



VALORAÇÃO DOS ESTOQUES DE CARBONO E NITROGÊNIO NO SOLO SOB PASTAGENS NATIVAS DE ÁREAS ÚMIDAS NO PANTANAL

Evaldo Luis Cardoso – Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Pantanal, Email: evaldo.cardoso@embrapa.br

Sandra Aparecida Santos – Zootecnista, Doutora em Zootecnia, Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Email: sandra.santos@embrapa.br

Ana Helena Bergamin Marozzi Fernandes - Engenheira Agrônoma, Mestre em Agronomia, Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Email: ana.marozzi-fernandes@embrapa.br

Fernando Antonio Fernandes - Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências, Pesquisador da Embrapa Pantanal, Email: fernando.fernandes@embrapa.br.

Márcia Divia de Oliveira – Bióloga, Doutora em Ecologia, Pesquisadora da Embrapa Pantanal, Email: marcia.divina@embrapa.br

Fábio Takahashi - Engenheiro de Alimentos, Doutor em Engenharia de Alimentos, Professor/Pesquisador da Universidade Federal de Viçosa-Campus Florestal, Email: fabiotak@ufv.br

RESUMO: O objetivo deste trabalho foi estimar a valoração dos estoques de C e N no solo sob diferentes estados de conservação de pastagens nativas de áreas úmidas no Pantanal. O estado de conservação das pastagens (ECP) foi determinado a partir do percentual de cobertura de espécies forrageiras: ótimo (> 80% de cobertura de forrageiras), regular (65 a 80% de cobertura de forrageiras) e marginal (15 a 65% de cobertura de forrageiras). Amostras de solo foram coletadas em cada ECP e submetidas a análise dos teores de C e N e cálculo dos estoques em diferentes camadas. A valoração foi realizada com base na análise emergética, o que permitiu quantificar o valor monetário dos serviços ecossistêmicos das pastagens nativas. As pastagens nativas localizadas em áreas úmidas armazenam expressivamente maiores estoques de C e N do que aquelas de áreas não sujeitas ao regime de inundação sazonal. A diminuição do ECP promoveu significativa redução nos estoques de C e N. O valor monetário do serviço de suporte do solo, expresso pelo armazenamento de C e N, foi maior nas pastagens nativas melhor conservadas.

Palavras-Chave: Análise emergética. Serviços ecossistêmicos. Sustentabilidade.

VALUATION OF CARBON AND NITROGEN STOCKS IN SOIL UNDER OF NATIVE GRASSLANDS IN THE PANTANAL

ABSTRACT: The objective of this study was to estimate the valuation of C and N stocks in soil under different conservation status of native grasslands from Pantanal wetlands. The pasture conservation status (PCS) was determined from the percentage of soil cover with forage species: (> 80% soil cover), regular (65 to 80% soil cover) and marginal (15 to 65% soil cover). Soil samples were collected in each PCS area and were submitted to analysis in order to determine the C and N contents and calculate its stocks in the different soil layers. The valuation of the soil C and N stocks was done based on emergy analysis, which allowed the monetary value quantification of the native pastures ecosystem services. The native pastures placed on wetlands store significantly larger soil C and N stocks than those in areas not subject to seasonal flooding. The decrease in PCS promoted a significant reduction in the soil C and N stocks. The monetary value of the soil support service, expressed by the storage of C and N, was higher in the better-conserved pastures.

Keywords/Palabras-clave: Emergy analysis. Ecosystem services. Sustainability.



INTRODUÇÃO

Preocupações crescentes sobre mudanças climáticas globais, impulsionada pelo aumento das concentrações atmosféricas de gases de efeito estufa (GEE), tem intensificado o interesse sobre o sequestro de carbono (C) no solo como uma das estratégias para compensar as emissões antropogênicas de CO₂ (FU et al., 2010). O C presente no solo é um importante componente do reservatório terrestre, correspondendo a quase três vezes a quantidade armazenada na biomassa terrestre e duas vezes a quantidade armazenada na atmosfera (BERNOUX et al., 2006). O C e o nitrogênio (N) são os principais constituintes da matéria orgânica do solo e vários fatores têm sido apontados como controladores da magnitude e velocidade com que as mudanças se processam no seu conteúdo e qualidade. Compreender o potencial de sequestro de C no solo passa a ser crucial para o desenvolvimento de abordagens de manejo eficazes para a redução de concentrações de CO₂ na atmosfera (FU et al., 2010), bem como para a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas.

As pastagens nativas, por constituírem o mais valioso recurso natural renovável do Pantanal, ao terem seus serviços ecossistêmicos conhecidos e valorados podem evidenciar a relevância da conservação desses ecossistemas para a manutenção da sustentabilidade do Pantanal. Os serviços ecossistêmicos envolvem os bens e serviços que beneficia, direta ou indiretamente, a população humana (CONSTANZA et al., 1997) e podem ser classificados como de: provisão, suporte, regulação e cultural (MA, 2003). Os serviços ecossistêmicos podem ser valorados por meio da aplicação de diferentes abordagens. A avaliação Emergética (ODUM, 1996) constitui-se numa metodologia que procura recuperar toda a memória energética de uma mercadoria, convertendo, através de fatores de transformidade previamente calculados, todas as formas de energia utilizadas nos seu processo de formação/produção em equivalentes de energia solar.

No contexto de serviços ecossistêmicos e apoiada na avaliação emergética, este trabalho teve por objetivo estimar a valoração dos estoques de C e N armazenados no solo sob diferentes estados de conservação de pastagens nativas de áreas úmidas no Pantanal.

MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido na fazenda Nhumirim, área experimental da Embrapa Pantanal, cuja ocorrência de unidades de paisagem é bastante representativa da sub-região da Nhecolândia e sofre influência de inundação pluvial. Essa é uma das 11 sub- O estudo foi conduzido no campo experimental da Embrapa Pantanal, sub-região da Nhecolândia, onde as inundações são de origem pluvial. O estado de conservação das pastagens (ECP), localizadas em bordas de diferentes baías, foi determinado de acordo com o percentual de cobertura de espécies forrageiras, conforme Santos et al. (2014): ótimo (> 80% de cobertura de forrageiras), regular (65 a 80% de cobertura de forrageiras) e marginal (15 a 65% de cobertura de forrageiras). As pastagens nativas são manejadas sem incluir correção do solo ou qualquer tipo de adubação e a lotação animal pode variar de 0,2 a 0,5 UA ha⁻¹.

Na amostragem do solo foram abertas aleatoriamente três trincheiras de 1,5 m de profundidade em cada ECP e amostras coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm, com três repetições. A determinação do C e N foi realizada por combustão via seca em analisador elementar. Amostras para determinação da densidade do solo, utilizadas no cálculo dos estoques, foram



coletadas com anéis de Kopecky em mini trincheiras abertas em parcelas de 5 x 5 m cercadas com telas e vedadas ao pastejo por pelo menos três anos. Dessa forma, procurou-se evitar a superestimação dos estoques decorrentes de possíveis compactação do solo causada pelo pisoteio dos animais. Os estoques de C e N no solo foram calculados pela fórmula: Est de C ou N total (Mg ha^{-1}) = teor de C ou N total (g kg^{-1}) x densidade do solo (kg dm^{-3}) x espessura da camada de solo (cm)/10. Os resultados foram submetidos à análise de variância, adotando-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com três repetições (FERREIRA, 2011), e as comparações múltiplas de médias realizadas com o teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A valoração emergética foi realizada conforme a metodologia proposta por Odum (1996). Inicialmente foi construído um diagrama com os fluxos de entrada e saída do ecossistema, seguido da construção das tabelas emergéticas, para os cálculos dos fluxos em termos de energia, multiplicando-se cada fluxo pelo valor da transformidade e, finalmente foram calculados alguns índices emergéticos. Para valorar o serviço ecossistêmico considerou-se o valor de $1,18\text{E}+13\text{seJ/dólar}$, que refere-se à relação entre energia do país e o PIB do ano. A partir desta razão, foi possível converter e avaliar cada fluxo em energia do sistema em unidade monetária, o emdolar (Em\$), que pode ser empregado para estimar o valor em energia gasto no suporte da atividade humana.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estado de conservação das pastagens (ECP) nativas interferiu significativamente no armazenamento de C, especialmente nas camadas superficiais (Figura 1), onde ocorrem maiores deposições de material orgânico e a atividade da microbiota é mais intensa. Nota-se que houve um declínio linear no armazenamento de C nas camadas superficiais do solo a medida que o ECP piorou, de tal modo que nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente, foram constatadas reduções no estoque de C, aproximadamente de 63 e 67% no ECP regular e de 76 e 79% no ECP marginal. Ao considerar-se a camada de 0-100 cm, embora ainda com diferenças significativas de estoque de C entre os ECP, constatou-se que as reduções decresceram ligeiramente, correspondendo a 57% no ECP regular e 69% no ECP marginal. Embora o ECP tenha grande influência na capacidade de armazenamento de C no solo, ainda assim os valores nos ECP regular e marginal são expressivamente superiores aos reportados por Cardoso et al. (2010) em pastagens nativas do Pantanal não sujeitas ao regime de inundação sazonal, diferentemente das pastagens do presente estudo. Os autores encontraram valores de $6,38$ e $4,06 \text{ Mg ha}^{-1}$ nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente.

Em relação aos estoques de N no solo foi observado comportamento semelhante ao do C, ou seja, reduções significativas promovidas pela degradação do ECP nativas nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, entretanto, sem diferença significativa entre os ECP regular e marginal na profundidade de 10-20 cm (Figura 1). O declínio no armazenamento de N no solo com a redução do ECP, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm, foi, respectivamente, de 65 e 77% no ECP regular e de 79 e 80% no ECP marginal. Os estoques de N constatados no presente estudo são expressivamente superiores àqueles relatados para pastagens nativas não sujeitas a regime de inundação sazonal do Pantanal (CARDOSO et al., 2010), os quais são inferiores a $1,0 \text{ Mg ha}^{-1}$, nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm.



Os resultados, tanto para o armazenamento de C como N, evidenciam a complexidade do funcionamento dos ecossistemas do Pantanal, cuja biodiversidade e produtividade primária são fortemente influenciadas pelo regime de cheias, especialmente nas pastagens localizadas nas áreas úmidas, o que torna a região dinâmica no espaço e no tempo. Evidenciam ainda, a maior capacidade de armazenamento de nutrientes nas pastagens nativas de áreas úmidas, ressaltando a relevância de sua conservação para a sustentabilidade dos ecossistemas.

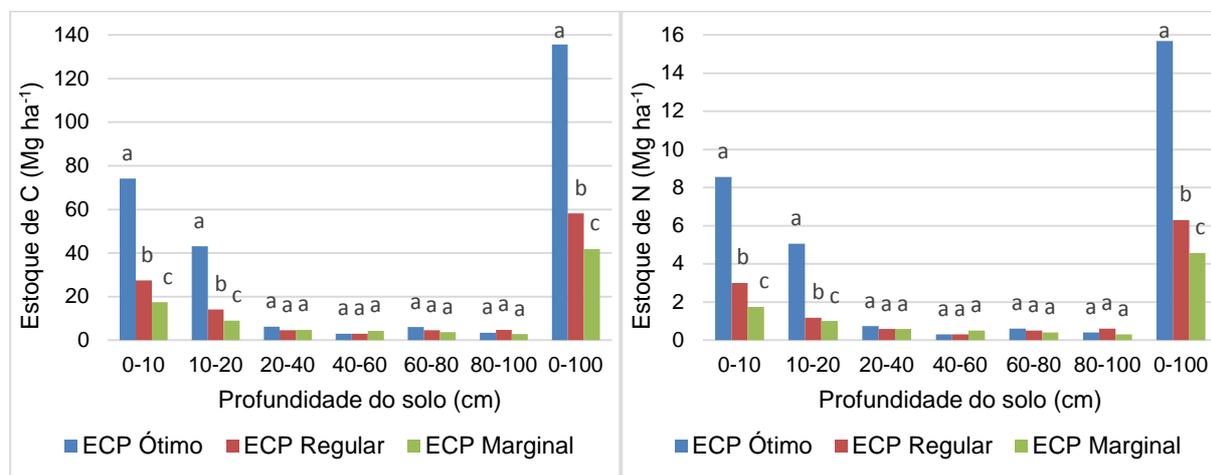


Figura 1. Estoques de C e N no solo sob diferentes estados de conservação de pastagens nativas (ECP) de áreas úmidas no Pantanal.

Os principais resultados da avaliação emergética são mostrados na Tabela 1. A transformidade (Tr) é a relação entre Y (energia total) e a quantidade de produto (kg), que no presente estudo refere-se a produção de bezerros e vacas de descarte. Este indicador avalia a eficiência do sistema e os resultados mostraram que as pastagens conservadas foram as mais eficientes (menor Tr). As pastagens mais conservadas conseguem suportar um número maior de unidades animais por hectare, o que aumenta a eficiência (produção e vendas), mas diminui um pouco a renovabilidade do sistema (REN%). Visto que o aumento do número de animais no sistema exige aumento do aporte de recursos da economia que são considerados não renováveis pela metodologia emergética. De qualquer forma, a REN% pode ser considerada alta para os 3 casos, mostrando que são sistemas que utilizam alta porcentagem de recursos renováveis. Conforme esperado, a quantificação do valor monetário do serviço de suporte (C e N do solo) foi maior nas pastagens nativas melhor conservadas. Portanto, a análise emergética pode ser utilizada para quantificar o valor monetário dos serviços ecossistêmicos das pastagens nativas.

Tabela 1 – Resultados da avaliação emergética de pastagens nativas das áreas úmidas sob diferentes estados de conservação (ECP) no Pantanal.

| Índices emergéticos | ECP ótimo | ECP regular | ECP marginal |
|--------------------------------|-----------|-------------|--------------|
| Energia total - Y (seJ/ha ano) | 2,29E+15 | 2,24E+15 | 2,22E+15 |
| REN (%) | 89,56 % | 91,00 % | 91,79 % |
| Tr (sej/kg) | 9,74E+12 | 1,00E+13 | 1,14E+13 |
| total vendas USD/ha ano | 170,05 | 130,37 | 113,37 |
| C no solo (EM\$/ha. Ano) | 56,14 | 53,84 | 52,68 |
| N no solo (EM\$/ha. Ano) | 6,49 | 5,83 | 5,77 |

REN = Renovabilidade; Tr = Transformidade.



CONCLUSÃO

A diminuição no estado de conservação das pastagens (ECP) nativas localizadas em áreas úmidas do Pantanal pode promover expressiva redução no armazenamento de C e N no solo. Contudo, a capacidade de armazenamento de C e N no solo sob essas pastagens foi expressivamente superior ao de pastagens nativas não sujeitas ao regime sazonal de inundação. A análise emergética mostrou-se adequada para quantificar o valor monetário dos serviços ecossistêmicos das pastagens nativas, expressos pelo armazenamento de C e N no solo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processo nº 474323/2013-7) e à FUNDECT (Termo de Outorga nº 091/2015) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- BERNOUX, M.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P.; SIQUEIRA NETO, M.; METAY, A.; PERRIN, A.S.; SCOPEL, E.; RAZAFIMBELO, T.; BLAVET, D.; PICCOLO, M.D.C.; PAVEI, M.; MILNE, E. Cropping systems, carbon sequestration and erosion in Brazil, a review. **Agronomy for Sustainable Development**, v.26, n.1, p.1-8, 2006.
- CARDOSO, E.L.; SILVA, M.L.N.; SILVA, C.A.; CURI, N, FREITAS, D.A.F. Estoques de carbono e nitrogênio em solo sob florestas nativas e pastagens no bioma Pantanal. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.45, p.1028-1035, 2010.
- COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R.; FARBERK, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.V.; PARUELO, J.; RASKIN, R.G.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v.387, p.253-260, 1997.
- FU, X.; SHAO, M.; WEI, X.; HORTON, R. Soil organic carbon and total nitrogen as affected by vegetation types in Northern Loess Plateau of China. **Geoderma**, v.155, p. 31–35, 2010.
- Odum, H.T., 1996. **Environmental Accounting: Energy and Environmental Decision Making**. Wiley, New York, NY, USA, 370 pp.
- MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MA). **Ecosystem and Human Well-Being: a framework for assessment**. Island Press, Washington, DC. 2003. Disponível em: <http://www.millenniumassessment.org/en/Framework.html>. Acesso em 28 abr 2017.
- SANTOS, S. A.; CARDOSO, E. L.; CRISPIM, S. M. A.; SORIANO, B. M. A.; GARCIA, J.B.; BERSELLI. Protocolo: **Índice de Conservação e Produtividade das Pastagens (ICPP) para a Fazenda Pantaneira Sustentável (FPS)**. Corumbá: EMBRAPA Pantanal, 2014. 18p. (EMBRAPA PANTANAL de Corumbá. Documentos, 130).