

XXV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

SÉRIE TEMPORAL DO MAPBIOMAS EVIDENCIA EXPANSÃO AGRÍCOLA E FOCOS DE EROSÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUATEMI, MATO GROSSO DO SUL

Adinan Marzulo Maia Martins^{1,2}; Gustavo M. Vasques²; Ricardo de Oliveira Dart²; Waldir Carvalho Junior²; Silvio Barge Bhering²; César da Silva Chagas²; Nilson Pereira Rendeiro²; Braz Calderano Filho²

Abstract: The sustainable management and conservation of the environment are essential for the conservation and management of water bodies. The monitoring of land use and land cover from the MapBiomas platform is a viable alternative to understand their spatial dynamics in watersheds over different time spans. This work used MapBiomas images from 1990, 2000, 2010 and 2020 of the Iguatemi river basin in the south of Mato Grosso do Sul state, Brazil, to identify and quantify land use and land cover changes in the basin. The expansion of agricultural crops replacing pasture and natural vegetation was observed in the basin between 1990 and 2020. Another important finding is the growth of the “Other Non Vegetated Areas” class close to the rivers, which are related to erosion that causes silting up of the Iguatemi and Paraná rivers. The work highlights the most important trends in land use and land cover changes in the Iguatemi river basin and identifies areas that deserve attention to control erosion processes, thus avoiding negative impacts on the reservoir of the Itaipu Hydroelectric Power Plant that has great importance for national energy security.

Resumo: O manejo sustentável e a conservação do meio-ambiente são essenciais para a conservação e gestão dos corpos hídricos. O monitoramento do uso e cobertura do solo proveniente da plataforma MapBiomas é uma alternativa viável para entender a sua dinâmica espacial em bacias hidrográficas ao longo de diferentes períodos. Este trabalho utilizou imagens MapBiomas de 1990, 2000, 2010 e 2020 da bacia hidrográfica do rio Iguatemi no sul do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil para identificar e quantificar mudanças no uso e cobertura do solo na bacia. A expansão de culturas agrícolas substituindo áreas de pastagem e de vegetação natural foram observadas na bacia entre 1990 e 2020. Outra constatação importante é o crescimento da classe “Outras Áreas Não Vegetadas” em áreas próximas a cursos d’água, a qual está relacionada à erosão que causa o assoreamento dos rios Iguatemi e Paraná. O trabalho evidencia as tendências mais importantes de mudanças de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Iguatemi e identifica áreas que merecem atenção para controle de processos erosivos, evitando assim os impactos negativos ao reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu de grande relevância para a segurança energética nacional.

Palavras-Chave – Uso e cobertura do solo, Sensoriamento remoto, Assoreamento.

¹) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Avenida Athos da Silveira Ramos, 274, Cidade Universitária, Rio de Janeiro – RJ, 27941-853, adinanmaia@gmail.com

²) Embrapa Solos. Rua Jardim Botânico 1024, Rio de Janeiro, RJ, 22460-000.

gustavo.vasques@embrapa.br;ricardo.dart@embrapa.br;waldir.carvalho@embrapa.br;silvio.bhering@embrapa.br;cesar.chagas@embrapa.br;nilson.pereira@embrapa.br;braz.calderano@embrapa.br

INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é formada por um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório (Tucci, 1997). Devido a essa caracterização, pode ser considerado um ente sistêmico (Porto e Porto, 2008) em função das entradas pela precipitação e pela conversão de energia potencial gravitacional em cinética devido a topografia onde o escoamento vai deslocando-se para o exutório, gerando assim, delimitações territoriais de bacias hidrográficas, e também, subbacias hidrográficas.

A gestão de recursos hídricos no que tange à bacia hidrográfica ganhou força a partir dos anos 1990 devido aos acordos provenientes dos “Princípios de Dublin” antecedente ao Rio-92 (Porto e Porto, 2008), os quais buscavam a integração e a incorporação de aspectos físicos, econômicos e sociais, tendo como base de atuação a bacia hidrográfica. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm contribuído para isso, auxiliando no planejamento e gestão de bacias hidrográficas, sendo fundamental para a compreensão de dinâmicas antrópicas, naturais, hidrológicas e sedimentológicas dessas áreas.

O rápido desenvolvimento das geotecnologias tornou possível processar um grande volume de dados geoespaciais. Plataformas em nuvem como o Google Earth Engine (GEE) têm contribuído para o monitoramento e observação da superfície terrestre, auxiliando as tomadas de decisão por entidades públicas e privadas no gerenciamento do uso da superfície terrestre (Kumar e Mutanga, 2018). Tal concepção tem fomentado iniciativas como o MapBiomas que buscam o mapeamento do uso da terra com o intuito de monitorar grandes extensões de coberturas terrestre, além disso, contribuir para que o conhecimento seja mais acessível com a finalidade de buscar a conservação ambiental e o manejo sustentável frente às mudanças climáticas.

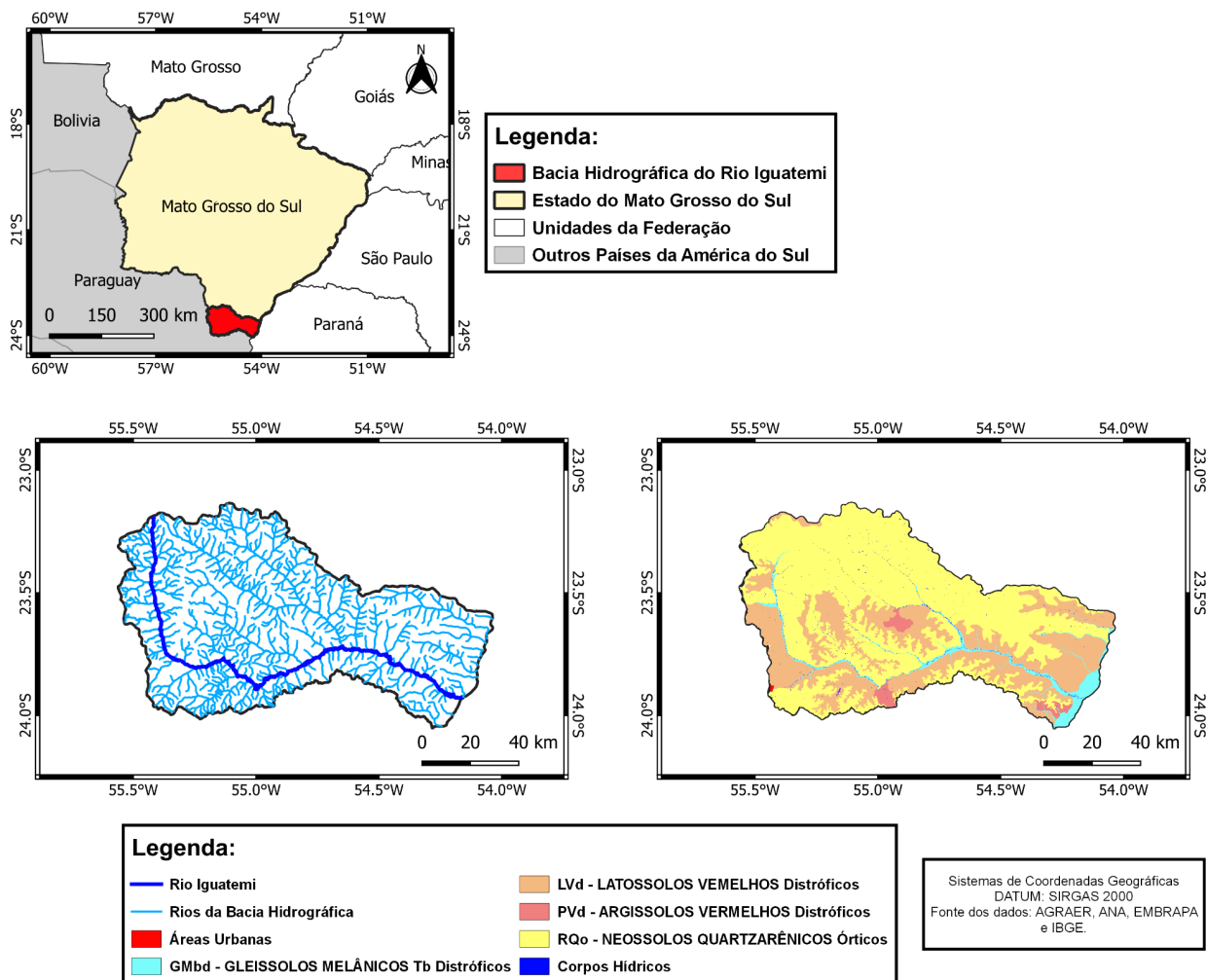
Portanto, os objetivos deste trabalho são quantificar e caracterizar as mudanças do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Iguatemi, sul do Estado do Mato Grosso do Sul, destacando os processos de intensificação de uso por culturas agrícolas bem como os processos erosivos pontuais que merecem atenção sob o ponto de vista da conservação do solo. Essa bacia hidrográfica contribui diretamente para o reservatório da Usina Hidrelétrica de Itaipu, sendo o controle de erosão essencial para minimizar o assoreamento e manter o volume e qualidade da água do reservatório.

METODOLOGIA

A área de estudo compreende os limites territoriais da bacia hidrográfica do rio Iguatemi localizada na porção sudeste do Estado do Mato Grosso do Sul (Figura 1). Os solos da bacia incluem Neossolos Quartzarênicos Órticos (RQo), Latossolos Vermelhos Distróficos (LVd) e Argissolos Vermelhos Distróficos (PVd). O solo RQo na área de estudo é a classe de maior predomínio, possui textura arenosa e baixa retenção de nutrientes e água, fatores que limitam a produtividade agrícola na região e acentuam processos erosivos. Os solos LVd associados geograficamente aos RQo geralmente possuem textura média, com altos teores de areia, sendo, portanto, também suscetíveis à erosão. Já os solos PVd possibilitam maior retenção de nutrientes e água e são menos susceptíveis aos processos de erosão.

A abordagem metodológica para este estudo consiste na utilização de camadas matriciais (*rasters*) provenientes da coleção 7 do MapBiomas, processados e classificados através dos dados da série Landsat com resolução espacial de 30 metros (Souza *et al.*, 2020). Para isso, a plataforma MapBiomas foi acessada e foram efetuados os downloads dos dados de uso e cobertura do solo dos anos 1990, 2000, 2010 e 2020 para o recorte espacial da bacia hidrográfica de interesse.

Figura 1 – Mapa de situação da bacia hidrográfica do rio Iguatemi.



Após isso, foram efetuados a álgebra de mapas utilizando a ferramenta *Raster Calculator* pela diferença do mapa mais recente com o mapa mais antigo (Equação 1). A multiplicação pelo fator 1000 para o mapa mais recente permite identificar as mudanças de uso da terra entre os dois períodos, bem como as classes que permaneceram as mesmas, evitando a sobreposição de valores e consequente confusão para interpretar os resultados da multiplicação. O método de detecção de mudanças por classes temáticas contribui, assim, para a criação de um mapa único, sendo possível analisar e visualizar as mudanças ocorridas entre as duas imagens (Singh, 1989).

$$\text{Mudança de uso} = \text{MapBiomass2020} \times 1000 - \text{MapBiomass1990} \quad (1)$$

É importante destacar que o produto de detecção de mudanças, como também, os dados de uso e cobertura do solo para os anos de 1990, 2000, 2010 e 2020 foram transferidos ao software QGIS (QGIS Association, Zurique, Suíça) na versão 3.16 para a confecção dos mapas apresentados no trabalho e cálculo das áreas de cada classe de uso da terra nos diferentes anos. Para isso, para cada ano foi extraído o número de *pixels*, e calculada a porcentagem de área, de cada classe. Essa

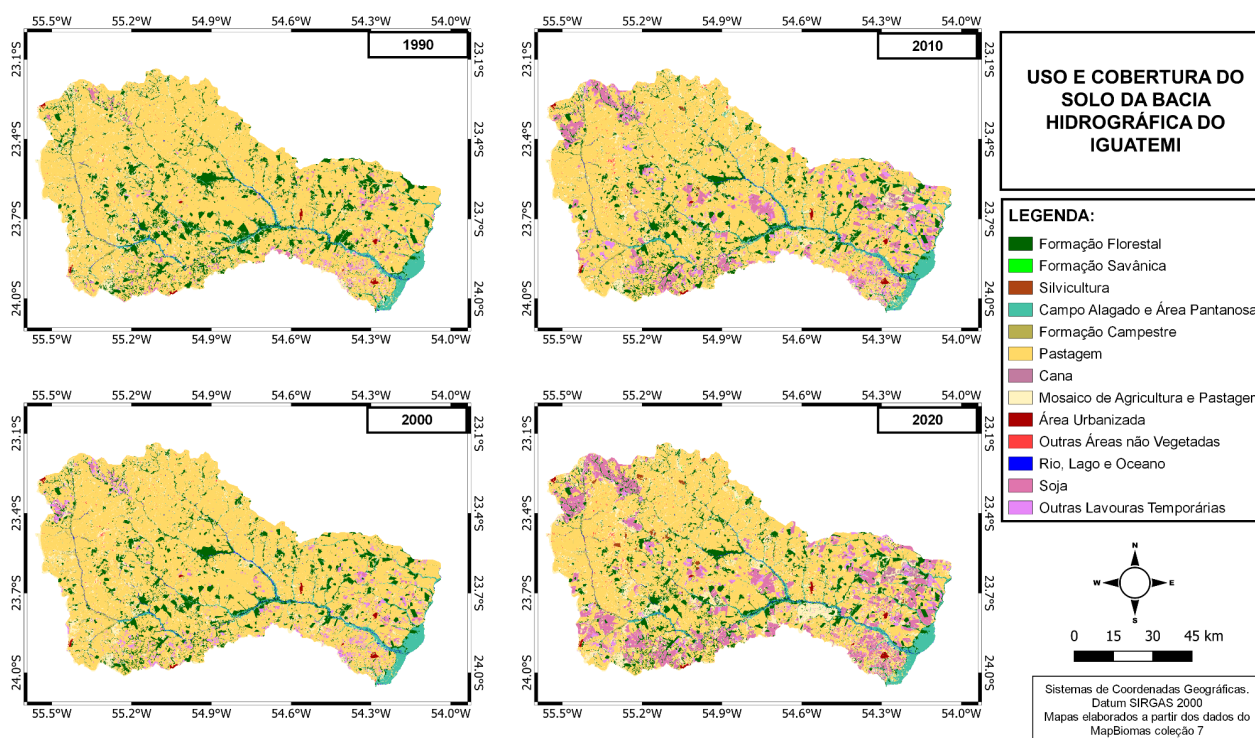
conversão permitiu a criação de tabelas e gráficos contendo as áreas em séries temporais que caracterizam a dinâmica do uso da terra da bacia.

RESULTADOS

Os resultados indicam transformações significativas no uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Iguatemi. As classes predominantes nos *rasters* do MapBiomas são “Pastagem”, “Mosaico de Agricultura e Pastagem” e “Formação Florestal”. As classes que correspondem à agricultura intensificaram a sua ocorrência de 2000 a 2020 (Figura 2). Tal incremento é associado a processos de modernização agrícola apoiados por políticas econômicas como crédito subsidiado, principalmente para a compra de insumos e equipamentos, extensão rural e pesquisa agropecuária, liderada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Alves *et al.*, 2008). Apesar de promover o desenvolvimento da região e o crescimento econômico, a expansão agrícola sem a preocupação com conservação e preservação ambiental pode causar impactos negativos aos corpos d’água e meio ambiente. Práticas inadequadas de uso e manejo do solo e das culturas, como desmatamento, uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas, uso acima da capacidade de suporte do solo, entre outros, geram degradação ambiental, perda da biodiversidade, erosão, assoreamento dos rios e contaminação dos recursos naturais (Rosset, 2014).

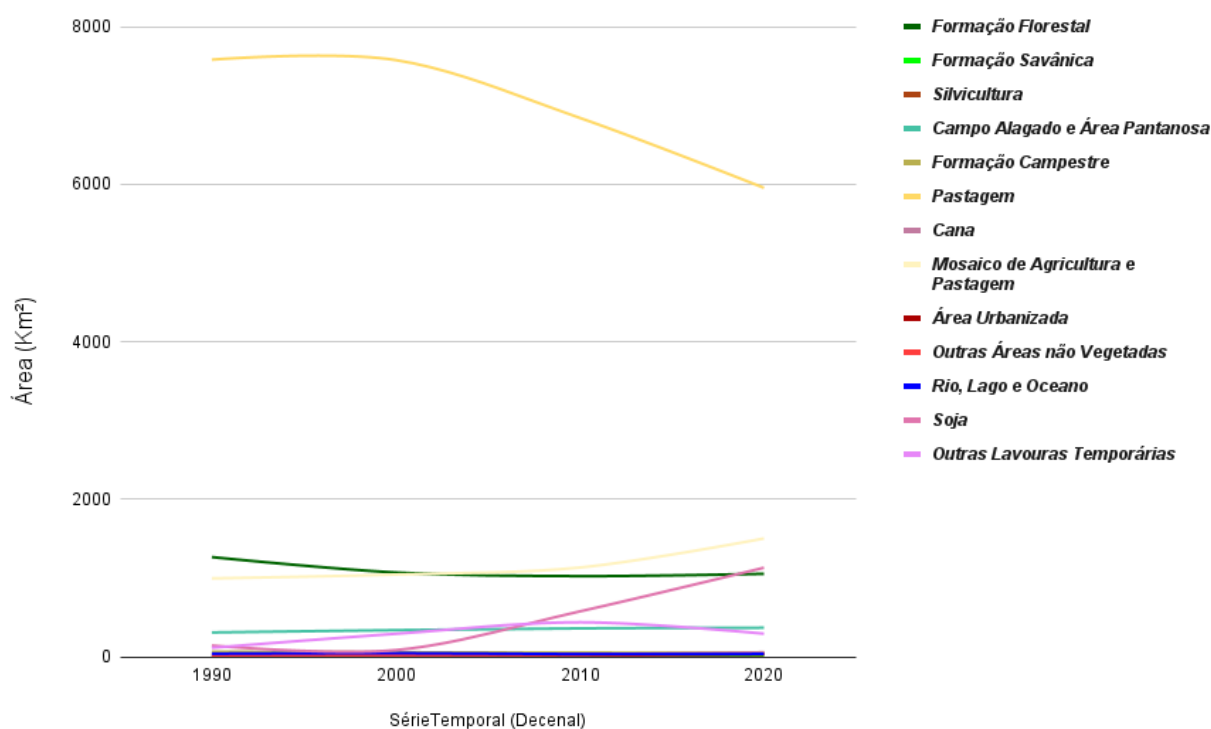
A substituição das áreas da classe “Formação Florestal” e “Pastagem” pelas classes de agricultura e “Mosaico de Agricultura e Pastagem” são indicativos de que a região vem passando por mudanças significativas sob o ponto de vista regional (Figura 3). Isso fica mais evidente ao observarmos o evidente crescimento da área de soja a partir do ano de 2000 em comparação com as demais culturas e classes. Esse rearranjo da cobertura da bacia hidrográfica do rio Iguatemi é protagonizado pelo avanço da agricultura sobre áreas de pastagens e florestas. Essa expansão pode ser observada principalmente em áreas próximas aos rios na região onde o desgaste da vegetação ripária reflete na diminuição da filtração de componentes do solo favorecendo o transporte de sedimentos, fertilizantes e pesticidas aos cursos d’água (Wang *et al.*, 2019; Srinivas *et al.*, 2020 e Rachels *et al.*, 2020), prejudicando, assim, a qualidade da água (Melo, 2019) e, conseqüentemente, da biota aquática e a pesca.

Figura 2 – Uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Iguatemi para os anos 1990, 2000, 2010 e 2020.



Embora tenha ocorrido a diminuição da área de “Pastagem” em 15,43% desde 1990, esta classe continua a ser a predominante na área de estudo em 2020 (Tabela 1). A classe “Mosaico de Agricultura e Pastagem” mostrou uma tendência positiva variando +4,81%, sendo a segunda classe com maior extensão na bacia em 2020. Já a classe “Soja” foi a classe de agricultura que mais cresceu, variando +9,37%. Em 2000 aparecem cana-de-açúcar e silvicultura, culturas que antes não eram identificadas nos mapas do MapBiomas na bacia hidrográfica. Da mesma forma, “Formação Savânica” só aparece no mapa em 2020, estando ausente nos períodos anteriores. As áreas urbanas também expandiram na área de estudo a uma taxa modesta de +0,02% a cada 10 anos, em média, totalizando +0,06% entre 1990 e 2020. Em tendência oposta, de diminuição, as classes “Formação Florestal”, “Formação Campestre” e “Rio, Lago e Oceano” variaram negativamente em -2,01, -0,13, -0,03%, respectivamente.

Figura 3 – Série temporal decenal das áreas das classes de uso e cobertura do solo entre 1990 e 2020 na bacia hidrográfica do rio Iguatemi.



De modo geral, as mudanças mais expressivas ocorreram nas porções leste, sul e noroeste da bacia, sendo que a parte leste da área fica próxima à foz do rio principal Iguatemi, que desemboca no rio Paraná, que, por sua vez, contribui para o reservatório de Itaipu (Figura 4). Em áreas próximas aos rios, onde houve principalmente conversão para agricultura.

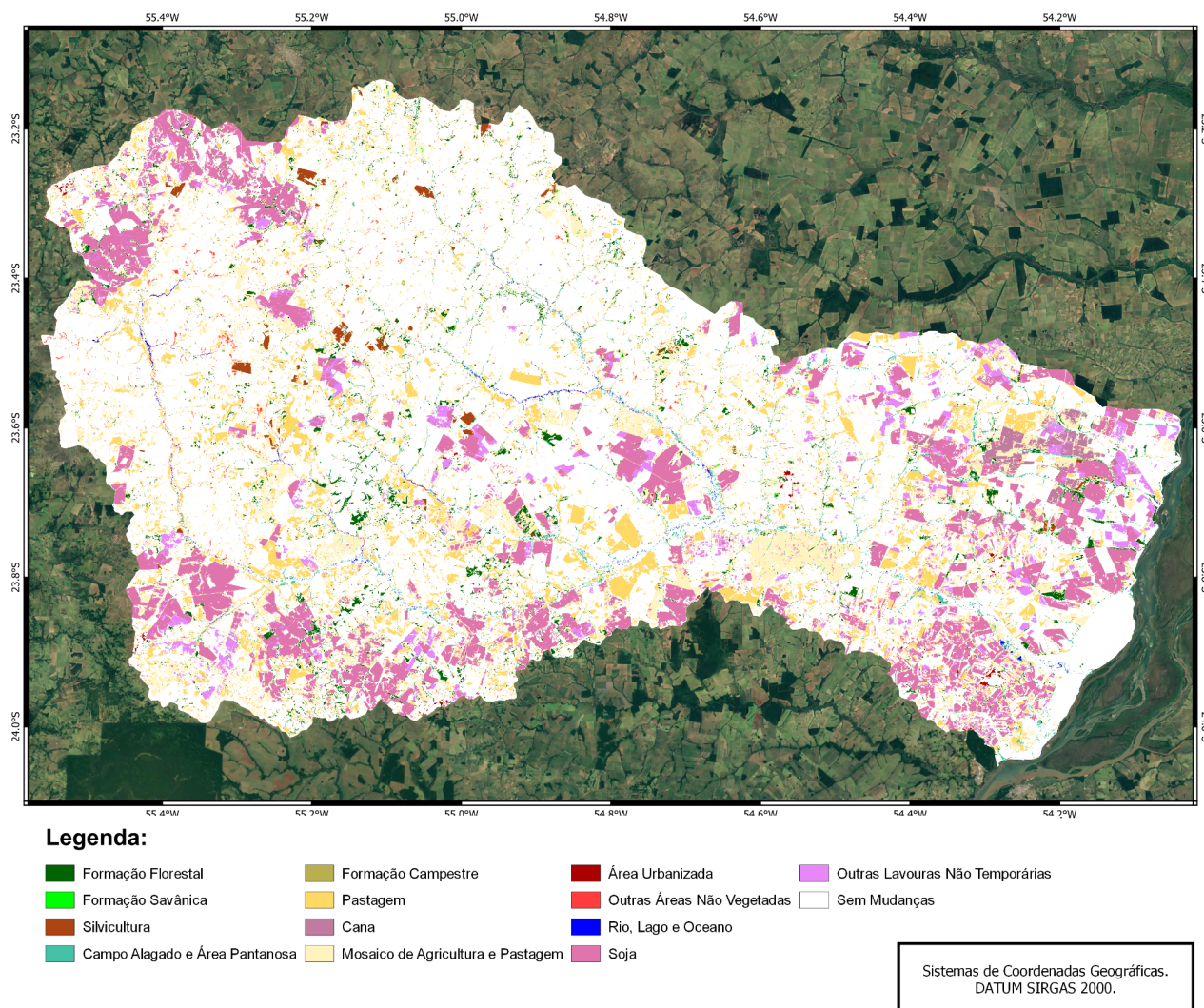
Tabela 1 - Áreas das classes de uso e cobertura do solo dos anos 1990, 2000, 2010 e 2020 na bacia hidrográfica do rio Iguatemi.

Classes	1990 (%)	2000 (%)	2010 (%)	2020 (%)	Variação 1990-2020 (%)
Formação Florestal	11,99	10,14	9,70	9,98	-2,01
Formação Savânica	0,00	0,00	0,00	0,01	+0,01
Silvicultura	0,00	0,00	0,08	0,42	+0,42
Campo Alagado e Área Pantanosa	2,92	3,20	3,41	3,49	+0,57
Formação Campestre	0,60	0,53	0,48	0,48	-0,13
Pastagem	71,88	71,83	64,86	56,44	-15,43
Cana-de-açúcar	0,00	0,00	0,27	0,53	+0,53
Mosaico de Agricultura e Pastagem	9,43	9,89	10,74	14,23	+4,81
Área Urbanizada	0,21	0,23	0,25	0,27	+0,06
Outras Áreas não Vegetadas	0,19	0,20	0,28	0,32	+0,14
Rio, Lago e Oceano	0,36	0,43	0,32	0,33	-0,03
Soja	1,35	0,80	5,46	10,71	+9,37
Outras Lavouras Temporárias	1,07	2,76	4,15	2,77	+1,70

Com a expansão da agricultura e a fragilidade pedológica em função da predominância do solo do tipo RQo, que possui textura arenosa em todo o seu perfil, os processos erosivos ficaram evidentes e estão presentes na região na classe de uso e cobertura “Outra Áreas Não Vegetadas”, sendo observados principalmente perto dos rios (Figura 5).

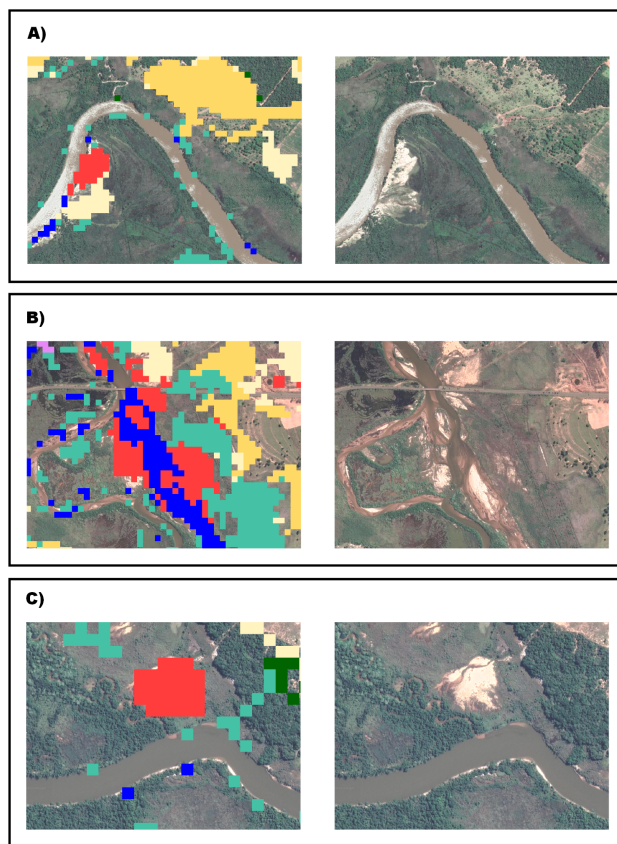
A pressão exercida sobre o solo devido às atividades antrópicas está causando erosão e, por consequência, assoreamento do rio Iguatemi, rio Paraná e do reservatório de Itaipu, causando prejuízo à geração de energia pela Usina Hidrelétrica de Itaipu.

Figura 4 – Uso e cobertura da terra em 2020 nos locais onde houve mudança de uso entre 1990 e 2020 na bacia hidrográfica do rio Iguatemi.



A análise da dinâmica do uso e cobertura da terra em diferentes faixas temporais na bacia hidrográfica do rio Iguatemi oferece elementos para a compreensão dos padrões espaciais e dos fatores e processos naturais e antrópicos que influem sobre o uso da terra. Por exemplo, a intensificação do uso agrícola da terra e o decorrente aumento dos processos de erosão são evidentes e, sendo assim, seus impactos negativos são antecipados, por exemplo, o assoreamento dos rios. Dessa maneira, as análises subsidiam o planejamento de uso da terra e a formulação de políticas públicas, como, por exemplo, de programas de incentivo e controle do manejo e, principalmente, da conservação do solo, podendo inclusive indicar áreas prioritárias para a recuperação e conservação do solo por entes públicos e privados.

Figura 5 – Focos de erosão pertencentes à classe de uso e cobertura “Outras Áreas Não Vegetadas” em áreas próximas ao rio Iguatemi.



CONCLUSÕES

A expansão das classes antrópicas em substituição a diversas classes naturais foi expressiva entre 1990 e 2020. Em detalhe, houve aumento das áreas agrícolas, sobretudo de soja, cana-de-açúcar e de outras lavouras temporárias. A área de silvicultura também cresceu nesse período, embora menos expressivamente. A expansão agropecuária sobre áreas de fragilidade pedológica (solos arenosos) e próximas a rios na bacia hidrográfica do rio Iguatemi está associada à erosão dos solos, causando degradação da saúde dos rios presentes na bacia estudada. Portanto, espera-se que este trabalho em pesquisa possa contribuir para que haja a intensificação de projetos que priorizem a contenção da erosão com reflorestamento próximas às nascentes e rios de forma mais acentuada como formas de inibir a erosão e o assoreamento na região.

AGRADECIMENTOS

À Embrapa Solos pela orientação e suporte técnico e à Embrapa e Itaipu Binacional pelo financiamento do presente trabalho e da bolsa estudantil do primeiro autor. O trabalho foi financiado com recursos do projeto “Mapeamento digital de solos e de atributos físico-hídricos dos solos, das bacias dos rios Sul-mato-grossenses Iguatemi, Amambai e Ivinhema, para fins de modelagem hidrológica, manejo e conservação de solo e água” (código 20.21.00.065.00.00).

REFERÊNCIAS

- ALVES, E.R.A.; CONTINI, E.; GASQUES, J.G. (2008). “Evolução da produção e produtividade da agricultura brasileira”, in *Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas*. Ed. por ALBUQUERQUE, A.C.S.; SILVA, A.G. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, pp. 67–98.
- GALDINO, S.; VIEIRA, L.M.; SORIANO, B.M.A. (2003). “Erosão na bacia do Alto Taquari”. Embrapa Pantanal, Corumbá. (Documentos 52)
- KUMAR, L.; MUTANGA, O. (2018). “Google Earth Engine applications since inception: usage, trends, and potential”. *Remote Sensing* 10, pp. 1509.
- MELO, M. P. de ., CRISPIM, B. do A., VIANA, L. F., LIMA, N. A. de ., MELO, E. S. de P., NASCIMENTO, V. A. do ., & BARUFATTI, A. (2022). “Effects of local land use on riparian vegetation, water quality, and in situ toxicity”. *Revista Ambiente & Água*, v. 17, n. 6, p. e2856.
- PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. (2008). “Gestão de bacias hidrográficas”. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 43–60.
- RACHELS, A. A.; BLADON, K. D.; BYWATER-REYES, S.; HATTEN, J. (2020). “Quantifying effects of forest harvesting on sources of suspended sediment to an Oregon Coast Range headwater stream”. *Forest Ecology and Management*, 466, 118123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118123>.
- ROSSET, J. S.; COELHO, G. F.; GRECO, M.; STREY, L.; GONÇALVES JUNIOR, A. C. (2014). “Agricultura convencional versus sistemas agroecológicos: modelos, impactos, avaliação da qualidade e perspectivas”. *Scientia Agraria Paranaensis*, v. 13, n. 2, p. 80–94.
- SINGH, A. (1988). “Digital change detection techniques using remotely-sensed data. *International Journal of Remote Sensing*”, 9(6), pp. 989-1003.
- SOUZA, C.M., Jr.; Z. SHIMBO, J.; ROSA, M.R.; PARENTE, L.L.; A. ALENCAR, A.; RUDORFF, B.F.T.; HASENACK, H.; MATSUMOTO, M.; G. FERREIRA, L.; SOUZA-FILHO, P.W.M.; DE OLIVEIRA, S.W.; ROCHA, W.F.; FONSECA, A.V.; MARQUES, C.B.; DINIZ, C.G.; COSTA, D.; MONTEIRO, D.; ROSA, E.R.; VÉLEZ-MARTIN, E.; WEBER, E.J.; LENTI, F.E.B.; PATERNOST, F.F.; PAREYN, F.G.C.; SIQUEIRA, J.V.; VIERA, J.L.; NETO, L.C.F.; SARAIVA, M.M.; SALES, M.H.; SALGADO, M.P.G.; VASCONCELOS, R.; GALANO, S.; MESQUITA, V.V.; AZEVEDO, T. (2020). “Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. *Remote Sensing*”, v. 12, n. 17, p. 2735.
- SRINIVAS, R.; SINGH, A. P.; DHADSE, K.; GARG, C. (2020). “An evidence-based integrated watershed modeling system to assess the impact of nonpoint source pollution in the riverine ecosystem”. *Journal of Cleaner Production*, v.246, p.118963.
- TUCCI, C. E. M. (1997). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, v.4.
- WANG, R.; YUAN, Y.; YEN, H.; GRIENEISEN, M.; ARNOLD, J.; WANG, D. et al. (2019). “A review of pesticide fate and transport simulation at watershed level using SWAT: Current status and research concerns”. *Science of the Total Environment*, 669, pp.512-526.