

Dinâmica Multitemporal das Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba

Estephania Silva Jovino ^{1*}, Daniela Maria Fernandes Tavares ², Suzana Maria Gico Lima Montenegro ³, Sylvana Melo dos Santos ⁴, Leidjane Maria Maciel de Oliveira ⁵

¹Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Brasil. (*Autor correspondente: estephania.jovino@ufpe.br)

²Doutoranda do PPGEC, UFPE, Brasil.

³Doutora em Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental (DECIV), Docente Permanente do PPGEC, UFPE, Brasil.

⁴Doutora em Engenharia Civil, DECIV, Docente Permanente do PPGEC, UFPE, Brasil.

⁵Doutora em Engenharia Civil, DECIV, Docente Permanente do PPGEC, UFPE, Brasil.

Histórico do Artigo: Submetido em: 17/02/2024 – Revisado em: 22/02/2024 – Aceito em: 17/03/2024

RESUMO

A carência de planejamento urbano afeta diretamente os recursos hídricos em bacias hidrográficas, comprometendo os serviços ecossistêmicos, e também a intensificação das atividades humanas leva a mudanças no uso do solo, prejudicando o equilíbrio do meio ambiente, a exemplo da Caatinga no Brasil, estando entre os biomas mais degradados devido à agropecuária e extrativismo. Nesse contexto, o Sensoriamento Remoto e o processamento de imagens permitem monitorar essas mudanças e influenciar políticas públicas para a gestão sustentável do ecossistema. Esta pesquisa foi desenvolvida na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, com o objetivo de realizar uma análise multitemporal das mudanças de uso e cobertura do solo, utilizando técnicas de Sensoriamento Remoto. Com isso, o banco de dados utilizado foi coletado por meio da plataforma Mapbiomas e processadas no *software* QGIS, sendo um mapa para cada ano de estudo (1990, 2000, 2010 e 2020). As mudanças de uso do solo foram expressivas na bacia, no sentido de crescimento e decrescimento de classes, como evidenciado nas mudanças significativas nas classes de área urbana e pastagem. Por outro lado, houve decrescimento significativo nas áreas de agropecuária e água. Já áreas com uso caracterizado por cultivo de cana-de-açúcar, áreas sem vegetação e vegetação tiveram discretas variações não ultrapassando 15% do valor total. Dessa forma, o estudo da evolução do uso e cobertura do solo ao longo de um período de 30 anos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba pode contribuir para futuras pesquisas objetivando aprimorar a gestão de recursos na região.

Palavras-Chaves: MapBiomas, Sensoriamento Remoto, Superfície Terrestre.

Multitemporal Dynamics of Land Use and Land Cover Changes in the Paraíba River Basin

ABSTRACT ou RESUMEN

Lack of urban planning directly impacts water resources in hydrographic basins, compromising ecosystem services. The intensification of human activities leads to changes in land use, disrupting the environmental balance. The Caatinga biome in Brazil is among the most degraded due to agriculture and extractive activities. Remote sensing and image processing allow for monitoring these changes and influencing public policies for sustainable ecosystem management. The study was conducted in the Paraíba River Basin with the aim of conducting a multi-temporal analysis of land use and land cover changes using remote sensing techniques. The database used in this work was collected through the Mapbiomas platform and processed in the QGIS software, with one map for each year of study (1990, 2000, 2010, and 2020). Significant land use changes occurred in the basin, with both growth and decline in various land cover classes. There were substantial changes in urban areas and pasture, while there was a significant decrease in agriculture and water areas. On the other hand, land with uses characterized by sugarcane cultivation, areas without vegetation, and natural vegetation showed minor variations, not exceeding 15% of the total value. Therefore, the study of land use and land cover changes over a 30-year period in the Paraíba River Basin can contribute to future studies aimed at improving resource management in the region.

Keywords: MapBiomas, Remote Sensing, Earth surface.

Jovino et al. (2024). Dinâmica Multitemporal das Mudanças de Uso e Cobertura do Solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. *Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto*, v.5, n.1, p.17-27.



Direitos do Autor. A Revista Brasileira de Sensoriamento Remoto utiliza a licença *Creative Commons* - CC BY 4.0.

1. Introdução

A ausência de planejamento urbano em uma bacia hidrográfica afeta diretamente os recursos hídricos e a dinâmica do ecossistema (Rocha et al., 2020). À medida que as atividades humanas se intensificam, as alterações no uso e cobertura do solo sofrem modificações e ainda, quando não são acompanhadas por um planejamento e gerenciamento adequado, causam impactos e comprometem a funcionalidade dos serviços ecossistêmicos (Steffen et al., 2015). Entre os serviços fornecidos pelo ecossistema, estão a produção de alimentos e a ciclagem de nutrientes do solo, essenciais para a manutenção da qualidade de vida (DeFries et al., 2004). Em um cenário de intensa intervenção humana, observa-se uma significativa perda desses serviços, o que reduz a capacidade do ambiente de sustentar atividades econômicas e a saúde humana (Carter et al., 2019).

Estudos indicam que a Caatinga no Brasil é o terceiro bioma mais degradado Myers et al. (2000), com uma estimativa de que 80% de sua cobertura vegetal tenha sido alterada, dando lugar a extensas áreas de agropecuária e extrativismo (Fonseca et al., 2017; Silva et al., 2017; Araújo Filho et al., 1996). Portanto, monitorar a dinâmica das mudanças no uso e cobertura do solo é uma prática fundamental para o planejamento territorial e ambiental, permitindo a avaliação, planejamento e controle do espaço com o uso sustentável do meio ambiente.

Nesse contexto, com pesquisas de geoespacialização, o avanço das tecnologias de monitoramento do uso e cobertura do solo, como o Sensoriamento Remoto e as técnicas de processamento digital de imagem se tornaram amplamente difundidos, possibilitando estudos mais rápidos e detalhados em bacias hidrográficas (Jovino et al., 2022; Santos et al., 2021). Vários estudos foram conduzidos com base nessas técnicas, fornecendo resultados que contribuíram para a formulação de políticas públicas para a gestão sustentável do ecossistema, dada a intensa interferência humana na dinâmica natural (Baeza et al., 2022; Armenteras et al., 2019; Mendoza et al., 2011).

O Projeto MapBiomias representa o Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, sendo uma rede colaborativa que produz mapeamentos anuais de cobertura terrestre, além de monitorar a superfície de água com dados a partir de 1985, usando técnicas de Sensoriamento Remoto. Esses dados são públicos, abertos e gratuitos, tornando acessível o conhecimento sobre as modificações espaço-temporais no uso da terra (Souza et al., 2020). Pesquisas do MapBiomias em bacias hidrográficas são de grande importância, a exemplo da área de estudo desta pesquisa que compreende a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, localizada no estado da Paraíba - Brasil, com 92% de sua área situada no bioma da Caatinga (IBGE, 2022).

O presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica multitemporal das mudanças de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, utilizando o banco de dados do MapBiomias, processando os mapas temáticos no QGIS e definindo as tipologias do uso e cobertura do solo nos anos de 1990, 2000, 2010 e 2020.

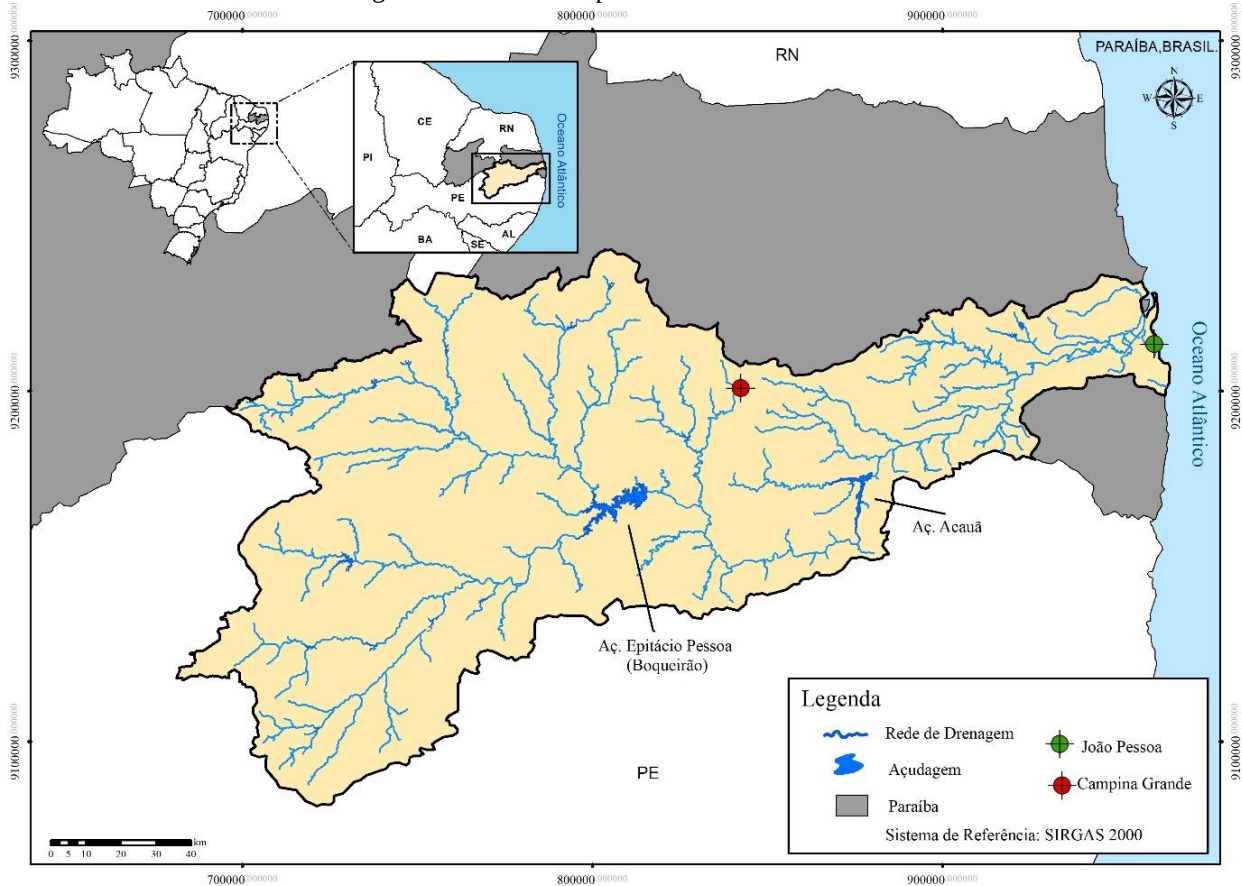
2. Material e Métodos

2.1 Área de Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba está localizada no estado da Paraíba, possuindo uma área de 20.171,8 Km², composta pela sub-bacia do Rio Taperoá e Regiões do Alto, Médio e Baixo Curso do Rio Paraíba, correspondendo a 38% do território paraibano (Figura 1). O Rio Paraíba é o maior curso de água do estado e tem suas nascentes nas proximidades do município de Sumé, desaguando no Oceano Atlântico entre os municípios de Cabedelo e Lucena. Os dois maiores municípios do estado, Campina Grande e a capital João Pessoa, estão inseridos no território desta bacia estadual (Paraíba, 2001). O clima de toda a região da bacia

hidrográfica é tropical quente e seco, com máxima de 37° e mínima de 16°, caracterizando-se um clima de semiárido (AESA, 2023; Peel et al., 2007).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Paraíba.
Figure 1 - Location map of the Paraíba River basin.



Fonte: Autores. Base geográfica extraída de: AESA (2023); IBGE (2022).

Source: Authors. Geographical base taken from: AESA (2023); IBGE (2022).

2.2 Aquisição e Processamento dos Dados

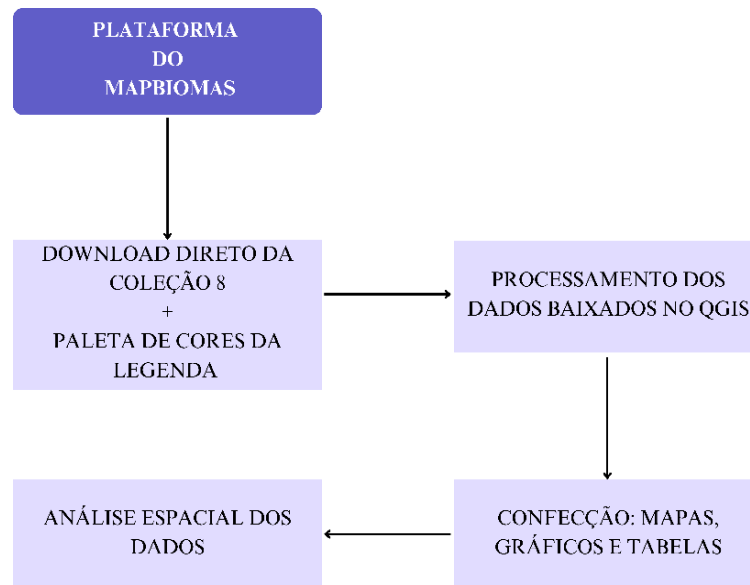
As etapas simplificadas da metodologia aplicada para o desenvolvimento da análise multitemporal do uso e cobertura do solo para a Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba estão contidas no fluxograma (Figura 2).

O banco de dados utilizado neste trabalho foi coletado na plataforma Mapbiomas, a partir do download direto da Coleção 8 com mapas de cobertura e uso da terra de todo o Brasil em formato *Geotiff*, sendo um mapa para cada ano de estudo (1990, 2000, 2010 e 2020). Foi realizado o download também dos arquivos como código da legenda e respectivas paletas de cores.

A metodologia de coleta de dados utiliza imagens do satélite Landsat e as classifica pixel a pixel, tratando os dados com uso de algoritmos, realizando os mosaicos anuais pelo algoritmo de árvore de decisão do tipo Random Forest (Mapbiomas, 2023). O processamento dos dados ocorreu no software QGIS versão

3.28.10 de livre acesso, projetando as imagens para o sistema de projeção Universal Transversal de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000. Posteriormente realizou-se o recorte dos dados coletados em formato Geotiff a partir da máscara da bacia, para produzir os mapas temáticos referente a cada ano.

Figura 2- Etapas simplificadas da metodologia aplicada.
Figure 2 - Simplified steps in the methodology applied.

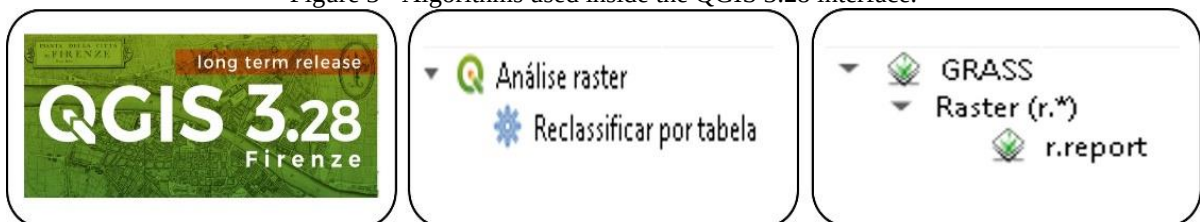


Fonte: Autores (2023)
Source: Authors (2023)

O agrupamento das classes foi realizado a partir do algoritmo “Reclassificar por tabela”, atribuindo novos valores a banda do raster com base nos intervalos especificados. A classificação obtida pelo MapBiomias gerou dezessete classes que foram agrupadas em sete classes levando em consideração os diferentes usos do solo da bacia (Tabela 1).

Para realização da análise espacial, mais especificamente para calcular as proporções de diferentes classes de uso e cobertura do solo, foi utilizada a ferramenta “r.report” contida no módulo GRASSGIS do software QGIS (Figura 3). O resultado desse processamento é a criação de um relatório estatístico que fornece informações sobre a área, em quilômetros quadrados, de cada classe de uso do solo.

Figura 3 - Algoritmos utilizados dentro da interface do QGIS 3.28.
Figure 3 - Algorithms used inside the QGIS 3.28 interface.



Fonte: Autores (2023).
Source: Authors (2023).

Para analisar as mudanças multitemporais que ocorreram ao longo dos anos foram elaborados mapas temáticos e tabelas, para cada ano de estudo (1990, 2000, 2010 e 2020), possibilitando uma análise comparativa e fornecendo uma visão detalhada das variações ocorridas.

Tabela 1 - Agrupamento das classes de uso e cobertura de solo do MapBiomias.

Table 1 - MapBiomias land use and land cover class grouping.

Classes (MapBiomias)	Agrupamento das classes
Formação de Savana	Vegetação
Formação Florestal	
Plantação Florestal	
Manguezal	
Pântano	
Pastagem	Pastagem
Campo de Grama	
Água	Água
Aquicultura	
Maré hipersalino	
Mosaico de usos	Agropecuária
Outras Culturas Temporárias	
Outras Áreas não vegetadas	Área sem vegetação
Formação Rochosa	
Praia, Duna e Área de Areia	
Área Urbana	Área Urbana
Cana-de-açúcar	Cana-de-açúcar

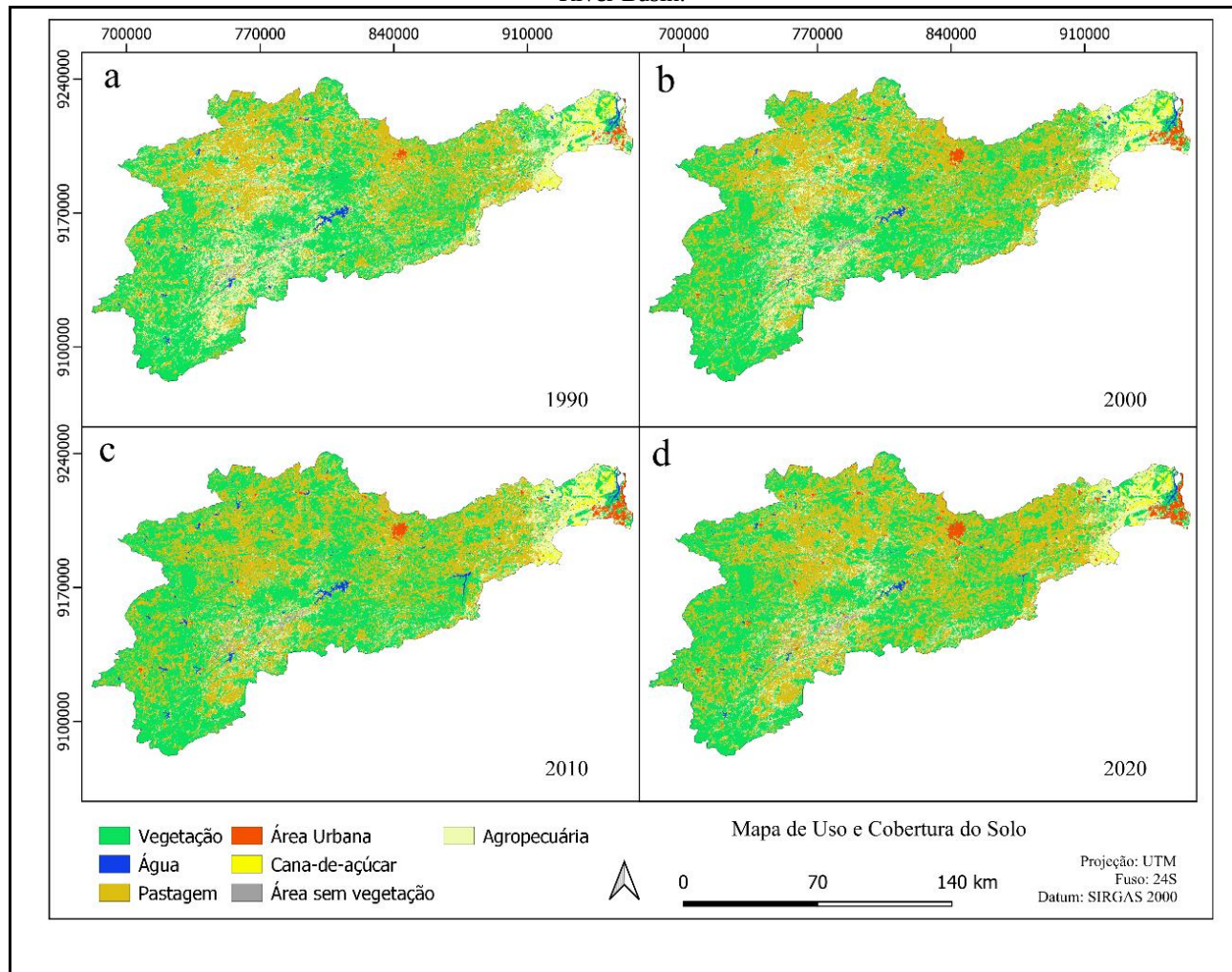
Fonte: Autores (2023).
Source: Authors (2023).

3. Resultados e Discussão

A Figura 4 apresenta os mapas com o uso e a ocupação do solo na área de estudo. Foram identificadas sete principais classes de uso: vegetação, água, pastagem, áreas urbanas, cana-de-açúcar, áreas sem vegetação e agropecuária. Ao analisar os mapas, torna-se evidente a predominância da classe de vegetação, acompanhada de um notável aumento na classe de pastagem e um crescimento significativo nas áreas urbanas, com destaque para as cidades de João Pessoa e Campina Grande (Figura 1). Além disso, destacaram-se as variações nos corpos hídricos dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba, especialmente os açudes de Boqueirão e Acauã.

Figura 4 - Mapa de uso e cobertura do solo para os anos de (a) 1990, (b) 2000, (c) 2010 e (d) 2020 da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.

Figure 4 - Land use and land cover map for the years (a) 1990, (b) 2000, (c) 2010 and (d) 2020 of the Paraíba River Basin.



Fonte: Autores. Base geográfica extraída de: MapBiomas (2023).
Source: Authors. Geographical base taken from: MapBiomas (2023).

Nesse contexto, a Tabela 2 apresenta os valores das áreas para cada classe de uso do solo, enquanto a Tabela 3 exibe o percentual de cada ano e suas variações entre 1990 e 2020.

Tabela 2 - Classes de uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.
 Table 2 - Land use and land cover classes in the Paraíba River Basin.

Classe	Área (Km ²)			
	1990	2000	2010	2020
Vegetação	9.081,1	9.297,5	9.934,6	8.943,2
Água	181,7	127,0	214,4	138,9
Pastagem	5.684,2	6.493,7	6.999,9	7.723,7
Área Urbana	102,1	186,9	226,9	294,6
Cana-de-açúcar	215,5	215,2	218,7	214,7
Área sem vegetação	205,4	279,2	178,5	230,2
Agropecuária	4.701,8	3.572,5	2.398,8	2.626,6
Total	20.171,8	20.171,8	20.171,8	20.171,8

Fonte: Autores (2023).
 Source: Authors (2023).

Tabela 3 - Percentual e variação das classes de uso e cobertura do solo da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba.
 Table 3 - Percentage and variation of land use and land cover classes in the Paraíba River Basin.

Classe	Uso 1990 (%)	Uso 2000 (%)	Uso 2010 (%)	Uso 2020 (%)	Variação (%) (1990-2020)
Vegetação	45,02	46,09	49,25	44,33	-1,52
Pastagem	28,18	32,19	34,70	38,29	35,88
Agropecuária	23,31	17,71	11,89	13,02	-44,14
Cana-de-açúcar	1,07	1,07	1,08	1,06	-0,40
Área sem vegetação	1,02	1,38	0,89	1,14	12,05
Área Urbana	0,51	0,93	1,12	1,46	188,63
Água	0,90	0,63	1,06	0,69	-23,55
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fonte: Autores (2023).
 Source: Authors (2023).

É notável que ocorreu uma redução significativa (44,14%) na classe de agropecuária ao comparar os anos de 1990 e 2020 (Tabela 3), diminuindo de 4.701,8 Km² para 2.626,6 Km² (Tabela 2). Observa-se, por outro lado, um aumento (35,88%) na área destinada à pastagem, que cresceu de 5.684,2 Km² para 7.723,7 Km². Esse fenômeno sugere uma tendência de substituição entre essas duas categorias, devido às suas semelhanças.

Quanto à cobertura de água, houve uma diminuição (23,55%) ao comparar 1990 e 2020 (Tabela 3). Em 1990, a cobertura de água na bacia era de 181,7 Km², enquanto, em 2020, esse número decresceu para 138,9 Km² (Tabela 2). É relevante destacar que em 2010, a classe de água atingiu seu ponto máximo, com uma cobertura de 214,4 Km², representando 1,06% da área total da bacia. Conforme destacado nas pesquisas de Gomes et al. (2017) em sua utilização do Mapbiomas para o município de Petrolândia - PE, ficou evidente que a classe de uso do solo relacionada à água apresenta variações discretas em comparação com as demais classes. Essa observação fortalece e confirma os resultados obtidos na pesquisa realizada.

No que diz respeito à classe de uso do solo destinada ao cultivo de cana-de-açúcar, observou-se uma diminuição leve (0,40%) na cobertura. Isso sugere a manutenção das áreas destinadas a esse cultivo, com poucas alterações significativas. A cultura de cana-de-açúcar é predominantemente encontrada na região litorânea da bacia, com destaque para o município de João Pessoa (Figura 2).

Em relação à presença da classe de uso de vegetação, observou-se uma redução discreta (1,52%) em sua cobertura, atingindo o pico em 2010 com 9.934,6 km² e o ponto mais baixo em 2020, com uma cobertura de 8.943,2 Km². Para a classe de áreas sem vegetação ou solo exposto, identificou-se um aumento (12,05%), passando de 205,02 Km² em 1990 para 230,2 Km² em 2020. Essa variação pode ser atribuída à precipitação média dos anos analisados e às dificuldades do Mapbiomas em identificar vegetação na Caatinga em geral. Foi notável a flutuação nas áreas sem vegetação, atingindo o máximo de 279,2 Km² em 2000 e o mínimo de 178,5 Km² em 2010. De acordo com a pesquisa de Almeida et al. (2018), a análise do uso e ocupação do solo na região do Agreste de Pernambuco revelou uma tendência de preservação das áreas de vegetação de forma geral. Além disso, a pesquisa destacou uma contribuição notável das áreas destinadas a atividades agropecuárias na região.

Por fim, observa-se um crescimento de aproximadamente 189% na classe de uso do solo destinada a áreas urbanas consolidadas (Tabela 3). Essa área tinha 102,1 Km² em 1990 e aumentou para 294,6 Km² em 2020 (Tabela 2). Além desse crescimento, também é possível notar que ele ocorreu de forma constante ao longo dos anos. As regiões metropolitanas de João Pessoa e Campina Grande se destacaram como as principais áreas de crescimento urbano, sendo estas as duas maiores cidades do estado, com a primeira sendo a capital. Leonardo et al. (2021) conduziu uma análise abrangente da evolução do uso do solo no município de Ibimirim, utilizando a plataforma Mapbiomas. Este estudo concentrou-se principalmente no crescimento da área urbana no município ao longo de um período de dez anos, de 2011 a 2020, revelando um aumento substancial das áreas urbanas ao longo desse período. Essa tendência de expansão urbana também foi observada na bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

As mudanças de uso do solo foram expressivas na bacia, no sentido de crescimento e decréscimo de classes. Houve mudanças significativas nas classes de área urbana (Figura 4) e pastagem. Por outro lado, houve decréscimo significativo nas áreas de agropecuária e água. Já áreas com uso caracterizado por cultivo de cana-de-açúcar, áreas sem vegetação e vegetação tiveram discretas variações não ultrapassando 15% do valor total. Mendoza et al. (2011) empregam a análise multitemporal do uso do solo como uma ferramenta essencial para a gestão de uma bacia hidrográfica. Os referidos autores identificaram variações significativas, principalmente na dinâmica dos corpos hídricos na bacia sob investigação, demonstrando assim a eficácia das análises temporais para uma gestão adequada da cobertura e do uso do solo.

4. Conclusão

A análise do comportamento do uso e ocupação na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba entre os anos de 1990 a 2020 revelou mudanças significativas. Houve um aumento notável nas áreas de pastagem (35,88%), áreas sem vegetação (12,05%) e de área urbana (188,63%). Por outro lado, foi observada uma diminuição nas áreas de presença de água (23,55%), agropecuária (44,14%), vegetação (1,52%) e, de forma discreta, nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar (0,40%). É digno de destaque o crescimento expressivo da área urbana na bacia, o qual é resultado do desenvolvimento das regiões metropolitanas de João Pessoa e Campina Grande.

Dessa forma, o estudo da evolução do uso e ocupação do solo ao longo de um período de 30 anos na bacia hidrográfica do rio Paraíba permitiu identificar a dinâmica da cobertura do solo. Através da comparação das áreas de cobertura ao longo desse período, foram destacados aspectos significativos que podem contribuir para estudos futuros com o objetivo de aprimorar a gestão de recursos na região. Isso é de grande relevância, uma vez que a região desempenha um papel extremamente importante para o estado da Paraíba, abrangendo suas duas principais cidades.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem às agências de fomento FACEPE pelas bolsas de doutorado concedidas, a primeira autora (Processo n.0198-3.01/23) e a segunda autora (Processo n. 1364-3.01/22) proporcionando dessa forma suporte para o desenvolvimento do avanço científico-tecnológico na área do presente estudo. Ao CNPq pela bolsa de Produtividade em Pesquisa – PQ da terceira autora (Processo n. 313392/2020-0), pelo financiamento do projeto Universal (Chamada Universal – Processo n. 431980/2018-7), pelo INCT ONSeadapta CNPq Proc. 406919/2022-4 e ao Projeto Sensoriamento remoto aplicado no delineamento espaço-temporal de corpos hídricos e áreas verdes no Semiárido brasileiro.

6. Referências

- AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba. (2023) **Shapefiles**. Disponível em: <<http://geoserver.aesa.pb.gov.br/geoprocessamento/geoportal/shapes.html>>. Acesso em :20 set. 2023.
- Armenteras, D., Murcia, U., González, T. M., Barón, O. J., Arias, J. E. (2019). Scenarios of land use and land cover change for NW Amazonia: Impact on forest intactness. **Global Ecology and Conservation**, 17, e00567. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00567>.
- Almeida, N. O., Oliveira, M. M., Candeias, A. L. B.; Bezerra, U. A., Leite, A. C. S. (2018). Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.4, n.1, p.58-68.
- Araújo Filho, J. A. (1996). **Desenvolvimento Sustentável da Caatinga**. Sobral: Ministério da Agricultura/EMBRAPA/CNPC, 20p.
- Baeza, S., Vélez-Martin, E., De Aballeyra, D., Banchemo, S., Gallego, F., Schirmbeck, J., Hasenack, H. (2022). Two decades of land cover mapping in the Río de la Plata grassland region: The MapBiomass Pampa initiative. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, 28, 100834.
- Carter, S. K., Fleishman, E., Leinwand, I. I. F., Flather, H. C., Carr, N. B., Fogarty, F. A., Leu, M., Noon, B. R., Wohlfeil, M. E., Wood, D. J. A. (2019). Quantifying Ecological Integrity of Terrestrial Systems to Inform

Management of Multiple-Use Public Lands in the United States. **Environmental Management**, 64, 1, 1-19. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-019-01163-w>.

DeFries, R.S., Foley, J.A., Asner, G.P. (2004). Land-use choices: Balancing human needs and ecosystem function. **Front. Ecol. Environ**, 2, 249–257.

Fonseca, C. R., Antongiovanni, M., Matsumoto, M., Bernard, E., Venticinque, E. M. (2017). **Conservation opportunities in the Caatinga**. In: Silva, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (eds.) *Caatinga. The largest tropical dry forest region in South America*. Cham: Springer International Publishing, 429-444.

Gomes, S. O., Lima, V. N., Candeias, A. L. B., Silva, R. R. (2017). Uso e cobertura dos solos de Petrolândia utilizando MAPBIOMAS. Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e do XXVI Expositiva, Rio de Janeiro, RJ, 805-808.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal. (2022). Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em: 20 set. 2023.

Jovino, E. S., Angelini, R., Costa, C. W., Bressiani, D. D. A., Cunha, K. P. V. D. (2022). Impactos do uso e cobertura do solo na produção de sedimentos em área de manancial peri-urbano tropical. **Sociedade & Natureza**, 34. <https://doi.org/10.14393/SN-v34-2022-64640>.

Leonardo, H. R. S. L., Salgueiro, C. O. B., Almeida, D. N. O., Santos, S. M., Oliveira, L. M. M. (2021). Sensoriamento Remoto Aplicado na Geoespacialização do Reservatório Poço da Cruz - PE e seu Entorno. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 14 (6): 3592-3607.

Mendoza, M.E., Granados, E.L., Geneletti, D., Pérez-salicrup, D.R., Salinas, V. (2011). Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003). **Applied Geography**, v.31, p.237-350.

Myers, N., Mittermeier, R., Mittermeier, C., Fonseca, G. A. B., Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, 403, 853–858. <https://doi.org/10.1038/35002501>.

Paraíba. Governo do Estado. Proágua semiárido. (2001). Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paraíba. Relatório Final. Volume I/Secretaria Extraordinária do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e Minerais – SEMARH.

Peel, M. C., Finlayson, B.L., McMahon T.A. (2007). Updated world map of the KöppenGeiger climate classification. **Hydrol. Earth Syst. Sci.**, 11, 1633-1644.

Projeto MapBiomass – **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**, acessado em 10 de set. 2023. através do link: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>.

Rocha, G. S., Pinheiro, A. V. R., Costa, C. E. A. S. (2020). Gestão dos Recursos Hídricos no Município de Parauapebas (PA): Avaliação dos Usos, Alteração dos Cenários e Possíveis Impactos. **Research, Society and Development**, 9(4), e194943042-e194943042.

Santos C. W., Magalhães F. F. J. C., Santos, T. L. (2021). Uso e cobertura do solo utilizando a Plataforma Google Earth Engine (GEE): Estudo de caso em uma Unidade de Conservação / Land use and land cover using

the Google Earth Engine Platform (GEE): Case study in a Conservation Unit. **Brazilian Journal of Development**, 7(2), 15280–15300. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-243>.

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. **Science**, 347(6223), 1259855.

Silva, J. M. C., Barbosa, L. C. F. (2017). **Impact of human activities on the Caatinga**. In: Silva, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (eds.) *Caatinga. The largest tropical dry forest in South America*. Cham: Springer International Publishing, 359-368.

Souza, C. M. J., Shimbo, J. Z., Rosa, M. R., Parente, L. L., Alencar, A. A., Rudorff, B. F. T., Hasenack H., Matsumoto, M., Ferreira, L. G., Souza Filho, P. W. M. (2020). Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, 12(17):2735. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>.