



## Alterações na qualidade da matéria orgânica do solo devido a mudanças de uso da terra no Centro-Sul brasileiro<sup>(1)</sup>.

**Andressa Gonçalves Cerqueira<sup>(2)</sup>; Amanda Rocha Fiallos<sup>(2)</sup>; Amanda Corrêa Capellari<sup>(3)</sup>; Thalita Pereira Lavorenti<sup>(3)</sup>; Dener Márcio da Silva Oliveira<sup>(4)</sup>; Carlos Eduardo Pellegrino Cerri<sup>(5)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ e Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP (Processo FAPESP n° 2014/08632-9)

<sup>(2)</sup> Estudante de graduação; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; Piracicaba, São Paulo; andressa.goncalves.cerqueira@usp.br; <sup>(3)</sup> Estudante de graduação; Escola de Engenharia de Piracicaba; <sup>(4)</sup> Estudante de doutorado; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"; <sup>(5)</sup> Professor associado; Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

**RESUMO:** A matéria orgânica do solo (MOS), que engloba todo o carbono (C) orgânico em diversas formas, interfere nas características químicas, físicas e biológicas do solo. O declínio ou acréscimo de C nas suas frações podem permitir a mensuração dos impactos causados por diferentes usos da terra bem como sistemas de produção agrícola com diferentes tipos de manejo do solo. O objetivo deste trabalho foi determinar alterações na qualidade da MOS através da avaliação de mudanças nos teores de suas frações devido à conversão vegetação nativa–pastagem–cana-de-açúcar. Em três cronossequências que apresentaram essa conversão na região Centro-Sul do Brasil, determinou-se que mudanças no uso da terra afetam negativamente a qualidade da MOS. Em todas as áreas estudadas, o valor do índice de manejo de carbono (IMC) encontrado foi menor do que 100 (valor de referência sob vegetação nativa), o que indica impacto negativo sobre a qualidade da MOS.

**Termos de indexação:** labilidade da MOS, manejo do solo, índice de manejo de carbono

### INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com o aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE) para a atmosfera eleva a importância da produção comercial dos biocombustíveis. No Brasil, em 2012, a área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar foi de 9.752.328 ha (UNICA, 2015), dos quais aproximadamente 50% se destinavam a fins energéticos.

A matéria orgânica do solo (MOS) engloba todo o C orgânico nas formas de resíduos vegetais em estágios variados de decomposição, biomassa microbiana, raízes e fração mais estável, denominada húmus, as quais condicionam as características químicas, físicas e biológicas do solo. O declínio ou acréscimo de C nas frações da MOS, que respondem de maneira diferente às

intervenções antrópicas, podem permitir a mensuração do grau de preservação ou degradação dos ecossistemas naturais e os impactos causados por diferentes usos da terra bem como sistemas de produção agrícola com diferentes tipos de manejo do solo (SILVA *et al.*, 2011).

A fração C-lábil, que é constituída por compostos mais facilmente oxidáveis pelos microrganismos, apresenta curto período de permanência no solo sendo a mais sensível às alterações decorrentes da mudança de uso da terra (MUT). Sua principal função é o fornecimento de nutrientes às plantas pela mineralização, além de energia e C aos microrganismos do solo (SILVA *et al.*, 2011).

A fração C-oxidável engloba grande parte do C presente no solo, incluindo formas mais estáveis de C, como a fração humificada, além de formas mais biodisponíveis, como a fração lábil. Segundo Silva *et al.* (2011), a fração humificada representa cerca de 2/3 do C orgânico e tem maior permanência no solo e sua principal função é atuar sobre suas condições físicas e químicas, além de ser importante no sequestro de C atmosférico.

Uma das formas de analisar a dinâmica da MOS é a utilização do índice de manejo de carbono (IMC), sugerido por Blair *et al.* (1995) e Vieira *et al.* (2007), que leva a labilidade da MOS em consideração permitindo comparar as alterações que ocorrem no C orgânico total e no C lábil, em resposta ao uso e manejo do solo.

A maioria dos estudos concentra-se na avaliação da dinâmica da MOS utilizando os conteúdos de C orgânico total (COT) e N total (NT). Porém, o uso desses valores como índices para análise da qualidade do solo torna-se, em alguns casos, pouco eficiente quando se considera que são elevados os níveis de C em áreas sob vegetação nativa e a variabilidade natural do solo, dificultando a detecção de pequenas variações em períodos relativamente curtos (SILVA *et al.*, 2011).

O objetivo deste trabalho foi determinar alterações na qualidade da MOS através da avaliação de mudanças nos teores de suas frações



devido à conversão vegetação nativa–pastagem–cana-de-açúcar no Centro Sul do Brasil.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em três cronossequências de mudança de uso da terra, em que houve a conversão vegetação nativa – pastagem – cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. As áreas se localizam nos municípios de Jataí - GO (LAT\_17S), Valparaíso - SP (LAT\_21S) e Ipaussu - SP (LAT\_23S) (Tabela 1). Cada uso da terra foi amostrado em três pontos na profundidade de 0-0,1 m. As amostras foram secas ao ar e passadas em peneiras de 2 mm (TFSA).

A quantificação da labilidade do C do solo foi efetuada utilizando a metodologia descrita por Chan *et al.* (2001). Duas subamostras de 0,5 g, previamente tamisadas em peneira de 0,5 mm, foram colocadas em erlenmeyers com capacidade para 125 mL. Em seguida, adicionou-se 10 mL de solução de dicromato de potássio ( $0,167 \text{ mol L}^{-1}$ ). Uma das subamostras recebeu adição de 2,5 mL (carbono lábil) e a outra 20 mL (carbono oxidável) de ácido sulfúrico concentrado. Após 30 minutos, todas as amostras receberam cerca de 15 mL de ácido fosfórico e 10 mL de água deionizada para facilitar a visualização do ponto de viragem durante a titulação. Provas em branco, sem adição de solo, foram feitas para todas as concentrações de ácido

utilizadas. As amostras e as provas em branco foram tituladas com solução de sulfato ferroso amoniacal ( $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ ) utilizando o-fenantrolina como indicador.

O IMC foi determinado de acordo com a equação, proposta por Blair *et al.* (1995):

$$\text{IMC} = \frac{\text{COam}}{\text{COrf}} * \frac{\frac{\text{CLam}}{\text{CNLam}}}{\frac{\text{CLrf}}{\text{CNLrf}}} * 100$$

Sendo:

- COam = Carbono oxidável na amostra de solo;
- COrf = Carbono oxidável na amostra de solo referência (vegetação nativa);
- CLam = Carbono lábil na amostra de solo;
- CNLam = Carbono não lábil na amostra de solo;
- CLrf = Carbono lábil na amostra de solo referência (vegetação nativa);
- CNLrf = Carbono não lábil na amostra de solo referência (vegetação nativa).

Os dados foram analisados considerando-se um delineamento inteiramente casualizado e cada uso da terra foi considerado um tratamento. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) utilizando-se o pacote estatístico SAS.

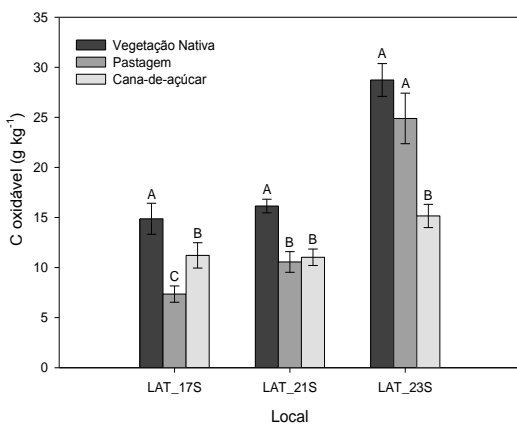
**Tabela 1** - Descrição do histórico de uso e principais práticas de manejo aplicadas nas áreas em estudo.

Local <sup>1</sup>	Uso	Descrição
LAT_17S Clima Awa Latossolo Vermelho Argilo- arenoso	Vegetação Nativa	Fitofisionomia classificada como formação florestal “Cerradão”, bioma Cerrado, caracterizada por espécies escleromórficas e xeromórficas.
	Pastagem	A mudança de uso da terra de vegetação nativa para pastagem ocorreu no início da década de 1980. A pastagem é composta por gramíneas do gênero <i>Brachiaria</i> , com taxa de lotação de $1,5 \text{ UA ha}^{-1}$ . A
	Cana-de-açúcar	A mudança de uso da terra de pastagem para cana-de-açúcar ocorreu em 2009. O solo é preparado com uso de subsolador, grade e arado. A área recebe fertilizantes com doses comumente recomendadas para a cultura. A cana-de-açúcar é colhida mecanicamente e a queima nunca foi realizada desde a implantação.
LAT_21S Clima Aw Argissolo Vermelho- amarelo Franco- arenoso	Vegetação Nativa	A vegetação local enquadra-se na fitofisionomia floresta sazonal semidecidual, bioma Floresta Atlântica, Trata-se de uma área de transição (Floresta Atlântica/Cerrado).
	Pastagem	A mudança de uso da terra de vegetação nativa para pastagem ocorreu no início da década de 1980. A pastagem é composta por gramíneas do gênero <i>Brachiaria</i> , com taxa de lotação de $2,0 \text{ UA ha}^{-1}$ . Além disso, são aplicados, anualmente, $120 \text{ kg ha}^{-1}$ de adubo NPK com a formulação 20:5:19.
	Cana-de-açúcar	A mudança de uso da terra de pastagem para cana-de-açúcar ocorreu em 2010. O solo é preparado com uso de subsolador, grade e arado. A área recebe fertilizantes com doses comumente recomendadas para a cultura. A cana-de-açúcar é colhida mecanicamente e a queima nunca foi realizada desde a implantação.
LAT_23S Clima Cwa Nitossolo Vermelho Argiloso	Vegetação Nativa	A vegetação local enquadra-se na fitofisionomia floresta sazonal semidecidual, bioma Floresta Atlântica, Trata-se de uma área de transição (Floresta Atlântica/Cerrado).
	Pastagem	A mudança de uso da terra de vegetação nativa para pastagem ocorreu no início da década de 1979. A pastagem é composta por gramíneas do gênero <i>Cynodon</i> , com taxa de lotação de $1,0 \text{ UA ha}^{-1}$ .
	Cana-de-açúcar	A mudança de uso da terra de pastagem para cana-de-açúcar ocorreu em 1990. O solo é preparado com uso de subsolador, grade e arado. A área recebe fertilizantes com doses comumente recomendadas para a cultura. A cana-de-açúcar é colhida mecanicamente desde 2003 e a queima foi interrompida a partir desse mesmo ano. Desde 2013, 50 % da palha é removida do solo para produção de energia.

<sup>1</sup>: Classificação climática segundo Köppen. Classificação de solos segundo Embrapa, 2013. Classe textural predominante nessas áreas.

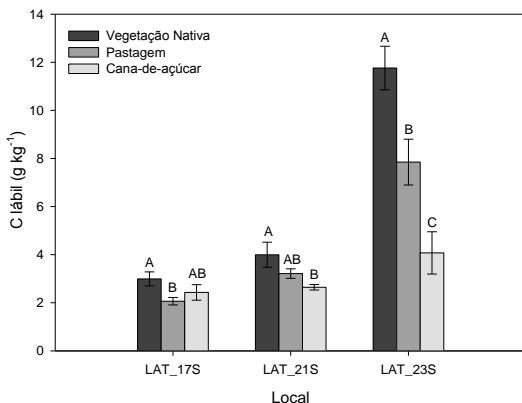
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve um padrão em que áreas sob vegetação nativa possuem maiores teores de C-lábil e C-oxidável (Figuras 1 e 2). Isso se deve, possivelmente, ao fato de que o conteúdo de MOS sob vegetação natural é estável em relação a usos nos quais há ação antrópica, que quebra seu equilíbrio dinâmico tornando, geralmente, o aporte de C menor que sua saída (Cardoso *et al.*, 2010).



**Figura 1** – Carbono oxidável ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na camada de 0-0,1 m de solos sob diferentes usos da terra no Centro-Sul do Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

Na conversão pastagem–cana-de-açúcar na área Lat\_17S ocorreu aumento do teor de C-oxidável e tendência de aumento do C-lábil. Em Lat\_21S observou-se estabilidade de C-oxidável e tendência de redução de C-lábil. Já em Lat\_23S, Os diferentes padrões entre as localidades avaliadas devem-se a aspectos que serão discutidos posteriormente e são relacionados a características edáficas e de manejo

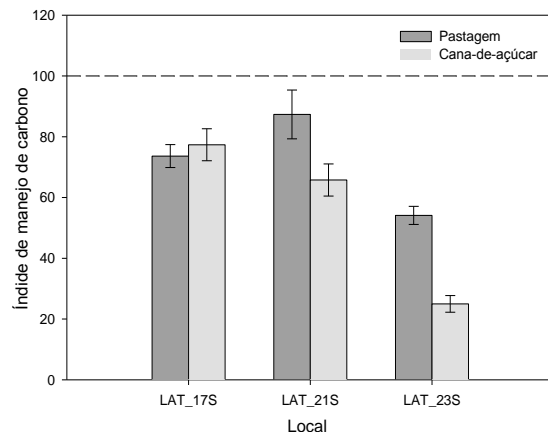


**Figura 2** – Carbono lábil ( $\text{g kg}^{-1}$ ) na camada de 0-0,1 m de solos sob diferentes usos da terra no

Centro-Sul do Brasil. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As barras representam o desvio-padrão da média.

Em relação ao IMC, pode-se verificar que todas as situações avaliadas apresentam valores inferiores a 100, que é o valor de referência sob vegetação nativa. Segundo Silva *et al.* (2011), A capacidade de alguns sistemas de melhorar ou manter a qualidade da MOS pode ser notada quando esses apresentam IMC superior ou igual a 100. Tal capacidade auxilia na promoção da sustentabilidade do agroecossistema em regiões tropicais. Valores de IMC inferiores a 100 são indicativos de impacto negativo das práticas de manejo sobre os teores da MOS, como observado no presente trabalho.

Dentre as situações estudadas, a que mais se aproxima do IMC da vegetação nativa é a pastagem na área Lat\_21S. Na Lat\_17S, verificaram-se valores próximos de IMC para ambos os sistemas. Em Lat\_23S os valores de IMC apresentaram-se consideravelmente baixos tanto sob pastagem quanto sob cana-de-açúcar (Figura 3).



**Figura 3** – Índice de manejo de carbono na camada de 0-0,1 m de solos sob diferentes usos da terra no Centro-Sul do Brasil. As barras representam o desvio-padrão da média.

A proximidade dos valores de IMC da Lat\_17S indica que a conversão pastagem–cana-de-açúcar não causou alteração significativa na qualidade da MOS, ou seja, que ambos os sistemas causaram impacto semelhante.

O resultado apresentado pela pastagem da Lat\_21S pode ser decorrente da realização de um eficiente manejo sobre o sistema. Com a introdução de pastagem os estoques de C no solo podem decrescer nos primeiros anos da implantação e aumentar nos anos seguintes, até atingir valores



próximos ou superiores aos existentes antes da conversão. Segundo Araujo *et al.* (2011), de maneira geral, na região de Cerrado, as pastagens promovem a estabilidade dos estoques de MOS e, se submetidas a boas práticas de manejo, podem permitir o armazenamento de C no solo superior ao observado sob a vegetação nativa. Isso pode ser devido aos baixos estoques de carbono orgânico total (COT) na superfície quando comparados com os solos de regiões temperadas. Além disso, há forte interação dos óxidos de Fe e Al da fração argila com a MOS. Roscoe *et al.* (2001) constataram que não houve diferenças significativas nos teores de COT na camada de 0-100 cm após 23 anos da substituição do Cerrado pelo cultivo de pastagem. Esse fato foi relacionado à alta produção de biomassa das pastagens tropicais e, especialmente, ao efeito de proteção da MOS fornecida pela argila desses solos. Neufeldt *et al.* (2002) também constataram grande aumento na concentração de COT em solos sob pastagem comparados com solos sob vegetação nativa de Cerrado.

Os menores valores de IMC apresentados pela pastagem em Lat\_23S devem associar-se ao mau manejo do sistema e possível degradação (Tabela 1). O uso de pastagens num regime extensivo de pastejo, onde não se faz a correção e adubação do solo pode resultar em rápida degradação. Para Schaefer *et al.* (2002), a degradação das pastagens ocorre com perda de matéria orgânica proporcional à sua concentração no solo, além de outros nutrientes. Nas áreas de cana-de-açúcar em Lat\_23S, a prática da queima, que ocorreu por mais de uma década, provavelmente associa-se aos valores de IMC abaixo de 30. Além disso, a atual retirada de parte da palha para produção de energia pode apresentar efeitos negativos sobre a MOS. Segundo Cerri *et al.* (2003), há artigos que relatam os efeitos da conservação dos restos culturais dos canaviais, evidenciando que sistemas que não utilizam a queima na colheita favorecem o acúmulo de MOS (sequestro de C) por permitir que resíduos que antes eram queimados sejam incorporados ao solo. Além disso, com o abandono da prática da queima ocorre redução da emissão de GEE (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>).

## CONCLUSÕES

Os valores de IMC inferiores a 100 apresentados por todas as áreas estudadas mostram que mudanças no uso da terra, ou seja, a substituição de vegetação natural, acarreta em impactos negativos sobre a qualidade da MOS. Nenhum sistema estudado foi capaz de manter ou melhorar a qualidade do solo se comparado a vegetação nativa.

Com exceção de Lat\_17S, que apresentou valores de IMC muito próximos tanto sob pastagem quanto sob cultivo de cana-de-açúcar, a conversão entre esses sistemas ocasionou impactos negativos sobre a qualidade da MOS nas demais áreas, visto que os valores de IMC sob o sistema de cultivo de cana-de-açúcar são menores do que em pastagem.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A. de et al. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. *Acta Amazonica*, v.41, n.1, Manaus, 2011.

BLAIR, G.J.; LEFROY, R.D.B.; LISLE, L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.46, p.1459-1466, 1995.

CARDOSO, E. L. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.45, n.9, p.1028-1035, set. 2010

CERRI, C.C et al. Balanço de gases nos sistemas de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003. Anais. Ribeirão Preto, Universidade Estadual de São Paulo, 2003. CD-ROOM.

NEUFELDT, H.; RESCK, D.V.S. & AYARZA, M.A. Texture and land-use effects on soil organic matter in Cerrado Oxisols, Central Brazil. *Geoderma*, v.107, p.151-164, 2002.

ROSCOE, R. et al. Soil organic matter dynamics in density and particle size fractions as revealed by the <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C isotopic ratio in a Cerrado's Oxisol. *Geoderma*, v.104, p.185-202, 2001.

SCHAEFER, C. E. R. et al. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 5, p. 669-678. 2002.

SILVA, E. F. da et al. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.46, n.10, p.1321-1331, out. 2011

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2012. Área Plantada com cana-de-açúcar, 2012 – 2012. Disponível em: <<http://www.unicadata.com.br/>> Acesso em: 05 maio 2015.

VIEIRA, F.C.B.; BAYER, C.; ZANATTA, J.A.; DIECKOW, J.; MIELNICZUK, J.; HE, Z.L. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. *Soil and Tillage Research*, v.96, p.195-204, 2007.





**Figura 1** – Número de resumos apresentados em cada Comissão da SBCS nas últimas três edições do Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (hipotético).