

# MODELAGEM DA DINÂMICA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO EM SISTEMA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA USANDO CQESTR

LEITE L.F.C.<sup>(1)</sup> MADARI B.E.<sup>(2)</sup> MACHADO P.L.O.A.<sup>(2)</sup> & DORAISWAMY P.C.<sup>(3)</sup>

**Resumo** – O Sistema Integração Lavoura-Pecuária tem sido considerado como alternativa para a melhoria da qualidade do solo especialmente para áreas do cerrado brasileiro. Para verificar o impacto, em médio e longo prazos, de sistemas de manejo sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo, tem sido recomendado o uso de modelos de simulação. CQESTR é um modelo mecanístico, considerado simples, pois requer menor número de variáveis de entrada e tem sido calibrado e validado apenas para região temperada. Os objetivos deste estudo foram: a) comparar estoques de carbono medidos por meio de método analítico e simulados pelo modelo CQESTR e; b) avaliar o efeito do Sistema Integração Lavoura-Pecuária sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo por meio do modelo CQESTR. A área em estudo, sob floresta nativa de cerrado até 1983, foi cultivada com soja em sistema convencional por 10 anos, até a instalação do experimento, em 1993. Os sistemas estudados foram: Integração Lavoura-Pecuária com rotação (soja-milho/braquiária) a cada 4 anos (ILP4); Integração Lavoura-Pecuária com rotação (soja-milho/braquiária) a cada 2 anos (ILP2); Plantio direto com rotação soja-milho (PD-SM); Integração Lavoura-Pecuária com rotação (arroz/braquiária) a cada 3 anos (ILP3) em plantio convencional; Plantio convencional sob cultivo do arroz (PC-A). Com exceção do sistema ILP3, CQESTR superestimou os estoques de carbono orgânico. No entanto as diferenças entre valores medidos e simulados foram pequenas, variando de 0,1 (PD-SM) a 15% (PC-A) o que demonstra o potencial do modelo em simular dinâmica da matéria orgânica em solo tropical. Os sistemas ILP4 e ILP2 apresentaram tendência para aumento dos estoques de carbono em médio e longo prazos e podem ser considerados estratégias de manejo para melhoria da qualidade do solo e seqüestro de carbono em áreas do cerrado brasileiro.

## Introdução

O Sistema Integração Lavoura-Pecuária (SILP) tem sido recomendado com estratégia de manejo eficiente para melhorar a qualidade do solo em áreas do cerrado brasileiro (Kluthcouski *et al.* [1]). Para avaliar o impacto deste sistema sobre a dinâmica

da matéria orgânica do solo (MOS), é importante, além dos métodos analíticos, a utilização de modelos de simulação. Estes modelos são ferramentas úteis para estimar mudanças climáticas, testar cenários específicos e desenvolver estratégias que mitiguem os impactos negativos dessas mudanças (Smith *et al.* [2]). CQESTR é um modelo de simulação calibrado e validado para regiões temperadas e que simula o efeito de práticas de manejo sobre os estoques de carbono (Rickman *et al.* [3]). Embora mecanístico, CQESTR é considerado um modelo simples, devido essencialmente ao menor número de variáveis de entrada requeridas, o que possibilita seu uso em áreas com escassez de informações. As principais variáveis de entrada são o teor inicial de matéria orgânica do solo, a densidade do solo, a classe textural e as temperaturas e precipitações médias mensais. Apesar de sua simplicidade, são escassos estudos com CQESTR em solos temperados e inexistentes em solos tropicais. Neste sentido, os objetivos do trabalho foram: a) comparar estoques de carbono medidos por meio de método analítico e simulados pelo modelo CQESTR e; b) avaliar o efeito do Sistema Integração Lavoura-Pecuária sobre a dinâmica da matéria orgânica do solo por meio do modelo CQESTR.

**Palavras-chave:** modelo de simulação, cerrado, seqüestro de carbono.

## Material e Métodos

O estudo foi realizado em Santo Antônio de Goiás-GO (16° 28' S e 49° 17' W) em área pertencente à Embrapa Arroz e Feijão. Segundo a classificação de Koppen, o município apresenta clima Aw, tropical de savana, megatérmico. A temperatura média anual é de 22,8°C e o mês de julho apresenta a menor média de temperaturas mínimas (13,8°C) enquanto o mês de setembro, a maior média de temperaturas máximas (31,2°C). A precipitação pluvial média anual e a umidade relativa do ar média anual são de 1468 mm e 71%, respectivamente. O solo é o Latossolo Vermelho-Escuro (580 g argila kg<sup>-1</sup>) fase cerradão subperenifólio, relevo plano. A área sob estudo foi coberta por floresta nativa de cerrado até o ano de 1983. A partir daí, passou-se a cultivar a soja sob sistema de preparo convencional por cerca de 10 anos até a instalação do experimento ocorrida em 1993. Os sistemas estudados foram: Integração

<sup>1</sup> Primeiro Autor é Pesquisador da Embrapa Meio-Norte. Caixa Postal 01, 64006-220, Teresina-PI. [luizf@cnamn.embrapa.br](mailto:luizf@cnamn.embrapa.br)

<sup>2</sup> Segundo e Terceiro Autores são Pesquisadores da Embrapa Arroz e Feijão. Caixa Postal 179, 75375-000, Santo Antônio de Goiás-GO.

<sup>3</sup> Quarto Autor é Pesquisador do Agricultural Research Service (USDA/ARS). Beltsville, MD, 20705, USA.

Lavoura-Pecuária com rotação (soja-milho/braquiária) a cada 4 anos (ILP4); Integração Lavoura-Pecuária com rotação (soja-milho/braquiária) a cada 2 anos (ILP2); Plantio direto com rotação soja-milho (PD-SM); Integração Lavoura-Pecuária com rotação (arroz/braquiária) a cada 3 anos (ILP3) em plantio convencional; Plantio convencional sob cultivo do arroz (PC-A). Em cada sistema, foram coletadas amostras de solo na camada de 0-20 cm, nos anos de 1997, 1998, 1999, 2001, 2004 e 2005 para determinação do carbono orgânico do solo (COS) de acordo com Embrapa [4]). As simulações da dinâmica da MOS foram realizadas com o modelo CQESTR, desenvolvido e avaliado com uma base de dados originária de experimentos de longa duração em Oregon, Estados Unidos, envolvendo sistemas de preparo e de cultura e fertilização. Para realizar avaliações mais criteriosas acerca das estimativas do modelo, os valores das variáveis determinados a partir destes estudos prévios foram inalterados. Estas variáveis gerais ou não específicas dos locais estudados incluem a taxa de decomposição máxima da matéria orgânica, as constantes que dividem os fluxos dos produtos de decomposição e as variáveis que controlam os efeitos da textura do solo, da temperatura e da umidade na decomposição da matéria orgânica do solo. As principais variáveis de entrada utilizadas no modelo foram relativas ao solo (teor inicial de matéria orgânica, densidade do solo e classe textural), às culturas utilizadas (densidade populacional e produtividade) e ao clima (temperaturas e precipitação médias mensais). Os estoques de COS medidos por meio de método analítico e simulados pelo modelo foram comparados. Para cada sistema, CQESTR simulou para um período de 62 anos (1982-2044), representando a derrubada da floresta nativa, o cultivo convencional da soja, a instalação dos sistemas e a criação de cenários futuros.

## Resultado e Discussão

Com exceção do sistema ILP3, o modelo CQESTR superestimou os estoques de carbono orgânico do solo. No entanto, as diferenças entre os valores medidos e simulados foram pequenas (2,1 a 10 %, ILP4; 5,8 a 13,8 %, ILP3; 0,10 a 6,1 %, PD-SM; 1,6 a 15 %, ILP3 e 5,9 a 15 %, PC-A (Figura 1). Estes resultados estão no mesmo nível de magnitude daqueles observados para modelos de simulação mais utilizados e de maior complexidade, como o Century (Leite et al. [5]), o que demonstra o potencial em simular a dinâmica da matéria orgânica em solo tropical. Por outro lado, para melhorar as predições do modelo, especialmente para simular SILP, há a necessidade de se incluir algumas variáveis de entrada, associadas, por exemplo, ao período em que o solo está sob pastagem. A fração relativa ao carbono consumido pelos animais e excretado via urina ou fezes ou mesmo o teor de lignina das fezes pode melhorar o desempenho do modelo. CQESTR estimou

diminuição dos estoques de COS após a remoção da floresta nativa. Esta tendência permaneceu mesmo após a adoção dos sistemas de manejo. Em 2000, os estoques de COS variaram de 34 (PD-SM e PC-A) a 36 Mg ha<sup>-1</sup> (ILP4 e ILP2) o que significou redução de 26 e 22 %, respectivamente, em relação ao estoque original (Figura 2) No entanto, a partir de 2007, os sistemas com integração lavoura-pecuária em plantio direto passaram a aumentar os estoques de COS e, em 2040, as estimativas do modelo foram de 49 (ILP4) e 57 Mg ha<sup>-1</sup> (ILP2). Estes resultados realçam a importância do SILP associado ao plantio direto em melhorar a qualidade do solo e contribuir para o sequestro de carbono. Por outro lado, o ILP3, com arroz na rotação em preparo convencional e os sistemas apenas com rotação de culturas, mantiveram a tendência de diminuição dos estoques de COS. Em 2040, os valores estimados foram de 26, 22 e 16 Mg ha<sup>-1</sup> para ILP3, PD-SM e PC-A, respectivamente. Nestes sistemas, a maior oxidação do carbono orgânico provocada pelo excesso de preparo do solo e o menor aporte de biomassa, pressupostos considerados no modelo, contribuíram para estes decréscimos (Figura 2).

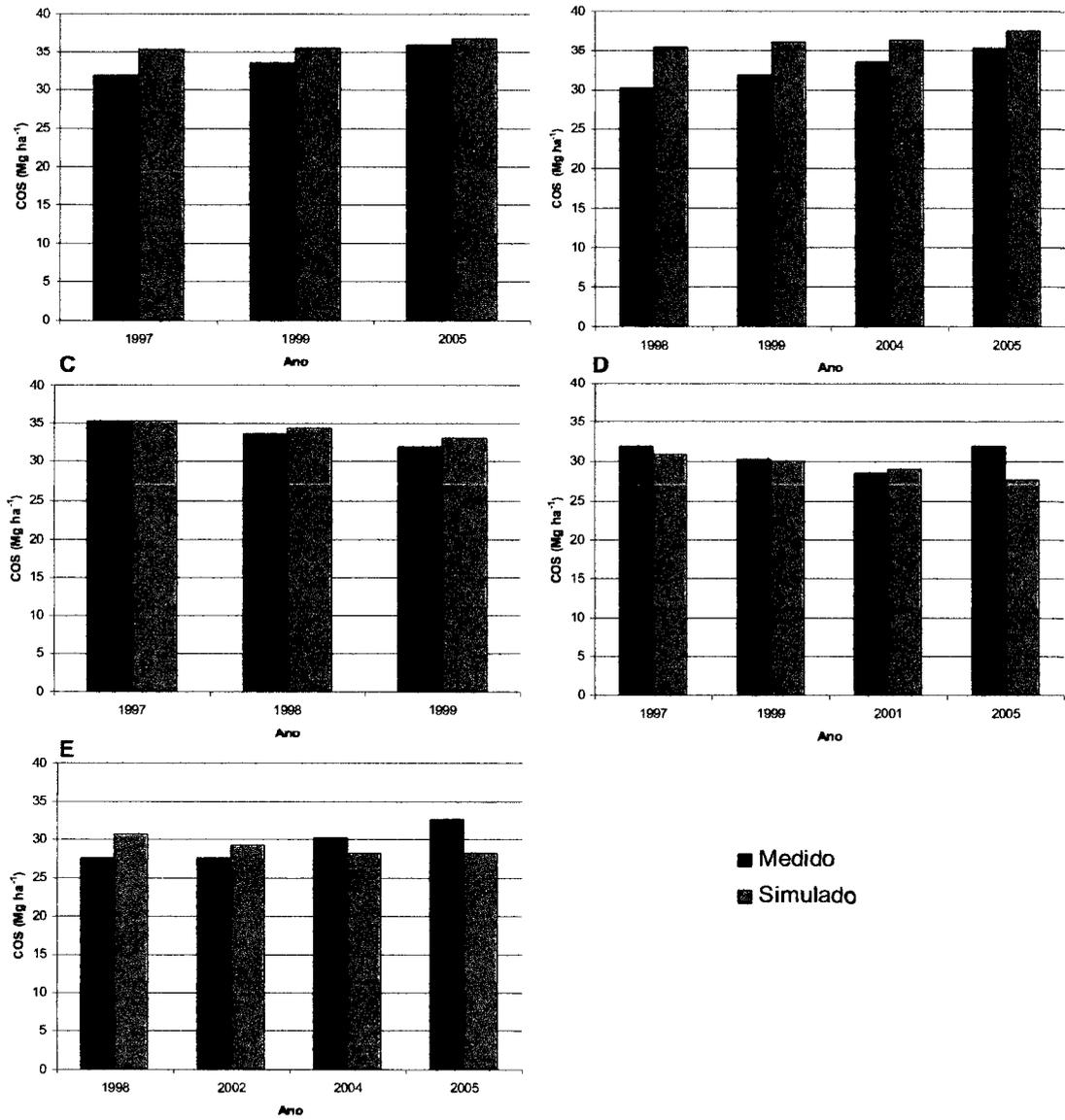
## Conclusões

As diferenças entre os estoques de carbono medidos e simulados pelo CQESTR foram pequenas (<15%) o que indica um potencial do modelo em simular dinâmica da matéria orgânica em solo tropical.

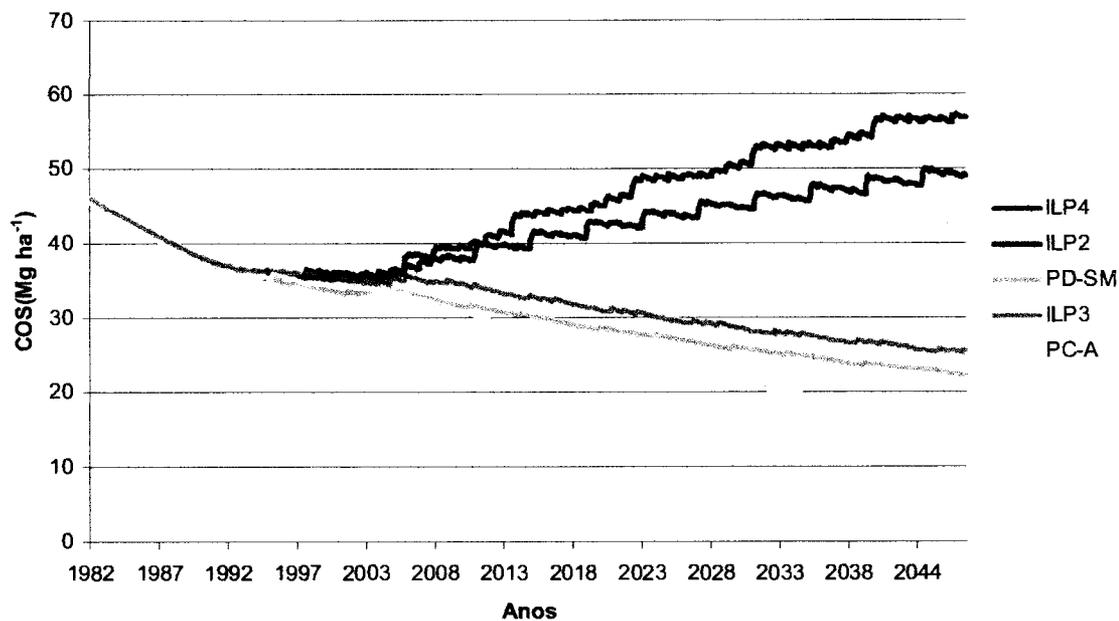
Os Sistemas Integração Lavoura-Pecuária com rotação a cada 4 e 2 anos apresentaram tendência para aumento dos estoques de carbono em médio e longo prazos e podem ser considerados estratégias de manejo para melhoria da qualidade do solo e sequestro de carbono em áreas do cerrado brasileiro.

## Referências

- [1] Kluthcouski, J.; Stone, L.F.; Aida, H. Integração Lavoura-Pecuária. Santo Antônio de Goiás-GO. Embrapa Arroz e Feijão, 2003, 570p.
- [2] Smith, P; Fallon, P.; Coleman, K.; Smith, J.; Piccolo M.; Cerri, C; Bernoux, M.; Jenkinson, D.; Ingram, J.; Szabo J.; Pasztor, L. Modeling soil carbon dynamics in tropical ecosystems. in: Lal, R.; Kimble, J. M.; Follet, R. F.; Stewart, B.A. (eds) Global climate change and tropical soils. advances in soil science, 341-364, 2001.
- [3] Rickman, R.W., Douglas Jr., C.L, Albrecht, S.L., Bundy, L.G, Berc, J.L. CQESTR: a model to estimate carbon sequestration in agricultural soils. *Journal of Soil and Water Conservation* 56, 237-242. 2001.
- [4] EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solos. 2ª ed. Rio de Janeiro, 1999
- [5] Leite, L.F.C., Mendonca, E.S., Machado, P.L.O.A. Simulating trends in soil organic carbon of an Acrisol under no-tillage and disc-plough systems using the Century model. *Geoderma* 120, 283-295, 2004.



**Figura 1.** Estoques de carbono orgânico do solo (COS) medidos e simulados pelo modelo CQESTR para a camada de 0-20 cm nos sistemas ILP4 (A), ILP2 (B), PD-SM (C), ILP3 (D) e PC-A (E).



**Figura 2.** Dinâmica do carbono orgânico do solo (COS) (0-20 cm) simulado pelo modelo CQESTR sob diferentes sistemas de manejo: Integração Lavoura-Pecuária com rotação (soja-milho/braquiária) a cada 4 anos (ILP4); Integração Lavoura-Pecuária com rotação (soja-milho/braquiária) a cada 2 anos (ILP2); Plantio direto com rotação soja-milho (PD-SM); Integração Lavoura-Pecuária com rotação (arroz/braquiária) a cada 3 anos (ILP3) em plantio convencional; Plantio convencional sob cultivo do arroz (PC-A).