

Uso de geotecnologias para avaliação da dinâmica espaço temporal do carbono em área de expansão de agroecossistemas sobre pastagens

Carlos Cesar Ronquim¹

¹Embrapa Monitoramento por Satélite CNPM
Av. Soldado Passarinho, 303
CEP 13070-115 - Campinas, SP, Brasil
ronquim@cnpm.embrapa.br

Resumo: Este estudo apresenta os resultados obtidos com a avaliação da dinâmica de uso e cobertura das terras e o carbono aprisionado pelos agroecossistemas de cana-de-açúcar e de pastagens. A avaliação da dinâmica dos estoques de carbono em cana-de-açúcar e pastagens, com o uso de geotecnologias e baseado na interpretação de imagens de satélite da região nordeste do estado de São Paulo foi feito em duas épocas distintas: 1988 e 2003. Os resultados mostraram que a fitomassa da cana-de-açúcar é capaz de acumular nove vezes mais carbono em t.ha-1.ano-1 que as pastagens cultivadas. A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar, com eficiente acúmulo de CO₂ por unidade de tempo e de área (107,2 t CO₂ ha-1ano-1), sobre áreas de pastagens possibilitou a remoção da atmosfera de 128,8 milhões de toneladas em um período de quinze anos. Os resultados obtidos são de extrema importância tanto para a caracterização econômica quanto para a geração de indicadores agroambientais que possibilitem um entendimento mais completo das mudanças de uso e ocupação do solo quando da substituição entre agroecossistemas e pastagens naturais ou cultivadas. A metodologia poderia ser aplicada em estudos do ecossistema Pantanal ou mesmo em áreas de pastagem do Estado de Mato Grosso do Sul.

Palavras-chaves: geotecnologia, uso e cobertura das terras, balanço de carbono, agroecossistemas.

Abstract: This study presents the evaluation of carbon storage dynamics in sugar-cane and pastures agroecosystems. The change land use and occupation was based on satellite images interpretation of northeast area of São Paulo state and carried in two different times: 1988 and 2003. The results revealed that the sugar-cane is capable to accumulate nine times more carbon in t.ha-1.yr-1 than the pastures. The expansion of the cultivated area with sugar-cane, with efficient accumulation of CO₂ for area unit and time (107.2 t CO₂ ha-1.yr-1) possibilited to remove of the atmosphere 128.8 million t. CO₂ in fifteen years. The results are important, the generation of agri-environmental indicators enabling a more complete understanding of changes in land use and occupation and when the substitution between natural or cultivated pastures by agroecosystems. The methodology could be applied to studies in the Pantanal area or even in Mato Grosso do Sul State.

Key Words: geotechnology, land use occupation, carbon balance, agroecosystems.

1. Introdução

O reconhecimento da importância dos sistemas naturais como agentes removedores de carbono da atmosfera é inegável e, no caso brasileiro, coloca ecossistemas como a Amazônia e o Pantanal no centro dessa discussão global. Entretanto, dadas às dimensões físicas do Brasil, além dos seus 62 milhões de hectares de terras aráveis e cerca de 170 milhões de hectares de pastagens naturais e cultivadas passíveis de serem aproveitados pela agropecuária, torna-se imperativo explorar a contribuição que os agroecossistemas oferecem para esse mesmo processo.

O mercado de carbono já é uma realidade e o Brasil deve favorecer-se tanto de suas florestas e campos naturais como da vocação agrícola das suas terras. No entanto, ainda existem poucos trabalhos evidenciando o potencial mercadológico real dos agroecossistemas. Em tempos de Mudanças Climáticas Globais, globalização e mercado de carbono fazem-se necessário um bom entendimento e caracterização da dinâmica espaço-temporal de uso e ocupação do solo pela agropecuária no Brasil, pois o fenômeno, pelas dimensões e ritmo de evolução observada atualmente, tem implicações e perspectivas tanto mercadológicas quanto ambientais, principalmente em ecossistemas frágeis como o Pantanal.

Diante dessa constatação, observa-se a necessidade de estudos de mensuração da fitomassa Moreira-Burger e Delitti (1999) com vistas à inferência do estoque de carbono provocados pela dinâmica de uso e ocupação do solo entre atividades agropecuárias e pastagens cultivadas ou não que competem por área. Ao mesmo tempo em que se lançam pesquisas para melhor entendimento de como os ecossistemas e a agropecuária pode ser afetada em diversos cenários futuros frente às Mudanças Climáticas Globais, perguntam-se também como as atuais dinâmicas agrícolas podem influenciá-las a partir do presente.

A Embrapa, por meio da execução do Projeto Agrogases, há algum tempo já vem buscando dar respostas às indagações sobre como a agropecuária brasileira pode prejudicar ou beneficiar os cenários futuros ligados às Mudanças Climáticas Globais. Uma boa oportunidade de complementação desses esforços é oferecida pelas abordagens territoriais baseadas em sensoriamento remoto e em técnicas de geoprocessamento no qual a Embrapa Monitoramento por Satélite atua com extrema competência. Sensores de alta resolução temporal podem ser capazes de detectar a dinâmica do uso e cobertura das terras e possibilitar associá-la mais diretamente à dinâmica espaço-temporal da fitomassa e do carbono aprisionado pelos agroecossistemas e pastagens.

A área dos municípios que formam a região nordeste do Estado de São Paulo abrange cerca de 51.650 km², com uma ocupação agrícola extensa e especializada em atividades

de maior valor agregado, com alta integração à indústria processadora ou aos sistemas tecnologicamente mais avançados de distribuição. O uso do solo é intensificamente cultivado, com constantes explorações de atividades em períodos de sucessão em áreas de renovação da cana-de-açúcar. Nessa região, ao longo das últimas décadas, a dinâmica do uso e ocupação das terras vem apresentando fortes alterações.

Com o fim da fronteira agrícola na região, a expansão de algumas atividades, ocorreu pela ocupação de área antes com outros usos agropecuários. O exemplo mais nítido desse fenômeno é o avanço das áreas dos agroecossistemas de cana-de-açúcar sobre as áreas de pastagem, embalada atualmente pela demanda internacional e nacional de biocombustíveis, entretanto a pecuária de corte parece dar sinais de modernização e apesar de ceder áreas de pastagens vem ganhando produtividade.

Os resultados obtidos nesse estudo são de extrema importância tanto para a caracterização econômica quanto para a geração de indicadores agroambientais que possibilitem um entendimento mais completo das mudanças de uso e ocupação do solo quando da substituição entre agroecossistemas e pastagens naturais ou cultivadas. A metodologia usada nesse estudo, caracterizado por uma região agrícola, poderia ser aplicada em estudos no ecossistema do Pantanal, principalmente na geração de indicadores agroambientais mediante ameaça de ocupação do solo por agroecossistemas ou em áreas caracterizadas pela exploração de pastagens naturais ou cultivadas muito comuns no Estado de Mato Grosso do Sul.

2. Objetivo

Espacialização da dinâmica de alterações da fitomassa e do carbono da cana-de-açúcar e das pastagens para os anos de 1988 e 2003 na região NE do Estado de São Paulo.

3. Material e Métodos

O estudo foi realizado na região nordeste do estado de São Paulo. Com área total de 51.650 km², compreendendo 125 municípios. Essa região destaca-se no cenário brasileiro pela intensa ocupação agrícola das terras com destaque para a cana-de-açúcar.

O trabalho foi desenvolvido com a logística e infra-estrutura já instalada da Embrapa Monitoramento por Satélite, Capinas, SP. Os levantamentos bibliográficos de dados de fitomassa e carbono abrangeram a cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) e as pastagens (*Brachiaria* spp. (Trin.) Griseb.).

A avaliação da fitomassa da cana-de-açúcar e pastagem ocorreu na cidade de Ibaté, SP na área pertencente a fazenda Santa Helena com latitude: 21°58'3.21"S e longitude: 48°5'13.42"W. Cada talhão foi dividido em quatro parcelas. Realizou-se uma amostragem por parcela. Cada parcela constituiu-se de cinco linhas com 25 metros de comprimento e espaçamento entrelinhas de 1,40 metros, resultando em 105 m² por parcela. Para as avaliações, foram consideradas as três linhas centrais da parcela, suprimindo-se 2,0 metros em cada extremidade (bordadura). Trinta amostras foram retiradas aleatoriamente, sendo 10 de cada linha. Todo o material fresco foi pesado no próprio campo com balança manual.

A quantidade total de cada componente foi obtida multiplicando-se o número de indivíduos da parcela toda pela massa média de cada componente. A estimativa em

termos de t.ha-1 de cada componente foi obtida por meio da divisão da massa pela área da parcela.

$$3 \text{ linhas} * (25+2)\text{m} * 1,4\text{m} \quad (1)$$

A amostragem do perfil de raízes das touceiras de cana, foi constituída de oito sub-amostras para cada talhão. Retirou-se o volume de solo e raízes com o trado normalmente até 20 cm. De 40 a 80 cm estimou-se a quantidade de raízes presentes baseado no trabalho de Vasconcelos (2003).

Após esses procedimentos tanto amostras da parte aérea quanto radicular foram levadas ao laboratório de sementes do departamento de Botânica da UFSCar, São Carlos, SP e submetidas à secagem em estufa de aeração forçada, com temperatura de 60-65 oC, até massa constante e pesados novamente para obtenção da massa seca. Os valores do carbono foram obtidos por análise no laboratório do IAC, Campinas, SP. Para a conversão de carbono em CO₂ considerou-se uma tonelada de carbono correspondente a 3,67 toneladas de CO₂, pois um átomo de C tem um peso atômico de 12 e o oxigênio de 16, assim uma t de C corresponde a 3,67 t de CO₂.

O mapeamento do uso e cobertura das terras foi baseado em imagens orbitais dos anos de 2003 e 1988, obtidas, respectivamente, pelos sensores ETM+ do satélite Landsat 7 e TM do Landsat 5 Quartaroli et al. (2006). O produto final desse trabalho foi um mapa temático digital, compatível com a escala 1: 250.000, que expressa a situação de uso e cobertura das terras para o ano de 2003. O mapa de 1988, também compatível com a escala 1: 250.000, foi obtido pela edição do mapa de 2003, baseada nos padrões apresentados pelas imagens Landsat de 1988.

O mapa que representa a fitomassa e o carbono das culturas de cana-de-açúcar e pastagens foram organizados utilizando o Software ArcGIS versão 9.2.

4. Resultados e Discussão

Com o fim da fronteira agrícola na região, a expansão de algumas atividades, ocorreu pela ocupação de área antes com outros usos agropecuários. O exemplo mais nítido desse fenômeno foi o avanço das áreas de cana-de-açúcar sobre as áreas de pastagem, embalada atualmente pela demanda internacional e nacional de biocombustíveis, entretanto a pecuária de corte parece dar sinais de modernização e apesar de ceder áreas de ocupação vem ganhando produtividade.

A análise dos dados revelou que a cana-de-açúcar é capaz de acumular seis vezes mais fitomassa e nove vezes mais carbono em t.ha-1.ano-1 que as pastagens. Retira da atmosfera mais de 100 toneladas de CO₂ por hectare por ano, enquanto as pastagens retiram somente 11,7 t.ha-1.ano-1 (**Tabela 1**). Os valores apresentados representam o rendimento da produção primária líquida, ou seja, aquisição de matéria seca por área durante o ano (período de crescimento).

Tabela 1. Valores médios por ha da fitomassa seca, do carbono da planta toda e do CO₂ imobilizado nos agroecossistemas de cana-de-açúcar e pastagem (\pm DP = desvio padrão)

Agroecossistemas	Fitomassa (t.ha. ⁻¹ ano ⁻¹) \pm DP	Carbono (t.ha. ⁻¹ ano ⁻¹) \pm DP	*CO ₂ imobilizado (t.ha. ⁻¹ ano ⁻¹)
Cana-de-açúcar	58,4 \pm 11,9	29,2 \pm 5,9	107,2
Pastagem	8,9 \pm 4,0	3,2 \pm 0,9	11,7

Dos 125 municípios avaliados, 118 deles apresentaram elevação do carbono acumulado na fitomassa devido a incorporação de áreas de pastagens por cana-de-açúcar, num total de 474 mil ha. O município com maior expansão da cana-de-açúcar sobre as pastagens foi Barretos. Área anteriormente caracterizada pela pecuária. Nesse município houve um ganho de mais de 870 mil toneladas por ano de carbono incorporado na fitomassa.

Nas áreas de cana-de-açúcar e que anteriormente eram ocupadas por pastagens houve um acréscimo de mais de 22 milhões de toneladas por ano de fitomassa e conseqüentemente remoção de mais de 43 milhões de toneladas de CO₂ por ano da atmosfera. Passou de 116.222.595,2 para mais de 245 milhões de toneladas de CO₂ removidos da atmosfera em quinze anos (**Figura 1**).

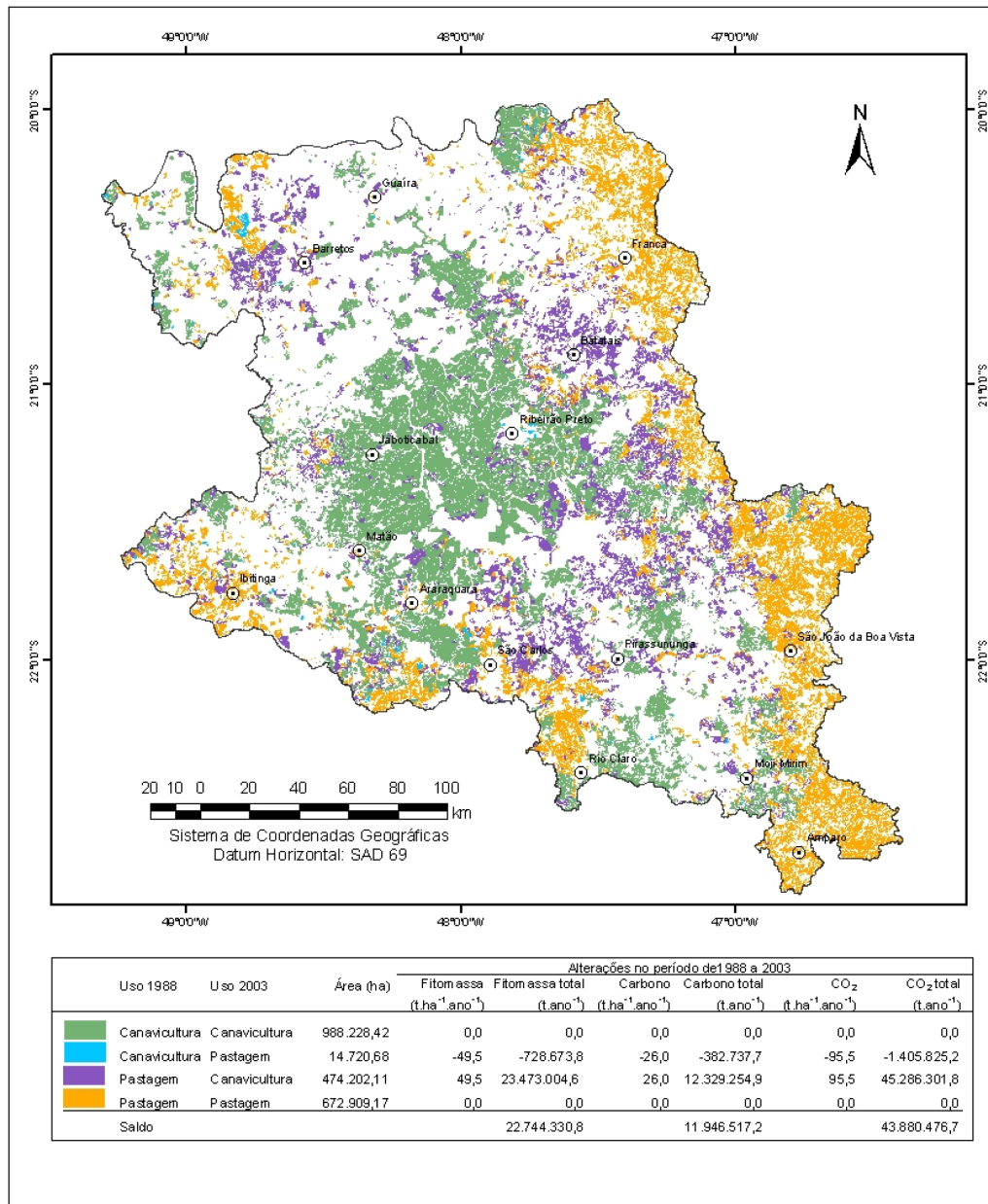


Figura 1. Valores da fitomassa, do carbono e do CO₂ em t. ano⁻¹ retidos nos agrossistemas de cana-de-açúcar (cor verde) e de pastagem (cor laranja) durante o período de 1988 a 2003 e alterações no uso e cobertura das terras no ano 2003 apresentando áreas de pastagens que foram substituídas por áreas de cana-de-açúcar (cor roxa) e áreas de cana-de-açúcar que foram substituídas por áreas de pastagem (cor azul).

5. Conclusões

A expansão da área cultivada com cana-de-açúcar aliado ao eficiente acúmulo de CO₂ por unidade de tempo e de área (107,2 t CO₂ ha⁻¹ano⁻¹) e o intenso processo de melhorias no manejo agrícola tornaram essa classe de uso e cobertura a maior retentora do CO₂ atmosférico. Constatou-se com isso que o carbono da fitomassa pode, ao menos em parte, ser recomposto por alguns agroecossistemas em substituição a outros, durante o subsequente uso do solo. A metodologia usada nesse estudo poderia ser aplicada em estudos do ecossistema Pantanal, principalmente para a geração de indicadores agroambientais.

6. Agradecimentos

O autor é grato a Embrapa pelo financiamento do projeto.

7. Referências

- Moreira-burger, D.; Delitti, W. B. C. Fitomassa epigéa da mata ciliar do rio Mogi-Guaçú, Itapira-SP. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 429-435, 1999.
- Quartaroli, C. F.; Criscuolo, C.; Hott, M. C.; Guimarães, M. **Alterações no uso e cobertura das terras no Nordeste do Estado de São Paulo no período de 1988 a 2003**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2006. 57 p., il. (Documentos, 55).
- Vasconcelos, A. C. M.; Casagrande, A. A.; Percin, D.; Jorge, L. A. C.; Landell, M. G. A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 27, p. 849-858, 2003.

