



## Estoque de carbono em pastagens no Brasil: uma revisão <sup>(1)</sup>.

**Daniele Costa de Oliveira<sup>(2)</sup>; Carlos Eduardo Pellegrino Cerri<sup>(3)</sup>.**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – Fapesp, processo 2014/21273-8

<sup>(2)</sup> Estudante de doutorado em Solos e Nutrição de Plantas; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP; Piracicaba, SP; [danielecoliveira@usp.br](mailto:danielecoliveira@usp.br); bolsista Fapesp <sup>(3)</sup> Professor associado; Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP; [cepcerri@usp.br](mailto:cepcerri@usp.br).

**RESUMO:** A mudança de uso da terra tem potencial de manter, diminuir ou elevar o teor e/o estoque de C no solo. Esse trabalho objetivou integrar os resultados da literatura sobre as alterações no teor e no estoque de carbono sob vegetação nativa e pastagens brasileiras. Realizou-se uma busca nas bases de dados *Web of Science* e *SciELO*, selecionando 36 artigos. Os dados foram classificados de acordo com a vegetação nativa. Posteriormente, os resultados da região do Cerrado foram agrupados de acordo com a textura do solo. Por fim, nos solos argilosos, os dados foram separados pelo uso da terra e submetidos a análise de variância e a teste de médias. O teor de C, em média, foi maior na vegetação nativa do que nas pastagens devido ao maior aporte de matéria orgânica. O C no solo aumenta proporcionalmente ao teor de argila, devido a maior quantidade de sítios reativos e a oclusão do C dentro dos agregados dos solos. O estoque de C foi maior na vegetação nativa nos solos de textura média e arenosa, entretanto, nos solos argilosos o valor máximo foi maior nas pastagens. Quando os pastos se encontravam degradados, estes apresentaram menor teor de C no solo. Por outro lado, as pastagens produtivas apresentaram teor de C semelhante à vegetação nativa. A adoção da integração lavoura-pecuária proporcionou um aumento nos teores de C no solo. O uso da terra e o manejo adotado contribuem para aumentar ou diminuir o estoque de C no solo.

**Termos de indexação:** uso da terra, pasto degradado, sistema de integração lavoura-pecuária (SILP).

### INTRODUÇÃO

O solo é um dos principais reservatórios de carbono (C) do planeta. Estima-se que a litosfera armazene 1550 Pg de C (10<sup>9</sup> toneladas), duas vezes mais que o estoque de C na vegetação e na atmosfera (CARVALHO et al., 2010). Mudanças no uso da terra e tipo de manejo adotado podem resultar em emissões ou sequestro de C.

A conversão da vegetação nativa para pastagem tem potencial de manter, diminuir ou elevar o estoque de C no solo (BERNOUX et al 1999;

DESJARDINS et al., 2004; BARRETO et al., 2008; ARAÚJO et al., 2011). Contudo, encontra-se na literatura dados divergentes. Em geral, essa conversão leva à diminuição do estoque de C nos anos iniciais das pastagens e um subsequente acúmulo com o avançar do tempo (ARAÚJO et al., 2011). Porém, se a pastagem não for bem manejada pode levar a contínuo declínio do C.

Estima-se que 70% das pastagens brasileiras se encontram com algum grau de degradação (SANO et al., 2008). Nesse trabalho definimos pastagem degradada como o pasto que perdeu sua capacidade máxima de lotação, apresentando-se com infestação de plantas espontâneas e/ou solo descoberto.

A falta de manejo adequado associado à alta taxa de lotação de animais contribui para esse cenário. Contudo, diversos autores relatam que o manejo adequado de pastagem eleva o estoque de C do solo (PAUSTIAN et al., 2007; HUTCHINSON et al., 2007; CRISTOPHER, 2007).

Diante o exposto o objetivo desse trabalho foi integrar os resultados da literatura sobre as alterações no teor e no estoque de carbono sob vegetação nativa e pastagens no Brasil.

### MATERIAL E MÉTODOS

Foram compilados dados da literatura sobre o acúmulo de C em pastagem no Brasil. Os dados foram obtidos através de busca nas bases de dados *Web of Science* e *SciELO*. Uma busca inicial foi realizada utilizando as seguintes palavras-chave: *Brazil*, *soil carbon stock* e *pasture*. Devido ao pequeno número de artigos encontrado foram incluídas mais três palavras-chave: *tropical weather*, *organic matter* e *agriculture*. Na segunda pesquisa foram encontrados mais de mil artigos em inglês, português e espanhol, publicados a partir de 1989.

Os artigos foram avaliados a fim de selecionar os que atendiam aos critérios de seleção. Os critérios de seleção dos artigos foram: estudos realizados no Brasil, avaliação de pastagem, avaliação sobre teor ou estoque de C na camada de 0 a 10 cm. Dentre os artigos encontrados, 36 trabalhos científicos atendiam aos critérios de seleção, resultando em 51 experimentos.



Os dados foram agrupados de acordo com o bioma da vegetação nativa em: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa. Em seguida os dados dos experimentos cuja vegetação nativa era o Cerrado foram agrupados de acordo com a textura do solo. Escolheu-se o Cerrado por ser a região do Brasil com mais área sob pastagem. Posteriormente, os dados de teor de C em solos argilosos foram agrupados em diferentes tipos de uso do solo. O teor de C nos diferentes usos da terra foi submetido à análise de variância e a teste de médias, utilizando o software estatístico SAS.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Dos 51 experimentos que avaliaram teor e/ou estoque de carbono, três eram na região do Pampa, seis na Mata Atlântica, 37 na Amazônia e 20 no Cerrado. Na **tabela 1** encontram-se os valores máximo e mínimo de teor e estoque de C nas vegetações nativas e em pastagens.

**Tabela 1** – Teor e estoque de C na camada 0-10 cm de solo nas regiões Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica e Pampa na vegetação nativa e pasto.

Bioma	Teor de C (g kg <sup>-1</sup> )	
	V. Nativa	Pasto
Amazônia	10,5 – 43,5	3,9 – 45,5
Cerrado	6,6 – 86	5 – 44
Mata Atlântica	16,3 – 28,8	25,6 – 33,3
Pampa	-	-
Estoque de C (Mg ha <sup>-1</sup> )		
Amazônia	22 – 33,4	16,7 – 41,9
Cerrado	9 – 33,9	6,4 – 36,9
Mata Atlântica	20,7 – 33,9	19,5 – 33
Pampa	18,5	5,3 – 46

Nem todos os artigos consultados apresentaram dados de teor e estoque de C. Então vale ressaltar que os valores de estoque de C apresentados foram retirados da literatura e não calculado a partir dos teores de C encontrados.

Existe uma grande amplitude entre os valores máximo e mínimo de teor e estoque de C em todas as regiões. Contudo, a região do Cerrado apresentou a maior amplitude. Essa grande variação é devida as diferentes condições ambientais de cada experimento. O teor de C no solo, e conseqüentemente o estoque, variam com a temperatura, precipitação, teor de argila, manejo adotado, atividade microbiana, entre outros (CARDOSO et al., 2010; COSTA JR et al., 2011).

O teor de C, em média, foi maior na vegetação nativa do que nas pastagens. Vários trabalhos apresentam essa tendência (ARAÚJO et al., 2011;

COSTA JR et al., 2011; BRAZ et al., 2013). Normalmente, as pastagens brasileiras são implantadas após o corte e queima da vegetação nativa (ARAÚJO et al., 2011; BRAZ et al., 2013). Como o aporte de matéria orgânica é menor nas pastagens há um declínio do teor de C no solo após a implantação das mesmas (CARDOSO et al., 2010). Dentre as regiões o teor de C em média foi maior no Cerrado seguido pela Amazônia e a Mata Atlântica.

Na região da Mata Atlântica não houve muita variação no estoque de C na vegetação nativa e nas pastagens. Nas demais regiões, os valores mínimos de estoque foram maiores na vegetação nativa. Por sua vez, os valores máximos foram maiores nos pastos. Esse comportamento evidencia que dependendo das condições edafoclimáticas, tempo de implantação e manejo adotado nas pastagens é possível manter e até aumentar o estoque de C no solo (ARAÚJO et al., 2011).

O teor de argila influência no teor e estoque de C do solo (COSTA JR et al., 2011; SILVA et al., 2011). Para compreender melhor esse efeito foi efetuado um desdobramento dos dados da região do Cerrado, de acordo com a classe textural do solo (**Tabela 2**). Escolheu-se essa região, pois nela encontra-se grande parte das pastagens brasileiras.

**Tabela 2** – Teor e estoque de C na camada 0-10 cm de solo na vegetação nativa e pasto em diferentes texturas de solo na região do Cerrado.

Textura	Teor de C (g kg <sup>-1</sup> )	
	V. Nativa	Pasto
Argiloso	15,5 – 86	13,5 – 44
Arenoso	6,6 – 6,95	5 – 10
Média	6,7 – 39	7,9 – 36,5
Estoque de C (Mg ha <sup>-1</sup> )		
Argiloso	22,6 – 33,9	14 – 36,9
Arenoso	9 – 22,	6,4 – 16,7
Média	14 – 33,4	12,8 – 35,5

Pode-se observar que ao separar os dados de acordo com a textura do solo diminui-se a amplitude de variação. Percebe-se a grande influência da quantidade de argila no teor e, conseqüentemente, no estoque de C no solo. À medida que se aumenta o teor de argila aumenta o C no solo. A matéria orgânica forma diferentes tipos de ligação com a superfície da fração argila, ajudando na floculação e a formação de agregados, podendo a matéria orgânica ficar oclusa nos agregados, protegendo-a fisicamente da degradação (SILVA & MENDONÇA 2007; COSTA JR et al., 2011; SILVA et al., 2011). Por outro lado, nos solos mais arenosos podem ocorrer perdas de C através lixiviação de carbono



dissolvido, contribuindo ainda mais para o menor acúmulo de C nesse tipo de solo.

Nos solos de textura média e arenosa o teor e estoque de C foram maiores na vegetação nativa. Por outro lado, nos solos argilosos o valor máximo foi maior nas pastagens. A argila exerce tanta influência devido à proteção física e pela sua maior superfície específica, o que leva a maior área para interações com a matéria orgânica do solo (SILVA & MENDONÇA 2007; COSTA JR et al., 2011).

O uso da terra e o manejo adotado também interferem na dinâmica da matéria orgânica do solo. Por isso, os dados foram desdobrados para os solos argilosos, da região do Cerrado, nos diferentes usos da terra (**Tabela 3**).

**Tabela 3** – Teor de C na camada 0-10 cm de solo solos argilosos do Cerrado sob diferentes usos de terra.

Tipo de Manejo	Teor de C
Vegetação Nativa	27,3 ab
Pasto Produtivo	28,5 ab
Pasto Degradado	18,8 b
Sistema de integração lavoura-pecuária - SILP	35,9 a

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey a 5 % de probabilidade

A maior parte das pastagens do Brasil é explorada de forma extensiva e normalmente com número de animais maior do que a capacidade de suporte (superpastejo), o que leva a uma diminuição da sua capacidade de lotação e posteriormente a degradação das pastagens (SALTO et al., 2005). Sano et al. (2008) estimam que pelo menos 70% das pastagens do Brasil encontram-se com algum grau de degradação. A degradação inicia-se com a diminuição da fertilidade do solo e da capacidade de lotação, posteriormente ocorre a infestação com plantas espontâneas e o aparecimento de porções do solo desnudo (OLIVEIRA & CORSI, 2005).

Em todos os artigos consultados os pastos degradados apresentaram menor teor de C no solo. Esse declínio no teor de C deve-se ao fato da pastagem degradada ter menor aporte de resíduo vegetal, e porções de solo desnudo. Dessa forma, a baixa quantidade de C que entra no solo não é capaz de suprir a demanda dos microrganismos presentes (CARDOSO et al., 2010). Por isso, eles utilizam a matéria orgânica já presente no solo para seu desenvolvimento, levando ao decréscimo de C principalmente os que se encontram em formas mais facilmente decomponíveis (BARRETO et al., 2008).

Oliveira & Corsi (2005) estimaram que se as pastagens degradadas do Brasil adotassem técnicas

de recuperação de pastagens seria possível dobrar o rebanho nacional.

Quando as pastagens se encontravam produtivas, ou seja, não estavam degradadas, elas apresentaram teor de C semelhante à vegetação. A adoção de práticas de manejo como calagem, adubação, consórcio com leguminosas ou simplesmente o controle da lotação possibilitam a manutenção dos teores de C próximos ou até mais elevados que os da vegetação nativa (OLIVEIRA e CORSI, 2005; SILVA et al., 2011).

A implantação do SILP apresentou os maiores teores de C no solo. Isso é devido ao fato de que no SILA ocorre aporte de resíduos orgânicos de maior tamanho, o que leva a uma menor decomposição pelos microrganismos (SILVA et al., 2011).

A adoção do SILP proporciona também maior intensificação do cultivo, uma vez que são produzidos, na mesma área, vários produtos agropecuários, diminuindo, assim, a pressão por novas áreas de cultivos (OLIVEIRA e CORSI, 2005; SILVA et al., 2011).

## CONCLUSÕES

A região da Amazônia apresenta maior estoque de C seguida das regiões da Mata Atlântica, Cerrado e Pampa.

A adoção de práticas de manejo nas pastagens permite a manutenção dos teores de C semelhantes a vegetação nativa.

A integração lavoura-pecuária é uma alternativa para aumentar o estoque de C e intensificar a produção agropecuária.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fapesp e Capes pela concessão de bolsa para a primeira autora desse trabalho.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. A., et al. Impacto da conversão floresta - pastagem nos estoques e na dinâmica do carbono e substâncias húmicas do solo no bioma Amazônico. *Acta Amazonica*, 41:103-114, 2011.

BARRETO, A. C. et al. Fracionamento químico e físico do carbono orgânico total em um solo de mata submetido a diferentes usos. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 32:1471-1478, 2008.

BERNOUX, M. et al. Carbono e nitrogênio em solo de uma cronosequência de floresta tropical - pastagem de Paragominas. *Sci. agric.*, 56:777-783, 1999.



BRAZ, S. P. et al. Soil carbon stocks under productive and degraded pastures in the Brazilian Cerrado. *Soil Science Society of America Journal*, 77:914-928, 2013.

CARDOSO, E. L. et al. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. *Pesq. agropec. bras.*, 45:1028-1035, 2010.

CARVALHO, J. L. N. et al. Impact of pasture, agriculture and crop-livestock systems on soil C stocks in Brazil. *Soil and Tillage Research*, 110:175-186, 2010.

COSTA JR, C. et al. Carbono total e  $\delta^{13}C$  em agregados do solo sob vegetação nativa e pastagem no bioma cerrado. *Rev. Bras. Ciênc. Solo*, 35:1241-1252, 2011.

CHRISTOPHER, S.F. Nitrogen management affects carbon sequestration in North American cropland soils. *Crit. Rev. Plant Science*, 26:45–64, 2007.

DESJARDINS, T. et al. Effects of forest conversion to pasture on soil carbon content and dynamics in Brazilian Amazonia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 103:365-373, 2004.

HUTCHINSON, J.J., CAMPBELL, C.A., DESJARDINS, R.L. Some perspectives on carbon sequestration in agriculture. *Agriculture For. Meteorol.*, 142: 288–302, 2007.

OLIVEIRA, P. P. A. & CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas para sistemas intensivos de produção de bovinos. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 23p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Circular Técnica, 38).

PAUSTIAN, K. et al. Agricultural soils as a sink to mitigate CO<sub>2</sub> emissions. *Soil Use Manage.*, 13: 230–244; 1997.

Salton, J. C. et al. Matéria orgânica do solo na integração lavoura-pecuária em Mato Grosso do Sul. . Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2005. 58p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29).

SANO, E.E.; BARCELLOS, A.O.; BEZERRA, H.S.. Assessing the spatial distribution of cultivated pastures in the Brazilian Savanna. *Pasturas Tropicales*, 22:2-15, 2008.SANO et al., 2008

SILVA, E. F. et al. Frações lábeis e recalcitrantes da matéria orgânica em solos sob integração lavoura-pecuária. *Pesq. agropec. bras.*, 46:1321-1331, 2011.

SILVA, I. R. & MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: NOVAIS, R. F. et al. *Fertilidade do solo*. 1.ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. P.275-374.