pastagens, destacando-se o sul da Bahia, o norte do Rio Grande do Sul e São Paulo (Figura 1). O total das áreas de pastagens dos biomas brasileiros é de 150.326.507 ha.

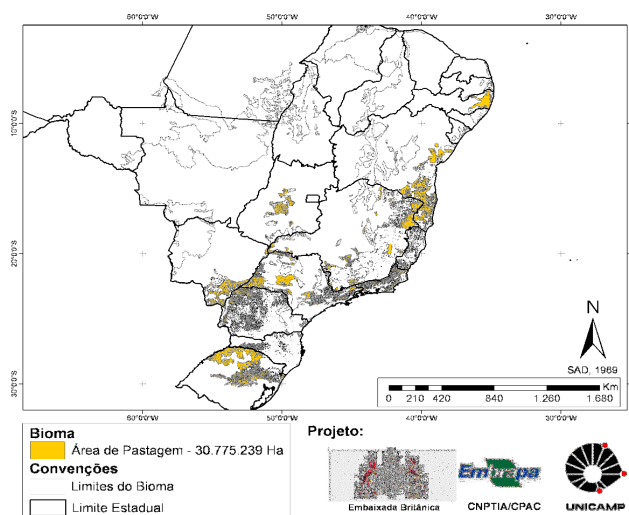


Figura 1. Áreas de pastagens do Brasil no Bioma Mata Atlântica.

### Caracterização química e física dos solos sob pastagens

Existe uma clara dominância da fração argila em sua composição granulométrica nos solos sob pastagens do bioma estudado. Os solos do Bioma Mata Atlântica, em média, apresentaram textura argilosa com teor de argila chegando a 41%, teor de areia 37% e de silte 24%, aproximadamente (Tabela 1).

A densidade do solo do Bioma Cerrado variou 1,33 g cm<sup>-3</sup> em 5cm de profundidade e 1,34 g cm<sup>-3</sup> em 30cm. Valores médios de densidade sob pastagem foram detectados por Sattler (2006) e por Souza e Alves (2003) na ordem de 1,56 g cm<sup>-3</sup> e 1,54 g cm<sup>-3</sup> respectivamente, na profundidade de 0-20 cm do solo. O teor de matéria orgânica no solo foi maior na camada superficial em comparação a camada mais profunda do solo (Tabela 2). Os teores de P, Ca, Mg, K decresceram em profundidade, fato considerado normal, uma vez que os maiores aportes de matéria orgânica são observados nas camadas superficiais (Tabela 2). Espig et al. (2008) também observaram uma acentuada redução dos teores de Ca, Mg, K e P em profundidade no solo do Bioma Mata Atlântica. O teor de Al trocável foi baixo em comparação aos teores de bases trocáveis. O Al promove a acidez nos solos, fazendo com que haja diminuição da população de microorganismos que decompõem a MO, ocorrendo maior acúmulo da mesma sobre o solo. Além do efeito biotóxico, a formação de complexos estáveis de Al-M.O. torna a M.O. mais resistente à oxidação, preservando-a (Volkoff et al., 1984; Mendonça, 1995; Benites et al., 1999). Os valores de pH do solo foram menores que 5 para o pH CaCl<sub>2</sub> e

menores que 6 para pH medido em água, denotando solos acidificados (Tabela 3). Em resumo, os solos do Bioma Mata Atlântica apresentaram elevados níveis de H+Al, com a maior reserva nutricional (P, K, Ca e Mg) nos primeiros centímetros do solo (0-5cm). Frente a isto, os valores de cátions trocáveis (Ca, Mg, K) contribuíram menos para a CTC do solo, visto que solos de regiões tropicais úmidas sob elevadas temperaturas e pluviosidade sofrem um intemperismo intenso, ocorrendo grande lixiviação de elementos, com perda de Na, K, Ca, Mg e Si, além de favorecer a formação de argilominerais com baixa capacidade de reter cátions; bem como são solos formados a partir de rochas pobres em nutrientes (Martins, 2010).



#### Estoque de Carbono x Emissões de GEE's

O Bioma Mata Atlântica, com segunda maior área de pastagem (30.775.239 ha), apresentou média de estoque de CO<sub>2</sub> eq de 62,23 e 257,73t ha<sup>-1</sup> nas camadas 0-5cm e 0-30cm, respectivamente. (Tabela 4).

**Tabela 4.** Média dos estoques de CO<sub>2</sub> eq no solo nas profundidades 0-30cm e 0-5cm nas 23 pastagens amostradas no bioma Mata Atlântica.

Bioma	CO <sub>2</sub> eq (0-30cm) .....t ha <sup>-1</sup> .....	CO <sub>2</sub> eq (0-5cm)
Cerrado	257,73	62,23

No Bioma Mata Atlântica, um bom exemplo de pastagem degradada e de pastagem em boas condições com relação ao estoque de carbono no solo pode ser verificado na figura 2. Em condições ambientais e edáficas semelhantes a pastagem degradada no município de Pirajú no estado de São Paulo apresentou um estoque de carbono no solo, tanto em superfície (44t CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) como em profundidade (206t CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup>) inferior a pastagem bem manejada em Santa Tereza do Oeste (PR), com 76t CO<sub>2</sub>eq ha<sup>-1</sup> em superfície e 339t ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub>eq em profundidade no solo. A recuperação de pastagens no Bioma Mata Atlântica também acarretará em grande sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo efetivamente para o sucesso do Programa ABC. Isso demonstra que a recuperação da pastagem degradada por meio de um manejo adequado - fertilização do solo, implantação de gramíneas com maior produção de massa vegetal entre outras boas práticas agrícolas - poderá deixar de emitir GEE's para a atmosfera.

Piraju SP Solo Argiloso CO <sub>2</sub> eq 0-30cm 206 t ha <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> eq 0-5cm 44 t ha <sup>-1</sup>	Sta Tereza do Oeste PR Solo Argiloso CO <sub>2</sub> eq 0-30cm 339 t ha <sup>-1</sup> CO <sub>2</sub> eq 0-5cm 76 t ha <sup>-1</sup>
	

**Figura 1.** Pastagem degradada com baixo estoque de CO<sub>2</sub>eq no solo no município de Piraju (SP) e pastagem com alto estoque de CO<sub>2</sub>eq no solo no município de Sta. Tereza do Oeste (PR) ambas em solo argiloso no bioma Mata Atlântica.

A MOS é facilmente decomposta quando práticas de manejo não conservacionistas são utilizadas, causando agravamento no efeito estufa, devido à liberação de CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Outro ponto importante a ser considerado é a taxa de decomposição da MOS, influenciada diretamente pelas variáveis climáticas uma vez que seus principais condicionantes são a temperatura (solo e atmosfera) e umidade do solo. O aumento de temperatura eleva a atividade microbiana do solo acentuando a decomposição da MOS, emitindo CO<sub>2</sub> para a atmosfera. Nesse sentido, as pastagens degradadas da Mata Atlântica apresentam condições favoráveis à perda de MOS, intensificadas por seu manejo inadequado.

As metas do Programa ABC, proposto pelo Governo Brasileiro, cujo potencial de mitigação das emissões projetadas para 2020 provenientes do setor agropecuário são da ordem de 133 a 166 milhões de tCO<sub>2</sub>eq, mostram viabilidade para a Mata Atlântica, uma vez que esse Bioma possui grande potencial para recuperação e manutenção da produtividade das pastagens. Com isso há uma contribuição efetiva para mitigar a emissão dos GEE's, resultando em aumento significativo na produção de biomassa, o que, por sua vez, permite um aumento da capacidade de suporte dessas pastagens, dos atuais 0,4 para 0,9 unidade animal por hectare (UA ha<sup>-1</sup>) ou mais, reduzindo a pressão pela conversão de novas áreas em pastagens. Outra vantagem da recuperação de pastos, diz respeito a reposição de nutrientes na pastagem que assegura uma dieta de melhor qualidade para o gado, reduzindo o tempo de abate e, consequentemente, a diminuição da emissão de gás metano (CH<sub>4</sub>) devida à fermentação entérica.

Esses dados mostram claramente que o principal enfoque do Programa ABC para a recuperação de pastagens, visando o sequestro de carbono da atmosfera, deverá ser nos estados e/ou municípios que apresentam área de pastagem com baixa produtividade.

#### CONCLUSÕES

1. De acordo com o cenário do estoque de C em pastagem apresentado nesse trabalho, pode-se afirmar que a recuperação de pastagens degradadas na Mata Atlântica irá contribuir efetivamente para que o Brasil atinja as metas de redução das emissões de GEE projetadas para 2020, entre

36,1% e 38,9%, assumidas em virtude do Acordo de Copenhague (COP – 15) e comunicados ao Secretariado da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (UNFCCC).

2. O aumento do uso de boas práticas agropecuárias, juntamente com o manejo adequado do solo e vegetação nas pastagens tem como resultado o aumento do estoque de C nesses compartimentos, mitigando ou diminuindo o aquecimento global.

## AGRADECIMENTOS

À Embaixada Britânica pelo apoio financeiro, à Embrapa Informática e Embrapa Cerrados pelo suporte técnico.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, B.; URQUIAGA, S.; JANTALIA, C.P.; BODDEY, R.M. Dinâmica do carbono em solos sob pastagens. In: Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais. Porto Alegre. p.561-569, 2008.
- BENITES, V.M.; MENDONÇA, E.S.; SCHAEFER, C.E.R. & MARTIN NETO, L. Caracterização dos ácidos húmicos extraídos de um Latossolo Vermelho-Amarelo e de um Podzol por análise termodiferencial e pela espectroscopia de absorção no infravermelho. R. Bras. Ci. Solo, 23:543-551, 1999.
- CAMPOS, J.C.F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; KER, J.C.; SAADI, A., & ALBUQUERQUE FILHO, M.R. Gênese e Micropedologia de solos do Médio Jequitinhonha, de Turmalina a Pedra Azul, Minas Gerais. Geonomos, 5:41-53, 1997.
- DIAS, H.C.T.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.; OLIVEIRA, A.P.; MICHEL, R.F.M., LEMOS JR, J.B. Caracterização de solos altimontanos em dois transectos no Parque Estadual do Ibitipoca (MG).

Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 27: 469-481, 2003.

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Review of evidence on drylands pastoral systems and climate change: Implications and opportunities for mitigation and adaptation. LAND AND WATER DISCUSSION PAPER, 8. Roma, 2009. 50p.
- MARTINS, S. C. Caracterização dos solos e serapilheira ao longo do gradiente altitudinal da Mata Atlântica, estado de São Paulo, Tese Doutorado. Universidade de São Paulo, Brasil, 155p. 2010.
- MENDONÇA, E.S. Oxidação da matéria orgânica e sua relação com diferentes formas de alumínio de Latossolos. R. Brás Ci Solo, 19:25-30, 1995.
- PULROLNIK, K.; BARROS, N.F. de; SILVA, I.R.; NOVAIS, R.F.; BRANDANI, C.B. Estoques de carbono e nitrogênio em frações lábeis e estáveis da matéria orgânica de solos sob eucalipto, pastagem e cerrado no Vale do Jequitinhonha –MG. Revista Brasileira de Ciências do Solo, 33:1125-1136, 2009.
- SATTLER, M.A. Variabilidade espacial de atributos de um Argissolo vermelho-amarelo sob pastagem e vegetação nativa na bacia hidrográfica do Itapemirim. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre/ES. 2006.
- SOARES, M.R.; ALLEONI, L.R.F.; VIDAL-TORRADO, P.; COOPER, M. Mineralogy and ion exchange properties of the particle size fractions of some Brazilian soils in tropical humid áreas. Geoderma, 125: 355–367, 2005.
- VOLKOFF, B.; CERRI, C.C.; MELFI, A.J. Humus e mineralogia dos horizontes superficiais de três solos de campos de altitude dos estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. R. Bras. Ci. Solo, 8:277-283, 1984.

**Tabela 1.** Caracterização física do perfil do solo nas pastagens amostradas (0-5 cm e 0-30 cm de profundidade).

Prof (cm)	Densidade (g cm <sup>-3</sup> )	Areia	Silte .....%	Argila	Textura
0-5	1,33	37,26	24,39	38,35	Argilosa
0-30	1,34	34,63	23,47	41,90	

**Tabela 2.** Concentrações de Matéria Orgânica (MO), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Alumínio (Al) no solo das pastagens no Bioma Mata Atlântica (0-5 cm e 0-30 cm de profundidade).

Prof (cm)	M. Orgânica (dag Kg <sup>-1</sup> )	Fósforo .....(mg dm <sup>-3</sup> ).....	Potássio	Cálcio .....(cmolc dm <sup>-3</sup> ).....	Magnésio	Alumínio
0-5	5,14	11,59	130,45	4,18	2,10	0,50
0-30	3,91	5,62	81,63	3,20	1,44	0,82

**Tabela 3.** Caracterização físico-química ao longo do perfil dos solos das pastagens amostradas no bioma Mata Atlântica.

Prof (cm)	pH (água)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	H+Al <sup>1</sup> .....(cmolc dm <sup>-3</sup> ).....	CTC <sup>2</sup>	V <sup>3</sup>	m <sup>4</sup>	Ca/CTC <sup>5</sup>	Mg/CTC <sup>6</sup>	K/CTC <sup>7</sup>	H+Al/CTC <sup>8</sup>
0-5	5,75	4,98	6,44	13,04	50,00	10,68	31,64	16,05	2,73	49,59
0-30	5,66	4,81	6,86	11,71	41,61	19,21	27,63	12,27	1,85	58,25