

Projeções de Uso e Cobertura da Terra na Macrometrópole Paulista



Carlyne Bueno Machado



Edmilson Dias de Freitas

Palavras-chave: Modelagem dinâmica; Antropização; Urbanização; Desmatamento.

Atualmente, entender e mensurar os impactos das mudanças na superfície tem se tornado um objeto de estudo multidisciplinar. Por um lado, existe a necessidade de identificação de áreas disponíveis para a expansão da agropecuária, visando maior produção de alimentos e de biocombustível, importante em um cenário de crescente demanda mundial; como também áreas viáveis para a construção de reservatórios de água, expansão de infraestrutura urbana, instalação de grandes empreendimentos, dentre tantas atividades humanas que necessitam da ocupação do solo. Por outro lado, existe também a preocupação com o uso da terra de forma sustentável, visando maximizar a produtividade em áreas já ocupadas, recuperar áreas degradadas com vegetação nativa e evitar a perda de biodiversidade. Essas medidas têm impactos positivos na gestão dos recursos hídricos, na regulação do clima e no ganho de resiliência frente às mudanças climáticas. Lidar com todos estes fatores é um desafio para a gestão e planejamento do território, de forma que as mu-

danças de uso e cobertura da terra (UCT) gerem o mínimo impacto ambiental e social.

De fato, vemos que no Brasil, como no mundo todo, passamos de um período no qual o desenvolvimento econômico foi associado a grandes alterações da superfície - com a expansão da fronteira agrícola, abertura de estradas e ferrovias, intervenção de grandes rios, dentre outros métodos de ocupação do solo que mostraram a capacidade humana de dominar a natureza - para um período em que tentamos reverter os impactos negativos que este avanço gerou. Afinal, já estamos experimentando as consequências da ocupação inadequada do solo. Em larga escala, além do aquecimento global, ampliado pela emissão humana dos gases do efeito estufa, temos o desmatamento da Amazônia sendo associado a um menor fluxo de umidade da região tropical para o Sudeste da América do Sul, afetando o regime pluviométrico (Zemp et al., 2014). Já em uma escala regional e local é possível citar o crescente número de desastres naturais associados a eventos de tempo severo, com perda de vidas humanas (Travassos et al., 2020), por decorrência da impermeabilização do solo, enchentes, alagamentos e deslizamentos de terra (Marengo et al.,

2020), causando também o assoreamento e a contaminação dos rios. Os impactos decorrentes são ainda mais prejudiciais à população vulnerável, que vive em regiões de baixa infraestrutura, devido à urbanização inadequada de grandes cidades.

Na Macrometrópole Paulista (MMP) este é um aspecto importante a ser estudado, devido ao grande número de pessoas vivendo em assentamentos precários, à sua grande importância socioeconômica e à alta taxa de urbanização da região. Segundo os dados do último censo do IBGE, a região tinha cerca de 16% da população brasileira e 27% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional em 2010, e desde 1950 a população urbana teve aproximadamente 790% de aumento, sendo atualmente mais de 97% da população total da MMP.

Um meio de projetar as alterações na superfície, e gerir os impactos do processo de antropização, é simular cenários futuros utilizando a modelagem dinâmica espacial. No Brasil, a plataforma Dinamica EGO (csr.ufmg.br/dinamica/), desenvolvida pela UFMG, é bastante utilizada para construir modelos de mudanças de UCT. Essa abordagem utiliza modelos autômatos-celulares que calculam a probabilidade de transição baseada na vizinhança, sendo ponderada por variáveis da superfície (forçantes), que influenciam de forma positiva ou negativa as transições entre os tipos de UCT. Muitos estudos focam na modelagem do desmatamento da Amazônia, observando a influência de estradas, corpos hídricos e outras variáveis externas (Soares-Filho et al., 2002). Assim, ao identificar as forçantes e

as áreas de maior probabilidade a sofrer alteração é possível tentar frear a supressão florestal na Amazônia, evitando a mesma devastação que ocorreu nos outros biomas brasileiros, em especial na Mata Atlântica. Contudo, a modelagem dinâmica espacial também pode ser utilizada para estudar o processo de urbanização, como realizado por Young (2013), identificando as áreas de risco sujeitas à ocupação no futuro.

Nesse sentido, utilizamos um modelo construído na Dinamica EGO para projetar as mudanças de UCT até 2050 na Macrometrópole Paulista, com o objetivo de estimar a expansão das áreas urbanas e dar suporte para outros estudos. O modelo simulou somente o processo de antropização, ou seja, ele não permitiu a regeneração da vegetação nativa. Porém, as áreas de proteção existentes atualmente foram mantidas e a mesma taxa de antropização que ocorreu no passado foi aplicada no futuro. A probabilidade de transição entre os tipos de UCT calculada no modelo se baseia no crescimento populacional dos municípios, na proximidade com estradas, corpos hídricos, setores urbanos, áreas protegidas, áreas montanhosas, assim como no tipo de solo e elevação do terreno. Os produtos do MapBiomas coleção 4.1 (mapbiomas.org), para os anos de 1985 e 2015, foram utilizados para representar a ocupação do solo.

A vegetação teórica original da MMP, que representa a cobertura da terra sem alteração pelas atividades humanas (UCT-T0), pode ser observada na Figura 1-a, com base nos dados do IBGE do projeto RADAMBRASIL. É possível observar a predominância de

áreas florestais, que se dividem entre a Floresta Estacional Semidecídua, Floresta Ombrófila Densa e Mista, além das pequenas áreas de Savana no centro e oeste da MMP. Boa parte dessa vegetação nativa foi desmatada para dar lugar a áreas de Agricultura e Pastagem, que em 1985 ocupavam cerca de 20% e 37% da área total, respectivamente (Figura 1-b). As áreas de Floresta Natural nesse período cobriam cerca de 33% da MMP, principalmente nas regiões montanhosas da Serra do Mar, Serra da Cantareira e Serra da Mantiqueira. Entre 1985 e 2015 os tipos de UCT que mais cresceram são a Infraestrutura Urbana (51,8% de aumento), expandindo as áreas já existentes, a Floresta Plantada (144,2%), que avançou principalmente sobre as áreas de Floresta Natural, e a Agricultura (15%), que substituiu grandes áreas de Pastagem (Figura 1-c). Dessa forma, o padrão de mudança de UCT que ocorreu no período observado foi extrapolado até 2050, como mostra a Figura 1-d, o que confere uma importante expansão da Infraestrutura Urbana, que pode cobrir 14,4% da MMP no futuro, sendo a maior alteração projetada (77,7% de aumento). Em seguida destaca-se novamente o avanço da Floresta Plantada, com ganho de 76,9% em área entre 2015 e 2050.

É interessante notar também que o avanço das áreas urbanas em 2050 foi mais significativo, por exemplo, nas regiões metropolitanas de Campinas, Sorocaba e Vale do Paraíba do que na Grande São Paulo. Isso ocorreu porque o modelo entende que nessas regiões existem áreas mais suscetíveis à urbanização. No entanto, um fator que merece destaque é que cerca de

11,9% da área urbana expande em regiões de relevo irregular (>20° de declividade), entre 2015 e 2050. De fato, as áreas de relevo montanhoso (>45° de declividade) tiveram influência positiva na criação de Infraestrutura Urbana, nos municípios de grande crescimento populacional durante as últimas décadas. De acordo com Young (2013), a expansão da urbanização na Região Metropolitana de São Paulo até 2030 pode aumentar em 200% as

áreas com risco de deslizamentos.

O cenário UCT-2050 também apresenta pouca perda de Floresta Natural em relação a 2015 (6%), pois essa alteração não é muito significativa entre 1985-2015. Contudo, a força externa mais importante para a conservação dessas áreas foi a presença das áreas protegidas na MMP, que cobrem cerca de 32,3% de seu território, predominantemente onde as áreas nativas são remanescentes. Já a variável

mais importante em cada transição simulada foi a proximidade com o tipo de UCT a ser criado, o que ressalta a capacidade do modelo em expandir áreas antrópicas pré-existentes. De uma forma geral, a proximidade com estradas/rodovias e setores urbanos favorece o processo de antropização na MMP. Por sua vez, a hidrografia e as áreas protegidas tendem a evitar as mudanças de UCT.

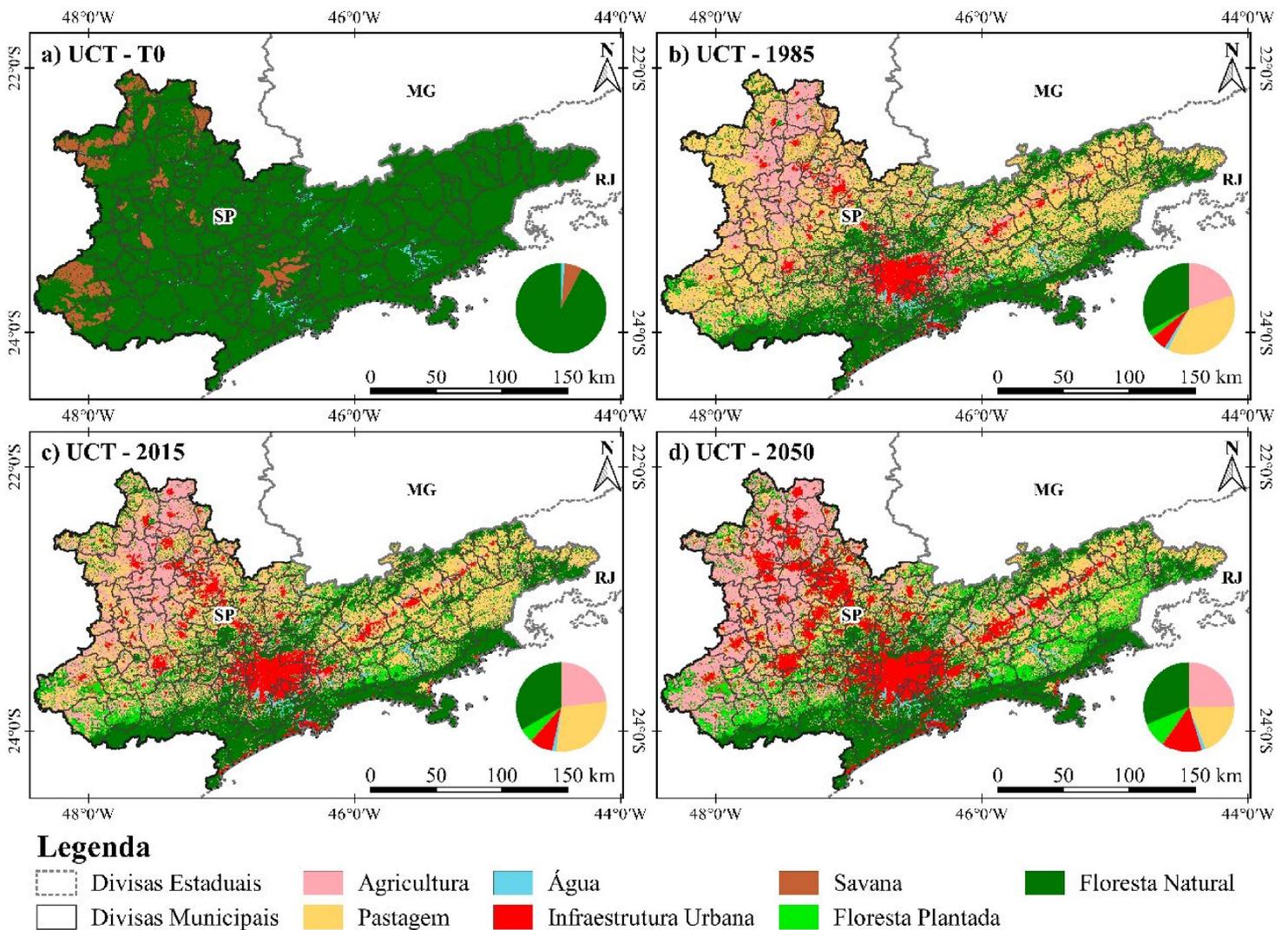


Figura 1 – Mudanças de uso e cobertura da terra na Macrometrópole Paulista e projeção para 2050

Fonte: Elaboração própria, 2021.

A scenic sunset over the ocean. The sun is low on the horizon, casting a golden glow across the sky and reflecting on the water. A tree branch is visible in the upper right corner, and a rocky outcrop with green vegetation is in the lower right corner.

Por fim, destacamos o potencial da plataforma Dinâmica EGO, assim como da metodologia e dados utilizados, que se mostraram satisfatórios na projeção de cenários futuros de UCT e avaliação do processo de antropização, inclusive para a aplicação em outras regiões. Podemos concluir que as atividades humanas geraram historicamente grande alteração da superfície na MMP e a supressão da vegetação nativa. Porém, ainda no período recente existe o desmatamento e a conversão entre diferentes usos antrópicos da terra que devem ser estudados, especialmente o processo de urbanização. Portanto, ressalta-se a importância do planejamento territorial e da manutenção/ampliação das áreas protegidas, uma medida para conservar a vegetação nativa remanescente e diminuir os impactos das mudanças de UCT projetadas, em especial sobre a população mais vulnerável, que tende a ocupar áreas de risco.

Referências

Marengo, J. A.; Ambrizzi, T.; Young, A.; Barreto, N. J.; Ramos, A. M. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disasters in the metropolitan area of São Paulo: A review. **Ann. N.Y. Acad. Sci.**, v. 1472, p. 5-20, 2020, <https://doi.org/10.1111/nyas.14307>.

Soares-Filho, B. S.; Cerqueira, G. C.; Pennachin, C. L. DINAMICA—a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, p. 217-235, 2002, [https://doi.org/10.1016/S0304-3800\(02\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0304-3800(02)00059-5).

Travassos, L.; Torres, P.H.C.; Di Giulio, G.; Jacobi, P.R.; Freitas, E.D.; Siqueira I.C.; Ambrizzi, T. Why do extreme events still kill in the São Paulo Macro Metropolis Region? Chronicle of a death foretold in the global south. **International Journal of Urban Sustainable Development**, v. 13, n. 1, p. 1-16, 2021, <https://doi.org/10.1080/19463138.2020.1762197>.

Young F. A. Urban expansion and environmental risk in the São Paulo Metropolitan Area. **Clim Res**, v. 57, p. 73-80, 2013, <https://doi.org/10.3354/cr01161>.

Zemp, D. C.; Schleussner, C.-F.; Barbosa, H. M. J.; van der Ent, R. J.; Donges, J. F.; Heinke, J.; Sampaio, G.; Rammig, A. On the importance of cascading moisture recycling in South America. **Atmos. Chem. Phys.**, v. 14, p. 13337-13359, 2014, <https://doi.org/10.5194/acp-14-13337-2014>.