

Este artigo é resultado das atividades do Projeto Temático “Governança ambiental na Macrometrópole Paulista, face à variabilidade climática” (processo n. 15/03804-9) financiado pela FAPESP e vinculado ao Programa FAPESP de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas Globais.

A abordagem de serviços ecossistêmicos é muito importante para ressaltar os benefícios da natureza no bem-estar humano. Gomez-Baggethun et al.<sup>1</sup> apontam que a dependência das grandes cidades em relação aos serviços ecossistêmicos é cada vez maior. Essa dependência se torna ainda mais relevante no caso da Macrometrópole Paulista, que apresenta uma extensa demanda de recursos naturais, principalmente relacionados à água e à energia.

Apesar de contribuírem para a economia das grandes concentrações urbanas, os benefícios financeiros de muitos serviços ecossistêmicos não são passíveis de medição direta<sup>2</sup>. No entanto, esses benefícios podem ser medidos por meio de indicadores

para a sua avaliação, tanto em termos de quantificação do fornecimento de serviços, quanto nos impactos decorrentes de suas perdas e para monitorar os efeitos da introdução de determinada medida ou instrumento de política no território<sup>3</sup>.

Os indicadores utilizam dados para medir as tendências e as condições dos serviços ecossistêmicos. Além de permitir comparações espaço-temporais, auxilia os gestores públicos a entender como as políticas e decisões podem impactar o fluxo destes serviços<sup>3</sup>.

O mapeamento dos serviços ecossistêmicos pode fornecer informações para o entendimento das tendências na provisão de benefícios, para a identificação das sinergias e dos trade-offs entre múltiplos serviços e, também, para compreender os benefícios da sua maximização em determinadas partes do território

<sup>1</sup> GÓMEZ-BAGGETHUN, E. et al. Urban Ecosystem Services. In ELMQVIST, T.; et al. Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities: A Global Assessment. Dordrecht, Heidelberg, New York, London: Springer, 2013.

<sup>2</sup> EGOH, B.; DRAKOU, E.; DUNBAR, M.; MAES, J.; WILLEMEN, L. Indicators for mapping ecosystem services: a review. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2012.

<sup>3</sup> KOSMUS, M.; RENNER, I.; ULLRICH, S. Integrating Ecosystem Services into Development Planning. A stepwise approach for practitioners based on the TEEB approach. Eschborn: GIZ, 2012.

## Mapeamento de indicadores de serviços ecossistêmicos da Macrometrópole Paulista



**Bruna Fatiche Pavani**



**Priscila Ikematsu**



**Aline Canhoto Gonçalves Ribeiro**

**Palavras-chave:** Serviços ecossistêmicos, sequestro de carbono, retenção de sedimentos, abastecimento de água, silvicultura.

rio<sup>4</sup>. Assim, esse mapeamento se torna essencial para um processo eficaz da utilização da abordagem em serviços ecossistêmicos na tomada de decisão.

Inicialmente, são selecionados dois indicadores para a avaliação temporal e espacial dos serviços ecossistêmicos na Macrometrópole Paulista: sequestro de carbono e retenção de sedimentos. Tais indicadores são quantificados a partir do software InVEST - Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs, desenvolvido pelo Natural Capital Project, que é uma ferramenta reconhecida para analisar, mapear e valorar múltiplos serviços ecossistêmicos. O modelo usa funções de produção ecológica para gerar previsões espacialmente explícitas da oferta de serviços ecossistêmicos em diferentes cenários, através de mapas de entradas, atributos biofísicos e dados adicionais representando condições ambientais como clima, solo e topografia.

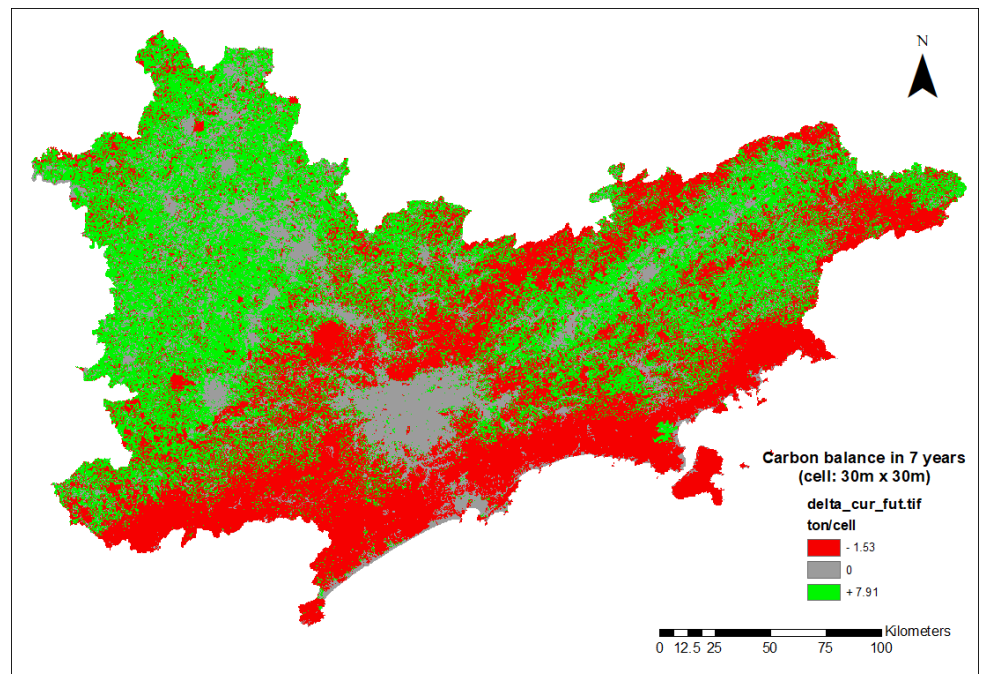
Como muitas áreas de pastagens estão degradadas e subutilizadas na região, sugere-se dois cenários preditivos onde a classe de pastagens é substituída por silvicultura, de manejo usual e de manejo intensivo. O reflorestamento nestas áreas é justificado pela falta de cuidado com o

subsolo da pastagem, indicando a necessidade de mudança e manejo no uso da terra.

Utilizando o módulo Carbon do InVEST, os resultados preliminares indicam um grande armazenamento de carbono na região. No entanto, ao considerar o aumento da temperatura devido ao aquecimento global, este armazenamento de carbono deve ser reduzido em milhões de toneladas de carbono.

Por outro lado, ao considerar o cenário de reflorestamento nas áreas de pastagem degradada, estima-se que os benefícios da

silvicultura podem incrementar o sequestro de carbono, de modo a suprimir a redução dos estoques pelo aquecimento global. Tanto com o manejo usual e ainda mais com o manejo intensivo no reflorestamento, cada hectare reflorestado tem potencial em sequestrar centenas de toneladas de carbono. Esse sequestro de carbono tem grande potencial de comercialização no mercado de carbono voluntário, podendo gerar uma verba de milhões de dólares que incentivaria o reflorestamento.

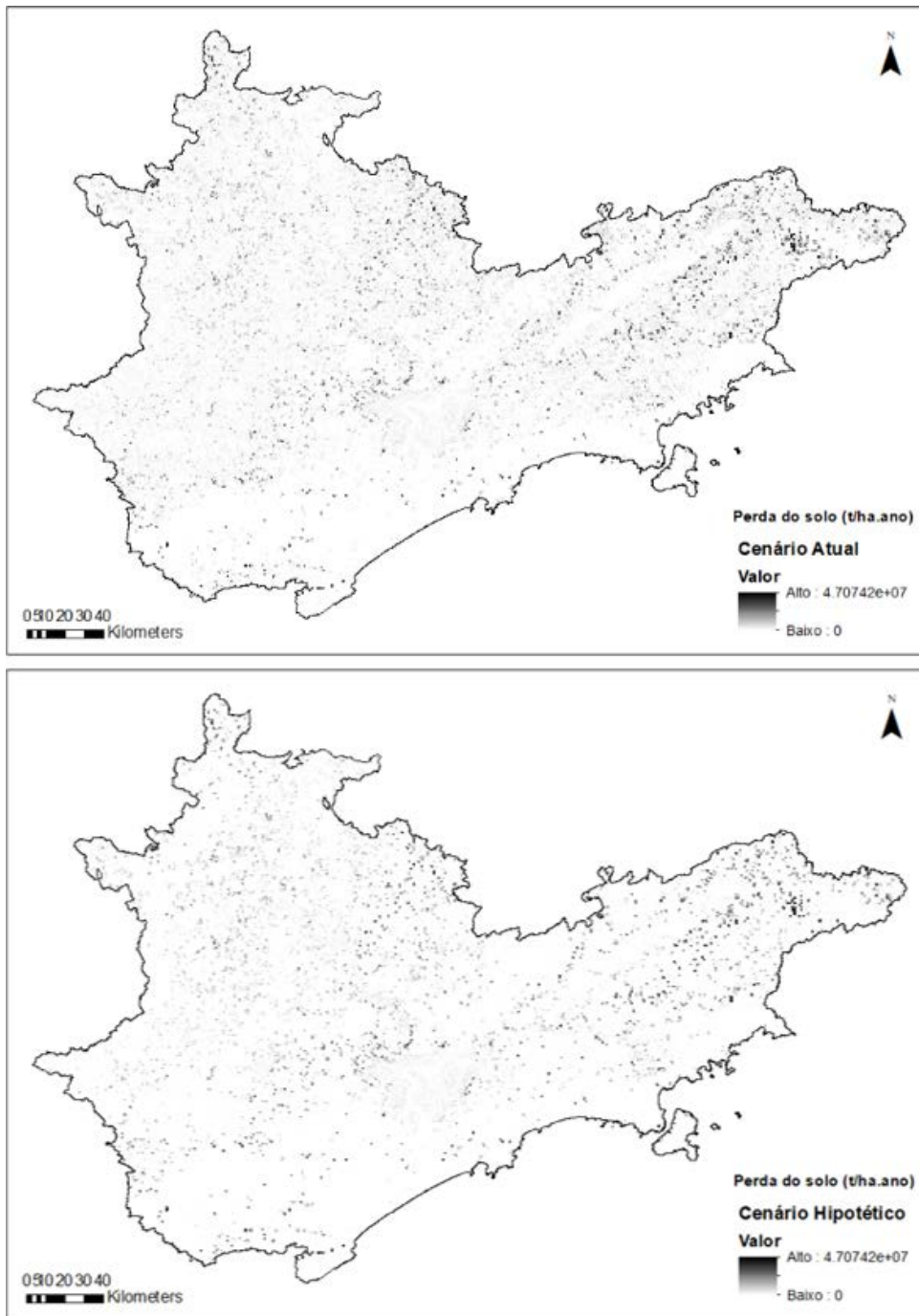


**Figura 1.** Mapa do balanço de carbono em cenário hipotético de aquecimento global e substituição de pastagem por silvicultura, após seis anos.

<sup>4</sup> SCIENCE FOR ENVIRONMENT POLICY. Ecosystem Services and the Environment. In-depth. Report 11 produced for the European Commission, DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. 2015.

Através do módulo Sediment Retention do InVEST, o potencial de perda de solo é quantificado por meio da Equação Universal

de Perda de Solo Revisada - RUSLE. Ao que concerne ao controle da erosão, a silvicultura pode evitar dezenas de toneladas de



**Figura 2.** Mapas de perda do solo em dois cenários: a) atual: pastagem; b) hipotético: substituição por silvicultura.

perda do solo ao ano, dependendo do manejo do uso do solo e da bacia hidrográfica. Em média, cada hectare reflorestado pode evitar a perda de 40 toneladas ao ano.

Aplicando o modelo empírico sugerido por Pavani et al.<sup>5</sup>, as quantidades de turbidez podem ser estabelecidas para cada bacia e, subsequentemente, estimar os custos no tratamento da água, no descarte de lodo e na dragagem. O controle da erosão pode auxiliar na quantificação da economia em tratamento de água devido a redução da turbidez, atrelada a melhora do uso do solo na bacia hidrográfica. Para o abastecimento público de água na região, prevê-se uma economia de milhões de reais por ano ao reduzir os custos de tratamento através da proteção do solo.

Esses valores refletem que o planejamento do uso da terra pode amenizar os efeitos do aquecimento global, uma vez que podem sequestrar uma quantidade relevante de gases de efeito estufa, além de destacar a importância de áreas ribeirinhas protegidas para a conservação do solo e da água. O restabelecimento dos benefícios proporcionados pelo ecossistema, principalmente relacionados ao sequestro de carbono e à retenção de solo pelas áreas florestais, demonstram a

<sup>5</sup> PAVANI, B.F.; RIBEIRO, T.C.L.; GONÇALVES, D.A.; SOUSA JÚNIOR, W.C.; GIAROLLA, A.; ARRAUT, E. M. Payments for ecosystem services to water resources protection in Paraíba do Sul Environmental Protection Area. *Ambiente & Sociedade*, v. 23, 2020.

efetividade da restauração florestal.

Atrelando esses benefícios ao conhecimento sobre o ambiente e ao planejamento para o desenvolvimento socioeconômico da região, é possível incentivar, por meio de pagamentos por serviços ambientais, os agricultores a plantar árvores em suas pastagens subutilizadas, mudando para o sistema agroflorestal. Isso superará algumas restrições e obstáculos ao reflorestamento, principalmente relacionados à falta de financiamento.

Outros serviços ecossistêmicos deverão ser analisados em diferentes cenários futuros baseados nas políticas públicas que podem influenciar no fornecimento desses serviços, como o Código Florestal, o Programa Nascentes e o Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado de São Paulo. As tendências espaciais e temporais na distribuição dos serviços ecossistêmicos serão analisadas para encontrar associações ou interações significativas entre eles. Espera-se indicar áreas com características mais favoráveis à aplicação de recursos técnicos e financeiros para projetos de conservação e recuperação ambiental na Macrometrópole Paulista.

