



ANAIS

ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA EM JOÃO PINHEIRO, MG: INVESTIGANDO SUA RELAÇÃO COM A EXPANSÃO AGROPECUÁRIA

LETICIA TONDATO ARANTES

leticia.tondato@unesp.br

UNESP

ARTHUR PEREIRA DOS SANTOS

arthur.p.santos@unesp.br

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO

ANA LAURA DE PAULA

al.paula@unesp.br

UNESP SOROCABA

ALESSANDRO JUNIOR

alessandro.junior@unesp.br

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - ICTS - CÂMPUS DE SOROCABA

DARLLAN COLLINS DA CUNHA E SILVA

darllan.collins@unesp.br

UNESP - INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA CÂMPUS DE SOROCABA

RESUMO: Nos últimos anos, tem sido observada uma expansão significativa das áreas agrícolas e mudanças no uso do solo em detrimento das áreas de floresta, muitas vezes de forma desordenada, ocasionando uma série de danos ao meio ambiente. Nesse sentido, este estudo investigou as mudanças no uso e cobertura da terra no município de João Pinheiro, MG, entre os anos de 1990 e 2020, utilizando o módulo LCM (Land Change Modeler) como principal ferramenta de análise, com base nos dados do MapBiomass. Os resultados evidenciam transformações significativas no uso e cobertura da terra no município de João Pinheiro ao longo das últimas décadas, com um aumento expressivo das áreas destinadas à agropecuária em detrimento das áreas florestais, destacando a importância de políticas e práticas de gestão ambiental para promover um desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos naturais na região. A aplicação do modelo LCM permitiu uma análise detalhada das mudanças na paisagem, identificando padrões e áreas que sofreram aumento ou redução, fornecendo insights valiosos para a tomada de decisões. Esses resultados ressaltam a importância de ações coordenadas e sustentáveis para promover a exploração e gestão dos recursos ambientais, sem comprometer os recursos para as gerações futuras.

PALAVRAS CHAVE: Geoprocessamento; Sustentabilidade; SIG; Agricultura

ABSTRACT: In recent years, there has been a significant expansion of agricultural areas and changes in land use at the expense of forest areas, often in a disorderly manner, causing a series of damages to the environment. In this regard, this study investigated changes in land use and land cover in the municipality of João Pinheiro, MG, between the years 1990 and 2020, using the LCM (Land Change Modeler) module as the main analysis tool, based on MapBiomass data. The results highlight significant transformations in land use and land cover in João Pinheiro over the last decades, with a significant increase in areas allocated to agriculture at the expense of forest areas, emphasizing the importance of environmental management policies and practices to promote sustainable development and conservation of natural resources in the region. The application of the LCM model allowed for a detailed analysis of landscape changes, identifying patterns and areas that have experienced increases or decreases, providing valuable insights for decision-making. These results underscore the importance of coordinated and sustainable actions to promote the exploitation and management of environmental resources without compromising resources for future generations.

KEY WORDS: Geoprocessing; Sustainability; GIS; Agriculture

1. INTRODUÇÃO

Atualmente um dos desafios fundamentais reside na interação entre as atividades econômicas e os recursos ambientais, com destaque para a agricultura, sendo crucial promover a exploração e gestão dos recursos ambientais, sem comprometer os recursos para as gerações futuras, especialmente diante da crescente demanda global por alimentos (STEFFEN et al., 2015; REIS et al., 2021; SHEN et al., 2021; ARANTES et al., 2023).

O Brasil se destaca como um dos principais produtores e exportadores de alimentos em escala global, e o setor agropecuário emerge como um dos principais motores do crescimento econômico nacional nas últimas décadas, ocupando o segundo lugar na produção mundial de soja (FAO, 2019). No entanto, os recursos ambientais estão sob crescente estresse e degradação, sendo as mudanças no uso e cobertura da terra (LULC) um dos mais importantes impulsionadores antropogênicos de mudanças ambientais, por conseguinte, enfrentando desafios relacionados à sustentabilidade ambiental, sendo essencial o monitoramento e mitigação das consequências decorrente dessas modificações (ANSARI; GOLABI, 2019; FAO, 2020; LOURENÇO et al., 2022; ARANTES et al., 2023).

Conforme apresentado por Aksoy et al. (2022), um dos motivos que torna essas mudanças (uso e cobertura da terra) uma das questões ambientais mais urgentes em escala global é sua estreita relação com a demanda por alimentos, habitação e crescimento econômico. Nesse cenário, o mapeamento do uso e cobertura da terra tem sido reconhecida como um componente fundamental em várias aplicações e estudos, sendo um recurso crucial para avaliar os efeitos das mudanças na ocupação do território (DUTTA et al., 2019; HOU; WU; XIE, 2020; LIU et al., 2020; TALUKDAR et al., 2020; ARANTES et al., 2023), como a avaliação de impactos ambientais, planejamento do território e estabelecimento de políticas regulatórias (BARBOSA et al., 2021).

O sensoriamento remoto (SR) em conjunto com sistemas de informação geográfica (SIG), tem sido amplamente aplicado e reconhecido como uma ferramenta eficaz na detecção de mudanças no uso e cobertura da terra (ANSARI; GOLABI, 2019; THY et al., 2021), possibilitando o mapeamento de uma grande extensão territorial e alta resolução espacial. Dentre os métodos e técnicas avançadas para a essa avaliação, destaca-se o Land Change Modeler (LCM) (AYELE et al., 2019; ZARANDIANO et al., 2023), o qual possibilita a modelagem e previsão de mudanças ao longo dos anos, permitindo entender as tendências de transformação do ambiente e suas consequências (MOTLAGH et al., 2021).

Assim, tem-se como objetivo investigar as mudanças no uso e cobertura da terra no município de João Pinheiro, MG, para os anos de 1980 e 2020, utilizando o módulo LCM (Land Change Modeler) como ferramenta principal de análise. Possibilitando compreender a dinâmica dessas mudanças ao longo do tempo, avaliando os fatores que influenciaram tais transformações e fornecendo subsídios para o planejamento sustentável e a gestão do território.

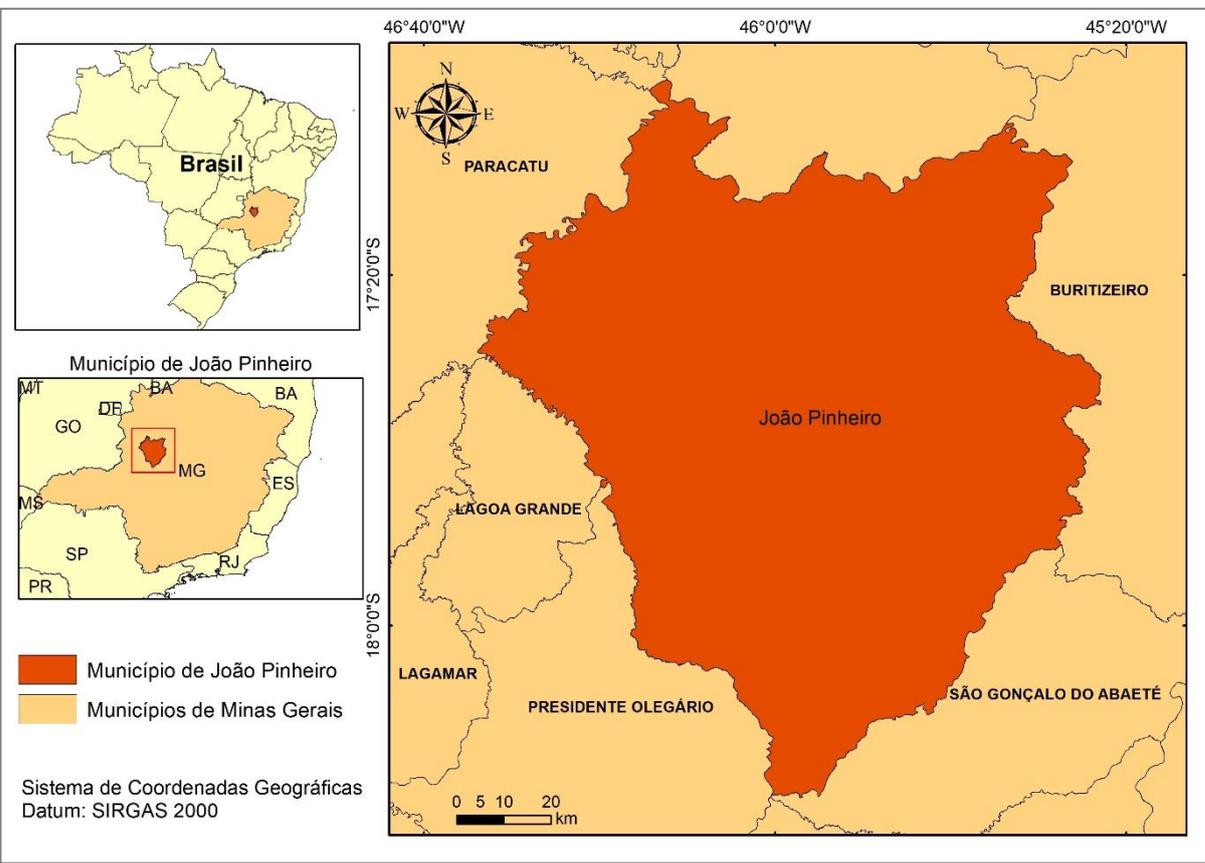
A importância desse estudo se torna ainda mais incisiva pelo fato de o município estar inserido no Bioma Cerrado, notadamente marcado pela conversão dos usos e cobertura da terra (BUSTAMANTE et al., 2019). Este bioma já perdeu mais de 50% de sua vegetação natural, principalmente devido à expansão agrícola (INPE, 2020), com projeções indicando que entre 31% e 34% do bioma remanescente poderá ser desmatado até 2050 (STRASSBURG et al., 2017). Nesse contexto, a análise do uso e cobertura da terra por meio de SIG, podem auxiliarem no processo de planejamento de políticas destinadas à redução do desmatamento e à conservação dessas áreas.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

Para o desenvolvimento desse estudo, o município de João Pinheiro, localizado na Mesorregião Noroeste do estado de Minas Gerais, Brasil, foi escolhido como área de estudo (Figura 1). Com uma extensão territorial aproximada de 10,723 km², João Pinheiro destaca-se como um importante centro agropecuário na região, conforme dados fornecidos pela Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais (SEAPA, 2021).

FIGURA 1. Localização do município de João Pinheiro, Minas Gerais.



Fonte: Os Autores (2024).

O município está localizado dentro do Bioma Cerrado, que é classificado como o segundo maior bioma da América Latina (MIRANDA, 2014), considerado um dos hotpots mundiais para a conservação da biodiversidade, devido à sua notável variedade de vida e à elevada taxa de espécies endêmicas (SANO et al., 2019).

A região a qual o município pertence é conhecida por seu grande potencial das atividades agropecuárias, com grande avanço na produção de grãos e gado, resultando em mudanças visíveis na paisagem e uso e cobertura da terra (EMBRAPA, 2018; GUALDANI; SOBRINHO, 2023). Somado a isso, o município de João Pinheiro está entre os vinte municípios com maior área potencialmente irrigada pelos equipamentos de pivôs centrais em 2020 (EMBRAPA, 2020).

3. METODOLOGIA

3.1 Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra

A metodologia adotada neste estudo baseou-se na utilização dos dados da Coleção 7.1 do MapBiomas, que oferece uma coleção de dados anuais de cobertura e uso da terra. O mapeamento produzido pelo MapBiomas é baseado em imagens dos satélites Landsat, da Agência Espacial Norte-Americana (NASA), com uma resolução espacial de 30 metros. Toda a metodologia de mapeamento do uso e cobertura da terra é realizada utilizando a plataforma do Google Earth Engine (GEE), que opera em nuvem, proporcionando robustez e ampla capacidade de processamento (SOUZA et al., 2020).

Para isso, empregou-se a plataforma Google Earth Engine (GEE) como ferramenta para obtenção dos dados de uso e cobertura da terra para o município de João Pinheiro, provenientes do MapBiomas, para os anos de 1990 e 2020, visando realizar uma análise espaço-temporal das mudanças nos padrões de uso e cobertura da terra ao longo desses anos.

Para alcançar os objetivos estabelecidos, os dados foram categorizados de acordo com o nível 1 estabelecido pelo MapBiomas, facilitando a análise das tendências de mudança ao longo do tempo. Assim, foi elaborado o Quadro 1 que sistematiza as categorias uso e cobertura da terra consideradas neste estudo, permitindo uma melhor compreensão e interpretação dos resultados.

QUADRO 1. Classes de cobertura e uso da terra da Coleção 7 do MapBiomas.

Classes de cobertura e uso da terra - Mapbiomas			
Agropecuária	Silvicultura	Floresta	Formação Florestal
	Pastagem		Formação Savânica
	Cana	Formação Natural não Florestal	Formação Campestre
	Mosaico de Usos		Campo Alagado e Área Pantanosa
	Cítrus		
	Soja		
	Outras Lavouras Perenes	Área não Vegetada	Área Urbanizada
	Outras Lavouras Temporárias		Outras Áreas não Vegetadas

Fonte: Os Autores (2024).

3.2 Modelagem das mudanças de uso e cobertura da terra – LCM

Em seguida, a modelagem da transição do uso e cobertura da terra no município de João Pinheiro, foi realizada por meio do *software* TerrSet, mais especificamente com o modelo LCM, baseada em redes neurais artificiais (RNA) e análise em cadeia de Markov (EASTMAN, 2012). Esse modelo desenvolvido pela Clark labs (EASTMAN, 2012) avalia os efeitos das

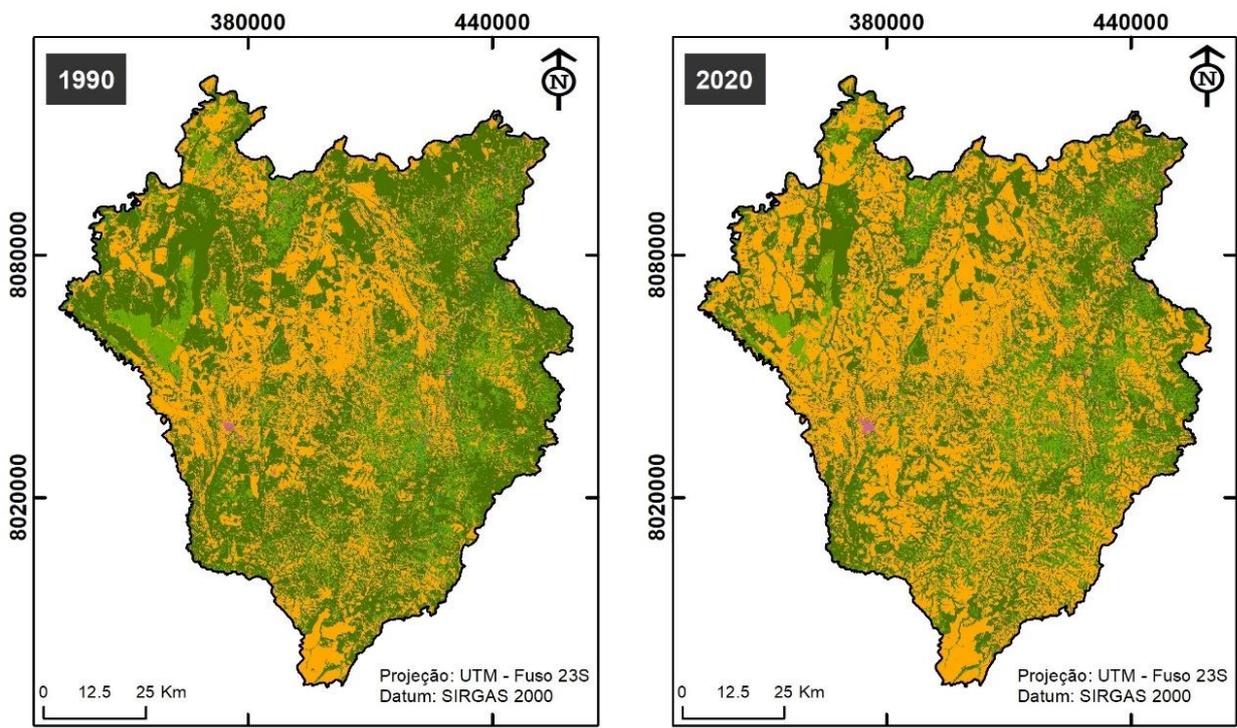
mudanças de uso e cobertura da terra por meio de ferramentas que possibilitam: analisar mudanças ocorridas na paisagem ao longo do tempo, modelar o potencial de transição, prever mudanças e avaliar alterações sobre a biodiversidade (LOLLO et al., 2019; ZARANDIAN, 2023).

Após a etapa inicial de preparação dos dados (uso e cobertura da terra), foi realizada à conversão dos arquivos para o formato nativo do *software* TerrSet, bem como a configuração dos parâmetros essenciais para a análise subsequente, incluindo a definição das classes de uso do solo a serem consideradas na análise e os períodos a serem comparados (1990 e 2020). Com base nessas configurações, foram gerados os mapas que refletiam as perdas e ganhos em termos percentuais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 exibe uma análise espaço-temporal dos mapas de uso e cobertura da terra para os anos de 1990 e 2020, para o município de João Pinheiro. Essa representação permite visualizar as mudanças ocorridas no cenário e na distribuição espacial dos diversos usos e coberturas da terra ao longo desse período.

FIGURA 2. Mapa de uso e cobertura da terra do ano de 1990 e 2020.



Classes de Uso e Cobertura da Terra

- Agropecuária
- Formação Natural não Florestal
- Área não Vegetada
- Floresta
- Corpo d'Água

Fonte: Os Autores (2024).

Por meio da análise dos mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 1990 e 2020 (Figura 2) evidencia-se uma expansão da atividade agrícola no município de João Pinheiro. Essa expansão é claramente perceptível nos dados, onde é possível observar que, mesmo em 1990, a área destinada à agricultura já ocupava uma parcela significativa do território.

No entanto, ao compararmos com os dados de 2020, torna-se evidente um aumento considerável na extensão das áreas agrícolas, indicando uma expansão contínua ao longo das últimas décadas. Essa tendência sugere um aumento na demanda por terras para atividades agrícolas, possivelmente impulsionada pelo crescimento populacional e pela intensificação da produção agrícola na região.

Esses padrões podem refletir tanto pressões socioeconômicas quanto ambientais, destacando a importância de políticas de conservação e manejo sustentável. Conforme apresentado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2018), esse cenário ocorre em toda a região noroeste de Minas Gerais, dada a expressividade da atividade agropecuária nessa região, com um grande avanço na produção de grãos e gado, resultando em mudanças visíveis na paisagem e uso e cobertura da terra.

As quantificações de cada classe de uso e cobertura da terra (km²) bem como sua representatividade (%) são exibidas na Tabela 1.

TABELA 1. Tabela de distribuição da área e percentual da classe do uso e cobertura da terra para o município de João Pinheiro (1990 e 2020).

Classe de Uso e Cobertura da Terra	Ano de Análise			
	1990		2020	
	Total (km ²)	Total (%)	Total (km ²)	Total (%)
Agropecuária	3611,173	33,66	5195,18	48,43
Floresta	5576,942	51,99	4166,252	38,84
Formação Natural Não Florestal	68,701	0,64	60,306	0,56
Corpo d'Água	60,032	0,56	32,144	0,30
Área não Vegetada	149,624	1,39	172,023	1,60

Fonte: Os Autores (2024).

A Tabela 1 exibe dados comparativos do mapeamento do uso e cobertura da terra para os anos de 1990 e 2020, destacando as diferentes classes de cobertura e sua respectiva área (km²) e percentual em relação à área total do município de João Pinheiro.

Ao analisar a classe denominada “Agropecuária”, observa-se que em 1990 ocupava uma área de 3611,173 km², o que representava 33,66% da área total do município. Entretanto, ao avançarmos para 2020, essa área apresentou um aumento, alcançando 5195,18 km², correspondendo agora a 48,43% da área total. Esses dados evidenciam uma expansão considerável das atividades agropecuárias ao longo das últimas décadas, sendo a classe com maior expansão com relação as demais analisadas.

Por outro lado, a classe de “Floresta” apresentou uma redução em sua área total, passando de 5576,942 km² (51,99%) em 1990 para 4166,252 km² (38,84%) em 2020, por conseguinte, sugerindo um processo de desmatamento e/ou conversão de áreas florestais para outros usos, o que pode ter consequências significativas para a biodiversidade e o equilíbrio ambiental da região. Conforme apresentado por Arantes et al. (2021), mudanças no uso e cobertura da terra, como a redução ou supressão da vegetação nativa em decorrência do aumento das atividades agrícolas, podem resultar em um maior potencial de escoamento superficial, afetando a dinâmica da água e a qualidade do solo.

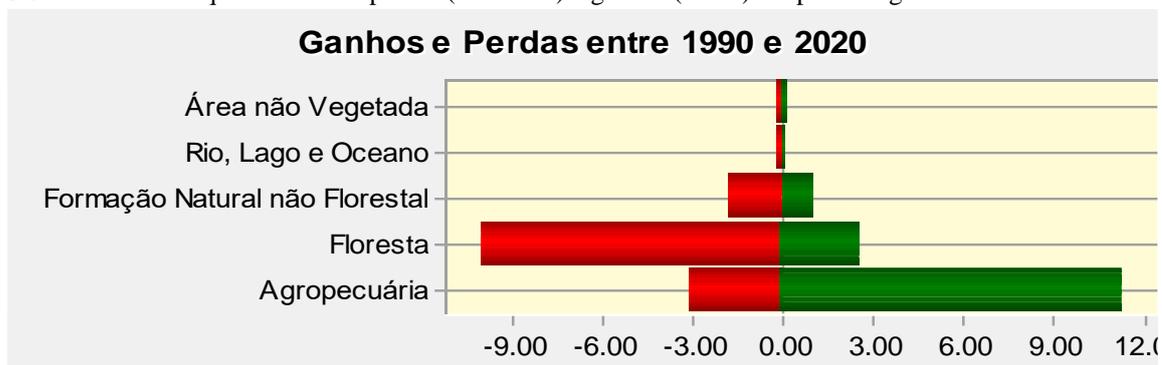
A classe de “Formação Natural não Florestal” teve uma diminuição de sua área, de 68,701 km² (0,64%) em 1990 para 60,306 km² (0,56%) em 2020, enquanto a classe referente ao “Corpo d’Água” também registrou uma redução, passando de 60,032 km² (0,56%) para 32,144 km² (0,30%), indicando possíveis alterações nos padrões de hidrologia e recursos hídricos do município.

Por fim, a classe destinada a “Área não Vegetada”, composta por área urbanizada e área não vegetada, exibiu um aumento discreto de sua área, de 149,624 km² (1,39%) em 1990 para 172,023 km² (1,60%) em 2020, o que pode refletir a expansão das áreas urbanizadas, de outras formas de intervenção humana no ambiente.

Nesse sentido, os dados evidenciam transformações significativas no uso e cobertura da terra no município de João Pinheiro ao longo das últimas décadas, com um aumento das áreas destinadas à agropecuária em detrimento das áreas florestais, destacando a importância de políticas e práticas de gestão ambiental para promover um desenvolvimento sustentável e a conservação dos recursos naturais na região.

Por conseguinte, para visualizar as tendências de mudança de uso e cobertura da terra, terra ao longo do tempo, na Figura 3 é apresentado o gráfico de perda e ganho de área para os anos de 1990 e 2020. Este gráfico oferece uma representação dinâmica das alterações na extensão territorial das diversas classes de uso da terra, permitindo uma análise comparativa entre os dois períodos temporais.

FIGURA 3. Gráfico quantitativo de perdas (vermelho) e ganhos (verde) em porcentagem.



Fonte: TerrSet (2024).

Ao analisar as mudanças ocorridas no município (Figura 3), evidencia-se que Agropecuária exerce um papel central, tanto como impulsionadora de expansão quanto como competição direta por espaço com outros tipos de cobertura e uso da terra, uma vez que a

expansão da agropecuária se deu em detrimento de outras classes, principalmente, em detrimento da classe de Floresta.

Na classe destinada a Agropecuária, observa-se uma tendência de expansão, evidenciada pelo ganho de 11.39% em sua área, embora isso seja contrabalançado por uma perda de 3.04%, sugerindo uma dinâmica de transformação das paisagens, provavelmente associada à intensificação das atividades agrícolas e de pastagem no município.

Essa expansão da agropecuária no município de João Pinheiro, embora possa indicar um desenvolvimento econômico, também traz consigo desafios significativos em termos de sustentabilidade. O aumento das áreas destinadas as atividades agropecuárias frequentemente estão associadas à conversão de áreas naturais, como florestas e formações naturais, o que pode resultar em perda de biodiversidade, degradação do solo e comprometimento dos recursos hídricos (PANDEY et al., 2018; LOURENÇO et al., 2022; ARANTES et al., 2023). Portanto, é crucial adotar práticas agrícolas e pecuárias sustentáveis, como o plantio direto, rotação de culturas, controle de erosão, visando mitigar os impactos ambientais e promover a conservação dos ecossistemas locais.

De acordo com o Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o Brasil, prevê-se que as mudanças climáticas tenham um impacto substancial na produtividade agrícola, as quais podem afetar negativamente a produtividade das pastagens e cultivos de grãos até o ano de 2050. Nesse cenário, prevê-se se que o aumento no uso da irrigação intensifique a competição por recursos hídricos, representando uma ameaça para setores que dependem da água, como a agricultura e a produção de energia hidrelétrica, expondo o crescimento do Brasil a riscos climáticos substanciais (ONU BRASIL, 2023).

Esse cenário já é evidenciado na área de estudo em questão, onde o uso intenso para irrigação na bacia do Rio Paracatu, na qual o município está inserido, tem contribuído para a diminuição da vazão do rio (SOUZA; SANT ANA, 2020), gerando tendências de conflito pelo uso da água entre os próprios irrigantes (GUIMARÃES e LANDAU, 2020).

Por outro lado, a classe Floresta surge com uma perda significativa de 10.04% em sua área, logo, sugerindo uma conversão de áreas florestais para terras agrícolas ou de pastagem, em resposta às demandas por produção de alimentos e recursos. O processo de degradação ou supressão da vegetação natural, que se manifesta pela diminuição da biomassa, representa uma ameaça à biodiversidade e pode provocar a degradação dos solos (YENGOH et al., 2015). Somado a isso, vários estudos mostram que a classe florestal está associada a melhores condições de qualidade da água, em contrapartida, piores níveis de qualidade referem-se às classes de áreas urbanizadas e agrícolas (SHEN et al., 2015; MELLO et al., 2018).

Além disso, a categoria de Formação Natural não Florestal também parece ter sido afetada, embora em menor escala, com uma perda de 1.76% em sua área. Esses resultados indicam que áreas de vegetação natural podem ter sido convertidas para usos agrícolas.

A análise das classes de Rio, Lago e Oceano, e Área não Vegetada revela variações mais sutis, com ganhos e perdas marginais em suas áreas ao longo do tempo. Embora essas mudanças possam ser menos pronunciadas, ainda são dignas de atenção, especialmente considerando seu papel na manutenção dos ecossistemas e na sustentabilidade ambiental.

A aplicação do LCM surge como uma ferramenta essencial para entender e abordar os desafios complexos relacionados à gestão do uso da terra e à conservação dos recursos naturais, uma vez que fornece insights importantes sobre a dinâmica das mudanças e orienta ações para

promover o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente para as futuras gerações.

Diante dos resultados, evidencia-se a importância do gerenciamento e monitoramento contínuos das áreas sujeitas a mudanças, especialmente nas regiões onde a expansão agrícola tem sido significativa no município. Nesse contexto, é imprescindível que sejam implementadas políticas públicas que incentivem a adoção de técnicas agrícolas sustentáveis, como agroecologia, manejo conservacionista do solo e proteção de áreas de vegetação nativa nessas áreas.

Por fim, é fundamental que os órgãos fiscalizadores concentrem sua atenção em áreas onde há uma expansão expressiva das atividades agropecuárias, especialmente aquelas que envolvem a conversão de áreas de vegetação nativa, como as florestas, para uso destinado as atividades agropecuárias. Considerando a perda significativa de áreas de floresta ao longo dos anos, é fundamental que sejam adotadas medidas para evitar o desmatamento ilegal e garantir o cumprimento das leis ambientais. Além disso, áreas próximas a corpos d'água, como rios e lagos, também exigem uma atenção especial, dada sua importância para a conservação dos recursos hídricos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados obtidos evidenciam uma mudança significativa no cenário do uso e cobertura da terra no município de João Pinheiro ao longo das últimas décadas, destacando uma expansão das áreas destinadas à agricultura em detrimento das áreas florestais. Essa análise espaço-temporal, baseada em dados de 1990 e 2020, oferece uma visão clara das transformações ocorridas no território, permitindo uma compreensão mais aprofundada das tendências e padrões de mudança no uso da terra.

Com relação a metodologia adotada, o uso do SIG aliado à metodologia de LCM, oferecem uma visão detalhada das mudanças na paisagem, permitindo a identificação de padrões e áreas prioritárias para intervenção. Nesse contexto, o LCM é uma importante ferramenta de análise espacial, auxiliando na análise em uma escala temporal e fornece dados que podem auxiliar na implantação de projetos de gestão e ordenamento territorial.

A importância deste estudo reside na sua capacidade de fornecer informações valiosas para o desenvolvimento de políticas e práticas que promovam um equilíbrio entre o crescimento econômico e a conservação ambiental. Ao destacar as tendências de mudança no uso da terra e suas implicações, este estudo destaca a necessidade de medidas que promovam práticas agrícolas sustentáveis e a gestão eficaz dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCON, F.; ZABALA, J. A.; MARTÍNEZ-PAZ, J. M. Assessment of social demand heterogeneity to inform agricultural diffuse pollution mitigation policies. **Ecological Economics**, v. 191, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107216>

AKSOY, T. et al. Evaluation of comparing urban area land use change with Urban Atlas and CORINE data. **Environmental Science and Pollution Research**, 1–21, 2022.

<https://doi.org/10.1007/s11356-021-17766-y>

ANSARI, A.; GOLABI, M. H. Prediction of spatial land use changes based on LCM in a GIS environment for desert wetlands – A case study: Meighan Wetland, Iran. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 7, n.1, p. 64–70, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.10.001>

ARANTES, L. T. et al. Surface runoff associated with climate change and land use and land cover in southeast region of Brazil. **Environmental Challenges**, v. 3, 2021.

<https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100054>

ARANTES, L. T.; et al. Application of spatial environmental indicators in the assessment of degradation potential of water resources in water basins. **Environ Monit Assess**. v. 195, n. 931, 2023.

<https://doi.org/10.1007/s10661-023-11499-w>

ARANTES, L. T. et al. (2023). Avaliação da intensidade agrícola como indicador da amplitude dessa atividade para o município de Unaí (MG). In Anais da III Semana Integrada do Cerrado. Disponível em: <<https://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/semana-integrada-cerrado/article/view/2964>>. Acesso em: 01 fev. 2024.

AYELE, G. et al. Land use land cover change detection and deforestation modeling: in Delomena District of Bale zone, Ethiopia. **Journal of Environmental Protection**, v. 10, n. 4, 2019. <https://doi.org/10.4236/jep.2019.104031>

BANCO MUNDIAL. Relatório sobre Clima e Desenvolvimento para o Brasil 2023. Washington, DC: World Bank, 1995a.

BARBOSA, F. L. R. Classificação do uso e cobertura da terra utilizando imagens SAR/Sentinel 1 no Distrito Federal, Brasil. **Sociedade e Natureza**, v. 33, 2021.

<https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-55954>

BUSTAMANTE, M.M.C. et al. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climatic Change**, v. 115, p. 559–577, 2012.

<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0443-3>

DUTTA, D. et al. Changing pattern of urban landscape and its effect on land surface temperature in and around Delhi. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 191, n. 551, 2019.

<https://doi.org/10.1007/s10661-019-7645-3>

EMBRAPA (2020). Georreferenciamento dos pivôs centrais de irrigação no Brasil: ano base 2020. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 63 p. Disponível em: <

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1133297>>. Acesso em 05 mar. 2024.

EMBRAPA (2018). Indicadores: Agrícolas, v. 9, n. 69. Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, out. 2018. 21 p. Disponível em: <

<https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=1098606&biblioteca=vazio&busca=INDICADORES\:%20AGR%C3%8DCOLAS,%20v.%209,%20n.%2069,%202018.&q>

Facets=INDICADORES\:%20AGR%C3%8DCOLAS,%20v.%209,%20n.%2069,%202018.&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em 03 fev. 2024.

FAO (2018) More people, more food, worse water ? A global review of water pollution from agriculture. Disponível em: <<https://reliefweb.int/report/world/more-people-more-food-worse-water-global-review-water-pollution-agriculture>>. Acesso em: 03 fev. 2024.

FAO (2019). FAOSTAT: FAO statistical databases. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>.

FAO (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<https://www.fao.org/documents/card/en/c/CB1447ES>>. Acesso em: 03 fev. 2024.

GUIMARÃES, D. P., LANDAU, E. C. (2020). Georreferenciamento dos Pivôs Centrais de Irrigação no Brasil: Ano Base 2020. Embrapa Milho e Sorgo.

GUALDANI, C.; SOBRINHO, F. L. A. Modernização agrícola e os conflitos de uso da água na bacia hidrográfica do rio Urucuia, Noroeste de Minas Gerais. **Revista Da ANPEGE**, v. 19, n. 38, 2023.

HOU, L.; WU, F.; XIE, X. The spatial characteristics and relationships between landscape pattern and ecosystem service value along an urban-rural gradient in Xi'an city, China. **Ecol Ind**, 2020.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Desmatamento Anual no Cerrado Brasileiro, 2020. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/cerrado>. Acesso em 23 mar. 2024.

LIU, X. et al. A remote sensing and artificial neural network-based integrated agricultural drought index: Index development and applications. **Catena**, v. 186, n. 104394, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105720>

LOLLO, J. A. et al. Mudanças de Uso e Cobertura da Terra e Degradação Ambiental em Bacias Hidrográficas. In: Amaral, L. R. S.; Pinheiro, A.; Benini, S. M. (Orgs.). Bacias Hidrográficas: Fundamentos e Aplicações. São Paulo: Editora da UNESP, p. 1-14, 2019.

LOURENÇO, R. W. et al. Reflexos Ambientais do Desenvolvimento e Expansão das Atividades Humanas sobre a Qualidade da Água. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 15, n. 1, p. 175–198, 2022. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.1.p176-198>

MIRANDA, S. S. et al. Regional variations in biomass distribution in Brazilian Savanna Woodland. **Biotropica**, v. 46, n.2, p. 125–138, 2014. <https://doi.org/10.1111/btp.12095>.

SANO, E. E. et al. Cerrado ecoregions: A spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818-828, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>

SEAPA. (2021). Painel de Dados da Produção Agropecuária. Disponível em:<<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODliMjMzNzctZjIwMC00ZjRmLWFIMDgtZGRkM>>

Dh1Y2NjZTk2IiwidCI6ImU1ZDNhZTdjLTliMzgtNDhkZS1hMDg3LWY2NzM0YTI4NzU3NCJ9>. Acesso em 09 de mar. 2024.

MELLO, K. et al. Effects of land use and land cover on water quality of low-order streams in Southeastern Brazil: Watershed versus riparian zone. **Catena**, 167, 130–138. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.04.027>

MOTLAGH, S. K. et al. Analysis and prediction of land cover changes using the land change modeler (LCM) in a semiarid river basin, Iran. **Land Degradation & Development**, v. 32, n. 10, 2021. <https://doi.org/10.1002/ldr.3969>

UNEP. (2019). United Nations Environment Programme. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/>>

ONU Brasil. (2023). Banco Mundial: Relatório sobre clima e desenvolvimento para o Brasil. Disponível em: < <https://brasil.un.org/pt-br/239808-banco-mundial-relat%C3%B3rio-sobre-clima-e-desenvolvimento-para-o-brasil-2023>>. Acesso em 22 mar. 2024.

PANDEY, N. A. P. Assessment and monitoring of land degradation using geospatial technology in Bathinda district, Punjab, India. **Solid Earth**, v. 9, 2018. <https://doi.org/10.5194/se-9-75-2018>

THY, P. M. T. Specifying the relationship between land use/land cover change and dryness in central Vietnam from 2000 to 2019 using Google Earth Engine. **Journal of Applied Remote Sensing**, v. 15, n.2, 2021. 10.1117/1.JRS.15.024503

REIS, J. C. et al. Integrated crop-livestock systems: A sustainable land-use alternative for food production in the Brazilian Cerrado and Amazon. **Journal of Cleaner Production**, v. 283, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124580>

SEAPA. Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Relatório Anual de Agricultura Familiar. Belo Horizonte: SEAPA, 2021.

SHEN, Y. et al. Does green investment, financial development and natural resources rent limit carbon emissions? A provincial panel analysis of China. **Science of The Total Environment**, v. 755, p. 142516, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142538>

SHEN, Z. et al. Impact of landscape pattern at multiple spatial scales on water quality: A case study in a typical urbanised watershed in China. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 417–427, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.019>

SOUZA, H.; SANT ANNA, N. Conflito por Uso de Recursos Hídricos: Estudo de Caso da Bacia do Ribeirão Santa Isabel. **Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM)**, v. 21, p. 123-135, 2020.

SOUZA, C. M. JR. et al. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 1, n. 17, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12172735>



STEFFEN, W. et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 1259855, 2015. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>

STRASSBURG, B. et al. Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 0099, 2017. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>

TALUKDAR, S. et al. Land-Use Land-Cover Classification by Machine Learning Classifiers for Satellite Observations—A Review. **Remote Sensing**, v. 12, n. 7, p. 1122, 2020. <https://doi.org/10.3390/rs12071135>

YENGOH, G. T. et al. The Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales. **Springer Briefs in Environmental Science**, 2015.

ZARANDIAN, A. et al. Scenario modeling to predict changes in land use/cover using Land Change Modeler and InVEST model: a case study of Karaj Metropolis, Iran. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 195, n. 273, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10740-2>