

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MODELAGEM DE CENÁRIOS FUTUROS DE USO E COBERTURA DA TERRA PARA A BACIA DO RIO MAMANGUAPE - PB

Mari Júlia Souza Pontes¹; Bruno Berkamp Mota Brandão²& Alexandre Medeiros Silva³

Abstract: This study aimed to analyze historical dynamics and project future land use and land cover (LULC) scenarios in the Mamanguape River Basin (Paraíba, Brazil) using the Land Change Modeler (LCM). The study area covers 3,523 km², encompassing 30 municipalities with diverse environmental and socioeconomic characteristics. Data from the MapBiomass project (1985–2023) were used, reclassified into eight main LULC classes. The LCM modeling adopted 2003 and 2013 as base years and incorporated explanatory variables such as distance to roads, water bodies, NDVI, solar radiation, soil moisture, altitude, and slope. Model validation was performed using 2023 data, achieving a Kappa coefficient of 0.67, indicating satisfactory predictive performance. Historical analysis revealed an expansion of pasture over agricultural areas, a decrease in savanna vegetation, and growth in urban zones. Simulations for 2035 and 2045 suggest a 56% reduction in agriculture, a 16% increase in pasture, and vegetation recovery—22% for savanna and 8% for herbaceous-shrub areas. The results demonstrate the effectiveness of LCM for multitemporal analysis and spatial projections, offering valuable insights for environmental planning and territorial management in the context of climate change.

Keywords: Land use change modeling, LCM, Environmental planning.

Resumo: Este estudo teve como objetivo analisar as dinâmicas históricas e projetar cenários futuros de uso e cobertura da terra (UCT) na bacia hidrográfica do rio Mamanguape (PB), utilizando o Land Change Modeler (LCM). A área de estudo possui 3.523 km² e abrange 30 municípios, com grande diversidade ambiental e socioeconômica. Foram utilizados dados do projeto MapBiomass (1985–2023), reclassificados em oito classes principais de UCT. A modelagem no LCM considerou como anos base 2003 e 2013, utilizando variáveis explicativas como distância de estradas, corpos d'água, NDVI, radiação solar, água no solo, altitude e declividade. A validação foi realizada com dados de 2023, obtendo um coeficiente Kappa de 0,67, indicando desempenho satisfatório. Os resultados históricos mostraram crescimento de pastagens sobre áreas agrícolas, redução de vegetação savânea e aumento de áreas urbanas. As simulações indicam, até 2045, redução de 56% na agricultura, aumento de 16% em pastagens e recuperação de vegetação savânea (22%) e herbácea (8%). A pesquisa evidencia a aplicabilidade do LCM em análises multitemporais e projeções espaciais, contribuindo para o planejamento ambiental e gestão territorial em cenários de mudanças climáticas.

Palavras-Chave – Modelagem de uso e cobertura da terra, LCM, Planejamento ambiental.

¹) Graduanda em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil - souzajulia64@gmail.com

²) Voluntário de Iniciação Científica. Graduado em Engenharia Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil - contatobrunoberkamp@gmail.com

³) Professor Adjunto I do Departamento de Geociências/CCEN na Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 – Brasil - alexandro.medeiros@academico.ufpb.br

INTRODUÇÃO

A configuração do uso e cobertura da terra (UCT) estão diretamente relacionadas com as atividades socioeconômicas e, por consequência, refletem o desenvolvimento do sistema técnico-científico e as relações estabelecidas entre sociedade e natureza (Santos e Souza, 2021). Nesse sentido, o conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e da cobertura da terra é fundamental para orientar a utilização racional do espaço, bem como estudar as alterações nos usos do solo ao longo do tempo, visando compreender as dinâmicas da paisagem (IBGE, 2006).

Diante disso, realizar esse monitoramento em campo de forma contínua torna-se uma tarefa inviável. Nas últimas décadas diversos trabalhos como o de Quintão *et al.* (2021) onde é discutido como a conversão de vegetação nativa para agricultura e pecuária no Brasil aumenta as emissões de gases de efeito estufa e o de Garafolo e Rodriguez (2022) o qual é analisado como as mudanças no uso e cobertura da terra impactam a hidrologia de bacias hidrográficas, especialmente em regiões tropicais, o monitoramento das alterações no uso e cobertura da terra de grandes áreas, tornou-se viável a partir da utilização dos sistemas de informações geográficas (SIG) e principalmente do sensoriamento remoto. Essas duas ferramentas associadas, permitem a construção e análises de longas séries temporais desses usos, permitindo observar, e comparar diferentes padrões de uso e cobertura da terra ao longo do tempo (Mohanrajan, 2020).

Considerando os cenários de mudanças climáticas observados nos últimos anos e as suas consequências sobre os recursos hídricos (Silva *et al.*, 2024), faz-se necessário ir além do monitoramento e da análise das modificações no uso e cobertura da terra, elaborando também previsões dessas mudanças, a fim de subsidiar a elaboração de possíveis políticas públicas e estratégias de planejamento territorial, principalmente em bacias hidrográficas (Andrade *et. al.*, 2016).

Para a elaboração dessas previsões, existem alguns modelos que se destacam na literatura, dentre eles, o CLUE (Conversion of Land Use and its Effects) desenvolvido por Peter Verburg (2006), o Dinâmica EGO elaborado por Soares-Filho *et al.* (2008) e o *Land Change Modeler* (LCM), desenvolvido pela Clark Labs da Clark University-EUA, em 2006.

Diversos estudos utilizam diferentes modelos para realização de previsões do uso e cobertura da terra. Como o CLUE, por exemplo, onde Lamichhane e Shakya (2021) aplicaram para analisar as mudanças históricas e projetar cenários futuros de uso e cobertura da terra no Vale de Kathmandu no Nepal. Semelhantemente, Prieto-Amparán *et al.* (2019) modelaram as mudanças no uso e cobertura da terra nas florestas temperadas do México, utilizando imagens de satélite e o Dinâmica EGO.

Recentemente, algumas aplicações de modelagem futura de uso e cobertura da terra utilizaram o *Land Change Modeler* (LCM), como os estudos de M. Leta *et al.* (2021), que utilizaram o LCM para avaliar a dinâmica temporal e espacial do uso e cobertura da terra no passado modelar o futuro para a bacia hidrográfica de Nashe na Etiópia; No Brasil Preis *et al.* (2021), empregaram o modelo para apresentar uma avaliação da evolução do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Itajaí, uma das mais importantes do estado de Santa Catarina, e na região Nordeste, Silva *et al.* (2022), aplicaram o modelo visando avaliar os efeitos das mudanças no uso da terra e do clima no comportamento da vazão e da produtividade de água para a bacia do Rio Salgado nos anos de 2030 até 2060.

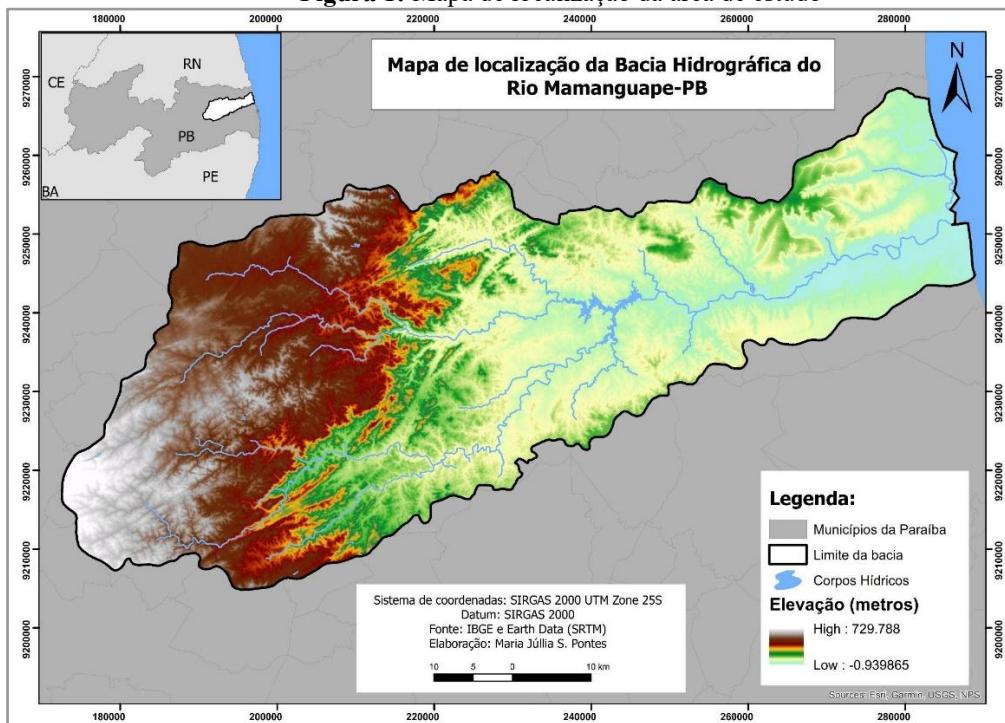
À luz dos cenários apresentados, o LCM demonstra uma alta aplicabilidade nas mais diferentes configurações de cobertura do solo ao redor do mundo, sendo aplicado em diferentes contextos e escalas, o que permite analisar as alterações passadas, modelar e simular as mudanças da cobertura do solo para o futuro e as consequências (Eastman, 2016). Nesse sentido, o presente estudo tem por objetivo desenvolver cenários futuros de uso e cobertura da Terra para a bacia do rio Mamanguape no Estado da Paraíba, utilizando o *Land Change Modeler* associado aos dados oriundos do projeto MAPBIOMAS.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

A bacia hidrográfica do Rio Mamanguape (BHRM), situa-se no extremo leste do Estado da Paraíba, compreende a área de 30 municípios, possuindo uma área de 3.523 km², com uma população total de aproximadamente 553.300 habitantes (IBGE, 2022) e está localizada entre as latitudes 6° 36' 49", 7° 11' 08" sul e as longitudes 34° 54' 42", 35° 57' 51"oeste (figura 1). A BHRM, é uma das principais bacias do estado da Paraíba, sendo a principal responsável pelo desenvolvimento socioeconômico da região canavieira do Estado, agregando diversas atividades econômicas que compõem a heterogeneidade da região (Santos *et al.*, 2005).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: Os Autores (2025)

O rio Mamanguape nasce no Planalto da Borborema, região serrana do Nordeste Brasileiro, sua bacia compreende uma região de transição entre a zona da mata e a zona semiárida, possuindo diferentes tipos de vegetação (Caatinga e Mata Atlântica), solos (profundo no litoral e rasos na região semiárida) e regimes climatológicos. A precipitação média anual na bacia é de aproximadamente 1100 mm, com temperatura média anual de 24,3 °C, mínimo de 23,0 °C e máximo de 25,5 °C (Santos *et al.*, 2015).

Coleta dos dados

Para realização da modelagem do uso e cobertura da terra, foram utilizados os dados obtidos através do projeto MapBiomas, que foi iniciado em julho de 2015, sendo organizado por diversas universidades, Organizações Não Governamentais (ONGs) e instituições privadas. O projeto



disponibiliza atualmente uma coleção de mapas de uso e cobertura da terra para o período de 1985 a 2023, totalizando um período de 38 anos. Para esta pesquisa, foram utilizadas toda a série de dados por meio da plataforma *Google Earth Engine*. Das 38 classes de uso e cobertura da terra (nível 2) presentes na coleção 9 do MapBiomas, foi possível identificar 16 na BHRM. Os 16 tipos de uso e cobertura da terra presentes na bacia foram reclassificados em 8 classes, visando simplificar a modelagem, reduzindo assim o número de transições totais em cada um desses tipos de UCT, conforme a tabela 1.

Tabela 1: Reclassificação dos tipos de uso e ocupação da terra

Uso e cobertura da terra reclassificado	Uso e cobertura da terra original
Vegetação savântica	Formação Savântica
Formação Florestal	Formação Florestal; Mangue
Vegetação herbácea e arbustiva	Campo Alagado e Área Pantanosa; Formação Campestre; Apicum
Pastagem	Pastagem
Área Urbana	Área Urbanizada
Área não vegetada	Praia, Duna e Areal; Outras Áreas não Vegetadas
Corpo Hídrico	Rio, Lago e Oceano; Aquicultura
Agricultura	Cana; Outras Lavouras Temporárias; Mosaico de Usos

Fonte: Os Autores (2025)

Modelagem dos cenários futuros

A modelagem do uso e cobertura da terra foi realizada utilizando o *Land Change Modeler* do TerrSet, desenvolvido por (Eastman, 2016). O LCM além de realizar a modelagem futura também permite uma vasta gama de ferramentas para a análise multitemporal do UCT, fornecendo informações detalhadas na forma de mapas ou gráficos, de como ocorreram as mudanças ao longo do tempo. O LCM é composto por cinco funções principais: 1) Análise de mudanças; 2) Potenciais de transição; 3) Previsão de mudança; 4) Planejamento e 5) Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal (REDD, *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation*).

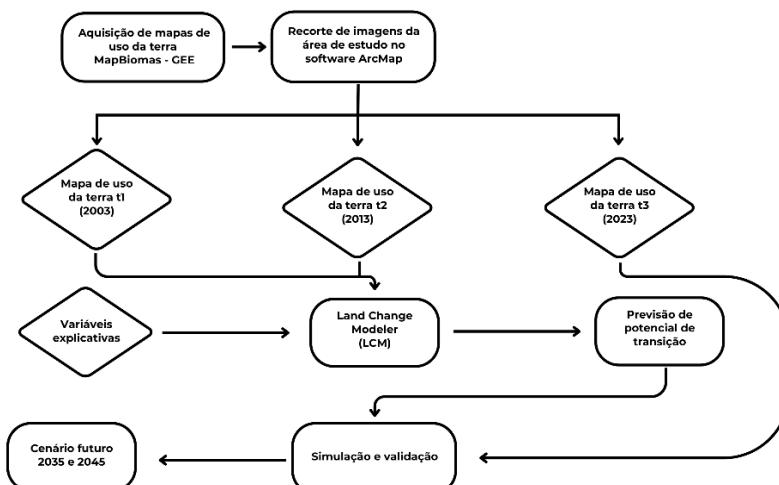
A modelagem do uso e cobertura da terra no LCM parte de duas definições importantes, a escolha dos anos base e as variáveis explicativas. Os anos base da modelagem definem o comportamento do modelo, pois tentará projetar aquelas variações identificadas para o futuro. Já as variáveis explicativas auxiliam o processo de aprendizagem do modelo, sendo fundamental para o seu desempenho.

Para o presente estudo, os anos 2003 (t1) e 2013 (t2) foram definidos como anos base, sendo um período que representa bem as alterações históricas da bacia, porém sem uma grande intensidade. No que diz respeito às variáveis explicativas, aquelas que apresentaram a melhor relação com as mudanças da bacia e sendo integradas ao modelo, foram as seguintes: distância em relação às

rodovias, aos cursos d'água e reservatórios, às áreas urbanas, a média de NDVI (Normalized Difference Water Index), radiação solar, quantidade água no solo, declividade e altitude do terreno.

Por fim, a validação do modelo foi realizada utilizando o ano de 2023 (t3) através da análise do coeficiente Kappa (Landis e Koch, 1977). Um resumo gráfico das etapas realizadas pode ser visto na figura 2. Com o modelo Land Change Modeler (LCM) devidamente validado foi possível realizar a simulação dos cenários de uso e cobertura da terra para os anos de 2035 e 2045.

Figura 2: Procedimentos metodológicos

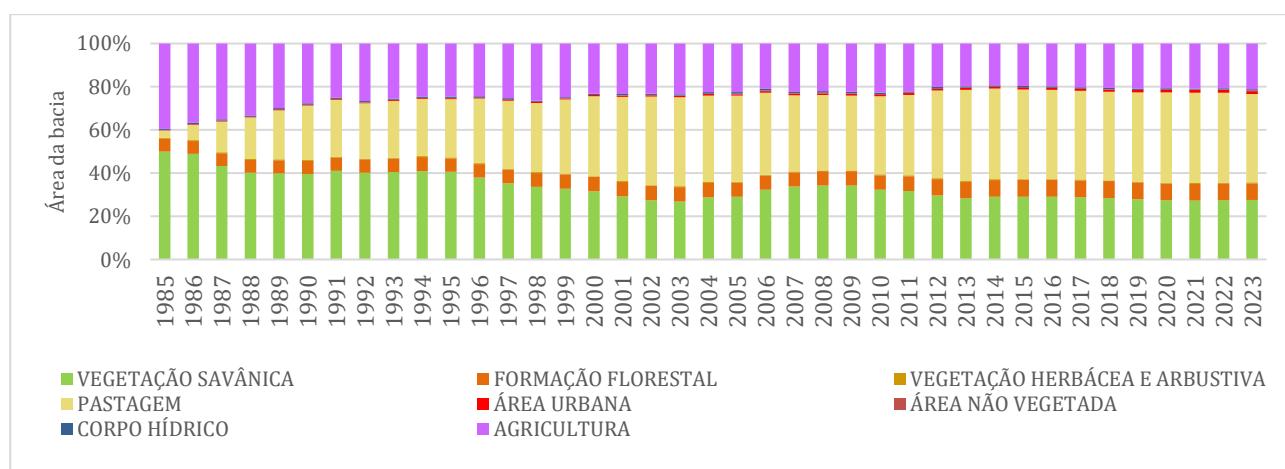


Fonte: Os Autores (2025)

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente, foi analisada a evolução do uso e cobertura da terra na bacia do rio Mamanguape ao longo de trinta e oito anos (1985 a 2023), considerando oito classes de uso: vegetação savânica, formação florestal, vegetação herbácea e arbustiva, pastagem, área urbana, área não vegetada, corpo hídrico e pastagem. Ao analisar a Figura 3, destaca-se que as classes de vegetação savânica e agricultura se mantiveram predominantes em todos os anos, ao mesmo tempo que é possível verificar uma transição das áreas de agricultura para pastagem ao longo do período analisado.

Figura 3: Evolução do uso e cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Mamanguape



Fonte: Os Autores (2025)

A classe pastagem, atualmente a mais representativa da bacia, apresentou dois períodos diferentes ao longo da série temporal analisada: um crescimento expressivo entre os anos de 1987 e 2002, seguido por uma pequena redução a partir de 2004, posteriormente, um novo aumento observado após 2010, e se mantendo estável até o ano de 2023.

Embora com menor representatividade na bacia hidrográfica do rio Mamanguape (BHRM), as classes área urbana e solo exposto demonstraram um crescimento acentuado ao longo do período analisado. Além disso, observa-se também uma diminuição gradual das áreas de vegetação savântica ao longo dos anos, contribuindo também para o aumento das áreas de pastagem. As demais classes não evidenciaram um padrão consistente de variação. Esses resultados evidenciam a dinamicidade do uso e ocupação da terra na bacia, o que reflete os efeitos das intervenções antrópicas no meio.

Desempenho do modelo LCM

O modelo apresentou desempenho satisfatório em sua capacidade preditiva, conforme demonstrado pela aplicação do índice Kappa como métrica de avaliação. O coeficiente obtido, de 0,67, indica um grau substancial de concordância entre os resultados projetados pelo modelo e os dados reais observados, conforme a classificação de Landis e Koch (1977). Esse resultado mostra a eficácia do LCM na representação e análise das mudanças de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Mamanguape, com isso o modelo foi considerado apto para realizar a modelagem futura da bacia.

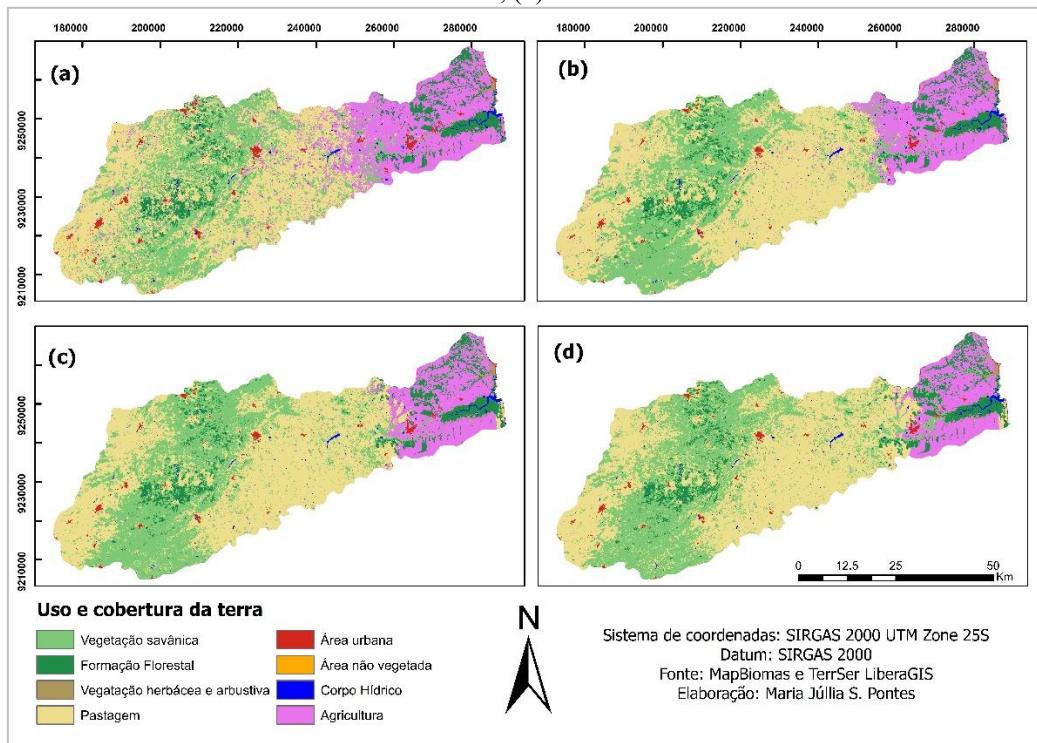
Espacialmente, pode-se observar que, entre as figuras 4a e 4b houve um bom ajuste espacial na modelagem. Destacam-se as classes de área não vegetada e área urbana, onde o modelo subestimou em 73% e 37%, respectivamente. Apesar disso, são as classes de menor representatividade na bacia, conforme apresentado na tabela 2. Para as classes mais representativas, destaca-se uma superestimativa de 12% nas áreas de vegetação savântica e de 9% nas áreas de pastagem. Por fim, pode-se verificar também uma diminuição nas áreas de agricultura na figura 4b, nesse caso, o LCM subestimou aproximadamente 29% as áreas dessa classe.

Apesar do valor de Kappa satisfatório, faz-se necessário algumas considerações sobre o desempenho. Durante a análise dos resultados obtidos, foi possível identificar que a principal fonte de erro do modelo estava concentrada no submodelo de transição de vegetação savântica para pastagem, ou seja, as duas classes mais representativas da bacia, bem como, as classes que apresentaram a maior troca entre elas (vegetação savântica transicionando para pastagem e pastagem para savântica). Com isso, para essa aplicação, ficou evidente que o desempenho do modelo piorava conforme o número de células transicionadas no submodelo aumentava.

Modelagem futura do uso e cobertura da terra na bacia do rio Mamanguape

As Figuras 4c e 4d apresentam a projeção da distribuição espacial dos tipos de uso da terra presentes na área de estudo, para os anos de 2035 e 2045, respectivamente. Espacialmente, se torna evidente uma diminuição da classe de agricultura, substituída por áreas de pastagem, principalmente nas áreas ao leste da bacia. Esse comportamento mostra que o modelo capturou bem essa tendência de diminuição das áreas de agricultura ao longo dos anos, conforme observado nos dados históricos da bacia. Essa característica do modelo deve ser sempre levada em consideração, pois o comportamento observado nas transições de t1 e t2 vão ser sempre projetadas para o futuro, por isso a etapa de definição dos anos iniciais é fundamental para o desempenho do modelo. O modelo previu uma diminuição de 46,49% das áreas de agricultura entre os anos de 2023 e 2035, já para o ano de 2045 estimasse uma diminuição de 56,08%, conforme apresentado na tabela 2.

Figura 4 – UCT da bacia hidrográfica do rio Mamanguape: (a) MapBiomas 2023, (b) Modelado LCM 2023, (c) Modelado LCM 2035, (d) Modelado LCM 2045.



Como esperado, o modelo prevê um aumento nas áreas de pastagem, principalmente avançando sobre as áreas de agricultura. O cenário apresentado mostra que até 2045 as áreas de pastagem devem aumentar em 16,13%. Além dessas alterações, verificou-se que existe uma recuperação da vegetação nos cenários modelados, com um aumento na ordem de 22,43% das áreas de vegetação savânica e 8,86% nas áreas de vegetação herbácea e arbustiva, para o ano de 2045.

Tabela 1: Reclassificação dos tipos de uso e ocupação da terra

USO DO SOLO	Observado 2023 km ²	2035 km ²	2045 km ²	Alteração 2023 – 2035 (%)	Alteração 2023 – 2045 (%)
Vegetação savânica	970,1516	1.154,20	1.187,76	18,97%	22.43%
Formação florestal	274,9775	267,11	267,11	-2,86%	-2.86%
Vegetação herbácea e arbustiva	12,70797	13,84	13,84	8,86%	8.86%
Pastagem	1.441,39	1.635,94	1.673,83	13,50%	16.13%
Área urbana	50,87864	32,13	32,13	-36,87%	-36.87%
Área não vegetada	6,663836	1,81	1,81	-72,92%	-72.92%
Corpo hídrico	23,16648	21,36	21,36	-7,81%	-7.81%
Agricultura	745,2155	398,76	327,32	-46,49%	-56.08%
Total	3525,15	3,525,15	3,525,15		

Fonte: Os Autores (2025)

Ainda, convém lembrar que para as classes menores, como vegetação herbácea, urbano e área não vegetada, o modelo estabilizou as alterações, mantendo as áreas entre 2035 e 2045, o que resultou na manutenção do percentual de alteração. Este comportamento pode estar relacionado com a configuração dos submodelos ou com a metodologia das projeções de demanda utilizadas pelo modelo.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo indicaram uma forte tendência de crescimento da pastagem na bacia hidrográfica do rio Mamanguape. Entre os principais resultados adquiridos, destaca-se a tendência de crescimento nas áreas de pastagem, obtendo um aumento de 16.13% até o ano de 2045, de forma predominante sob áreas de agricultura e vegetação savânica. No entanto, as áreas de agricultura tendem a sofrer uma redução de 56.08% para o ano de 2045. Ademais, é possível identificar um crescimento moderado de 8.86% nas áreas de vegetação herbácea e arbustiva.

Observa-se também que a maior parte das áreas de crescimento da pastagem tem como origem áreas de vegetação savânica e de agricultura, o que pode ser relevante para o desenvolvimento da gestão e planejamento do uso e cobertura da terra na bacia do rio Mamanguape. Além disso, a modelagem de cenários futuros de uso da terra pode se tornar uma ferramenta preditiva importante para o gerenciamento dos recursos hídricos, uma vez que as mudanças no uso e na ocupação do solo impactam diretamente a quantidade e qualidade de água disponível na região.

Ao longo do trabalho, as principais dificuldades consistiram no desempenho do modelo no LCM, mais especificamente no sub-modelo de transição da vegetação savânica para pastagem, sendo essas as classes mais predominantes da bacia. Essa característica do modelo influenciou a acurácia geral da modelagem, principalmente pelas transições das classes do modelo. Ainda assim, o valor Kappa de 0.67, indicou, de acordo com a literatura, um resultado substancial para o desempenho do modelo.

Por fim, a partir dos resultados obtidos, é possível inferir que a utilização do LCM pode ser de grande valia para o desenvolvimento de estudos preditivos na bacia do rio Mamanguape. Modelos como esse podem auxiliar na compreensão dos efeitos que as alterações na paisagem provocam sobre os recursos hídricos, o que contribui para o aprofundamento da análise da dinâmica territorial e serve de base para a formulação de políticas públicas e práticas de manejo voltadas ao desenvolvimento sustentável e equitativo na Bacia do rio Mamanguape.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. P.; RIBEIRO, C. B. M.; LIMA, R. N. S. (2016). “Modelagem dinâmica da mudança do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir de imagens MODIS e um modelo de sub-regiões”. Revista Brasileira de Cartografia, 68(5). DOI: 10.14393/rbcv68n5-44429.
- COSTA, E. L. et al. (2017). “Modelagem espacial da expansão da mancha urbana de Mateus Leme/MG”. Revista Geografias, p. 99–106.
- EASTMAN, J.R. (2006). IDRISI Andes: Guide to GIS and image processing. Worcester, MA: Clark Labs da Clark University.
- EASTMAN, J.R. (2016). TerrSet Manual. Worcester, MA: Clark University.

GAROFOLI, L.; RODRIGUEZ, D. A. (2022). “*Impacto observado das mudanças no uso e cobertura da terra na hidrologia de bacias com ênfase em regiões tropicais. Pesquisa Florestal Brasileira*”, 42. DOI: 10.4336/2022.pfb.42e201902069.

IBGE. (2006). Manual Técnico de Uso da Terra. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE.

LAMICHHANE, S.; SHAKYA, N. M. (2021). “*Projeção de mudanças no uso e cobertura do solo (LULC) no Vale de Katmandu usando o modelo CLUE-S*”. Journal of Advanced College of Engineering and Management, 6, p. 221–233.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. (1977). “*The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics*”. 33(1), p. 159–174. Disponível em: <https://doi.org/10.2307/2529310>.

LETA, M.; DEMISSIE, T.; TRÄNCKNER, J. (2021). “*Modeling and Prediction of Land Use Land Cover Change Dynamics Based on Land Change Modeler (LCM) in Nashe Watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia*”. Sustainability.

LIAO, G. et al. (2022). “*Land use optimization of rural production–living–ecological space at different scales based on the BP–ANN and CLUE–S models*”. Ecological Indicators, 137, 108710.

MOHANRAJAN, S. N.; LOGANATHAN, A.; MANOHARAN, P. (2020). “*Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and Challenges*”. Environmental Science and Pollution Research, 27(24), p. 29900–29926.

PREIS, C. M.; FRANCO, D.; VARELA, S. C. (2021). “*Avaliação do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Itajaí e simulação para 2027*”. Geociências, 40(2), p. 407–414.

PRIETO-AMPARÁN, J.; VILLARREAL-GUERRERO, F.; MARTÍNEZ-SALVADOR, M.; MANJARREZ-DOMÍNGUEZ, C.; VÁZQUEZ-QUINTERO, G.; PINEDO-ÁLVAREZ, A. (2019). “*Spatial near future modeling of land use and land cover changes in the temperate forests of Mexico*”. PeerJ, 7.

QUINTÃO, J. M. B. et al. (2021). “*Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso*”. Ciência e Cultura, 73(1), p. 18–24.

RODRIGUES, H. O.; SOARES-FILHO, B. S.; COSTA, W. L. de S. (2007). “*Dinâmica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais*”. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, p. 3089–3096.

SANTOS, E. C. A.; ARAÚJO, L. E. De; MARCELINO, A. S. (2005). “*Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape*”. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 19(1), p. 9–14.

SANTOS, J.O.; SOUZA, M.J.N. (2011). “*Impactos Ambientais e Riscos de Ocupação na Bacia Hidrográfica do Rio Cocó-Ceará*”. In: SILVA, E.V.; RODRIGUEZ, J.M.M.; MEIRELES, A.J. de A. (Orgs). Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas, Tomo 1. Fortaleza: Edições UFC, p. 87–120.

SILVA, A. M. et al. (2019). “*Análise de múltiplos cenários futuros climáticos e de uso e cobertura da terra na estimativa de vazões na bacia do rio Salgado, semiárido nordestino*”.

SILVA, L.; SANO, E.; PARREIRAS, T.; BOLFE, É.; ESPÍRITO-SANTO, M.; FILGUEIRAS, R.; DE SOUZA, C.; DA SILVA, C.; LEITE, M. (2024). “*Climate Change Effects on Land Use and Land Cover Suitability in the Southern Brazilian Semiarid Region*”. Land.