

## ANÁLISE TEMPORAL DO USO E COBERTURA DA TERRA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MEIA PONTE - GO

TEMPORAL ANALYSIS OF THE LAND USE AND LAND COVER IN THE MEIA PONTE RIVER  
WATERSHED – GO

**Samara SOARES, Nilson Clementino FERREIRA, Fausto MIZIARA**

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Avenida Esperança s/n, Câmpus Samambaia - Prédio da Reitoria. Goiânia – GO. E-mails: soaressamara.eng@gmail.com; nilson.ferreira@ufg.br; fausto@ufg.br

Introdução  
Metodologia  
    Caracterização da área de estudo  
    Hipsometria e Declividade  
    Distribuição das classes de solo  
    Alterações do uso do solo utilizando SCP  
    Mudanças no uso e ocupação do Solo  
Resultados e discussões  
    Dinâmica do uso e ocupação do solo  
    Aspectos físicos do uso do solo na UPGRH do Rio Meia Ponte  
Considerações finais  
Agradecimentos  
Referências

**RESUMO** - A bacia hidrográfica do rio Meia Ponte é uma importante bacia para o estado de Goiás e possui um alto nível de antropização. Assim, este trabalho tem como objetivo analisar a evolução do uso e do processo de ocupação do solo da bacia do rio Meia Ponte para um período de 30 anos (1987 – 2017) e correlacionar as classes de uso com a declividade e os tipos de solo. Para isso, as classes de uso do solo foram determinadas a partir dos dados do Mapbiomas, Coleção 3.0, para os anos de 1987, 1997, 2007 e 2017. As alterações do uso do solo foram determinadas pela ferramenta *Semi-Automatic Classification Plugin – SCP* no QGIS. A expansão da fronteira agrícola ocorreu em 14% das áreas de pastagem. Essa conversão se deu nas áreas de menor declividade, de 0° a 5°, (relevo plano e suaves ondulados) e solos considerados com maior aptidão agrícola, como os Latossolos. A maior taxa de expansão ocorreu na primeira grande expansão da fronteira agrícola (1970), e a vegetação nativa manteve-se constante no período estudado. A UPGRH do Rio Meia Ponte apresentou alto percentual da área que manteve uma classe de uso inalterada ressaltando o alto nível de antropização da bacia.

**Palavras-chave:** Uso da terra. Fronteira agrícola. Solos. Declividade. Bacia do rio Meia Ponte.

**ABSTRACT** - The watershed of the Meia Ponte river is an important basin for the state of Goiás and has an elevated level of anthropization. Thus, this work aims to analyze the evolution of the land use and occupation process of the Meia Ponte river basin over a period of 30 years (1987 - 2017) and to correlate the classes of use with the slope and types of soil. For this, land use classes were determined from data from MapBiomas, Collection 3.0, for the years 1987, 1997, 2007 and 2017. Changes in land use were determined by the *Semi-Automatic Classification Plugin – SCP* tool without QGIS. The expansion of the agricultural frontier occurred in 14% of the pasture areas. This conversion took place in areas with a lower slope, from 0° to 5°, (flat and gently undulating reliefs) and soils considered to be subject to greater agricultural traffic, such as Oxisols. The highest expansion rate occurred in the first major expansion of the agricultural frontier (1970), and native vegetation remained constant during the period studied. The UPGRH of Rio Meia Ponte presented a high percentage of area that kept the class of use unchanged, emphasizing the high level of anthropization of the basin.

**Keywords:** Land use. Agricultural frontier. Soil. Slope. Meia Ponte river watershed.

### INTRODUÇÃO

O estado de Goiás é um dos principais produtores de grãos no país, e tem na agropecuária uma atividade importante, pois configura uma parte significativa da renda gerada.

Por outro lado, mantém apenas 35% de sua vegetação nativa (Sano et al., 2008). Esse fator é preocupante, pois a expansão da fronteira agrícola tem ocorrido tanto sobre novas áreas (desmatamentos), quanto sobre áreas previamente convertidas (Ferreira et al., 2009). Além disso, visando o crescimento econômico, o cenário para o estado é de aumentar essa taxa de conversão.

A primeira grande expansão da fronteira

agrícola ocorreu em meados dos anos 1970 e 1980, sob influências de programas de incentivo fiscal para fomentar os investimentos industriais, como o Fundo de Participação e Fomento à Industrialização do Estado de Goiás (FOMENTAR) e o Programa de Desenvolvimento Industrial do Estado de Goiás (PRODUZIR), os quais foram implementados no estado depois dos anos 1980 (Pires, 2019). Tais iniciativas eram contempladas nos Planos Nacionais de Desenvolvimento (PNDs), as quais propunham recompor o território com a inserção de infraestrutura econômica e incentivo ao aumento da produção agropecuária

(Silva & Miziara, 2011).

Para compreender melhor o processo de expansão agrícola, Miziara (2000) afirma que as variáveis tecnologia e investimento, e as condições naturais do solo, explicam o processo de expansão da fronteira agrícola. Neste contexto, Goiás é considerado importante fronteira agrícola a se ocupar, uma vez que apresenta condições topográficas favoráveis à mecanização, solos mais adequados, regiões com maior infraestrutura, além de riquezas minerais que potencializam a expansão da agricultura (Albuquerque Prado et al., 2012).

A Bacia do Rio Meia Ponte é a principal Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do estado de Goiás, concentrando aproximadamente 40% da população (Goiás, 2018). Dispõe de um elevado grau de antropização, apresenta cerca de 73% de área total desmatada com apenas 23% de vegetação nativa (Goiás, 2019). Existem ainda conflitos de uso do solo por intervenções antrópicas nas APPs de sub-bacias do Rio Meia Ponte e a pastagem é a classe que mais ocupam essas áreas (Santos et al., 2019). A agricultura e a pastagem representam por volta de 72,5% da área total da bacia (Goiás, 2019).

Vários estudos recentes foram realizados em

regiões e sub-bacias pertencentes à UPGRH do Rio Meia Ponte, dentre eles, estudos hidrosedimentológicos, análise da morfologia dos cursos d'água, vulnerabilidade de erosão do solo e, uso e ocupação do solo (Amaral, 2019; Cherem et al., 2018; Silva et al., 2019; Rosa et al., 2023; Rudke et al., 2019). Mas tais estudos não abordam a expansão da fronteira agrícola no contexto do alto grau de antropização da bacia.

A avaliação dos aspectos naturais, como topografia e classes de solo, é essencial para o entendimento da dinâmica do uso e ocupação do solo e podem explicar a tendência da expansão da fronteira agrícola. Além disso, o uso de geotecnologias para avaliar as mudanças de uso e cobertura da terra direciona a implementação de políticas públicas e ações de mitigação aos problemas ambientais recorrentes da ocupação desordenada do solo.

Portanto, o objetivo desse estudo foi avaliar a evolução do uso e cobertura da terra, bem como o processo de ocupação do solo da UPGRH do Rio Meia Ponte para um período de 30 anos (1987 – 2017), correlacionando-os com a declividade e o tipo de solo da bacia. Para isto, foi considerado uma escala temporal de 10 anos, composto pelos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017.

## METODOLOGIA

Foi realizado um levantamento da base de dados existente, posterior processamento das imagens e elaboração dos mapas temáticos em SIG, seguida da análise da dinâmica do uso e ocupação do solo. Para a extração dos dados referentes aos perímetros das bacias hidrográficas do estado de Goiás, rede de drenagem, tipo de solos e limites municipais e estaduais foram utilizados dados vetoriais em formato *shapefile*, disponibilizados pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG (SIEG, 2017). O tratamento dos dados ambientais foi realizado em ambiente SIG através do software de geoprocessamento Arc Map 10.5 e do QGIS 3.4.10, no qual todas as informações espaciais foram projetadas para o sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), Datum SIRGAS 2000 e zona 22 Sul.

### Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado na UPGRH do Rio Meia Ponte (UPGRH-RMP), localizada na região centro-sul do estado de Goiás e limitada pelas latitudes 48°46' e 49°44' Sul e longitude 16°06' e 18°32' Oeste (Figura 1) e, compreende uma área de aproximadamente 14.500 km<sup>2</sup>, que

ocupa cerca de 4% do território estadual. A bacia é composta pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica, sendo o Cerrado a maior parte da área total, 89% e a Mata Atlântica representando os 11% restantes da sua área total (GOIÁS, 2019).

Existem 29 principais municípios na UPGRH, incluindo a maior parte da região metropolitana de Goiânia. Dentre os municípios, três não possuem as sedes dentro dos limites da unidade. O rio Meia Ponte nasce na Serra dos Brandões, no município de Itauçu e percorre uma extensão de aproximadamente 472 km até desaguar no Rio Paranaíba, no município de Cachoeira Dourada. Os seus principais afluentes são os ribeirões João Leite, Santa Maria e Campanha e os rios Dourados e Caldas (ANA, 2013).

O clima da UPGRH – RMP, conforme a classificação climática de Köppen, é caracterizado por “Aw”, que corresponde ao clima tropical com inverno seco. A precipitação pluvial média anual é cerca de 1.565 mm com sazonalidade bem definida, ou seja, estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (ANA, 2013).

Devido à extensão da UPGRH – RMP no presente estudo a bacia foi dividida em 3 regiões: Alto, Médio e Baixo Meia Ponte. A Região Alto Meia Ponte – RAMP é formada pelas sub-bacias identificadas na figura 1 de 1 a 7, a Região Médio

Meia Ponte – RMMP é composta pelas sub-bacias 8, 9 e 10, e as sub-bacias 11 e 12 integram a Região Baixo Meia Ponte – RBMP. As sub-bacias apresentadas foram definidas no novo plano bacias do Estado (Goiás, 2019).

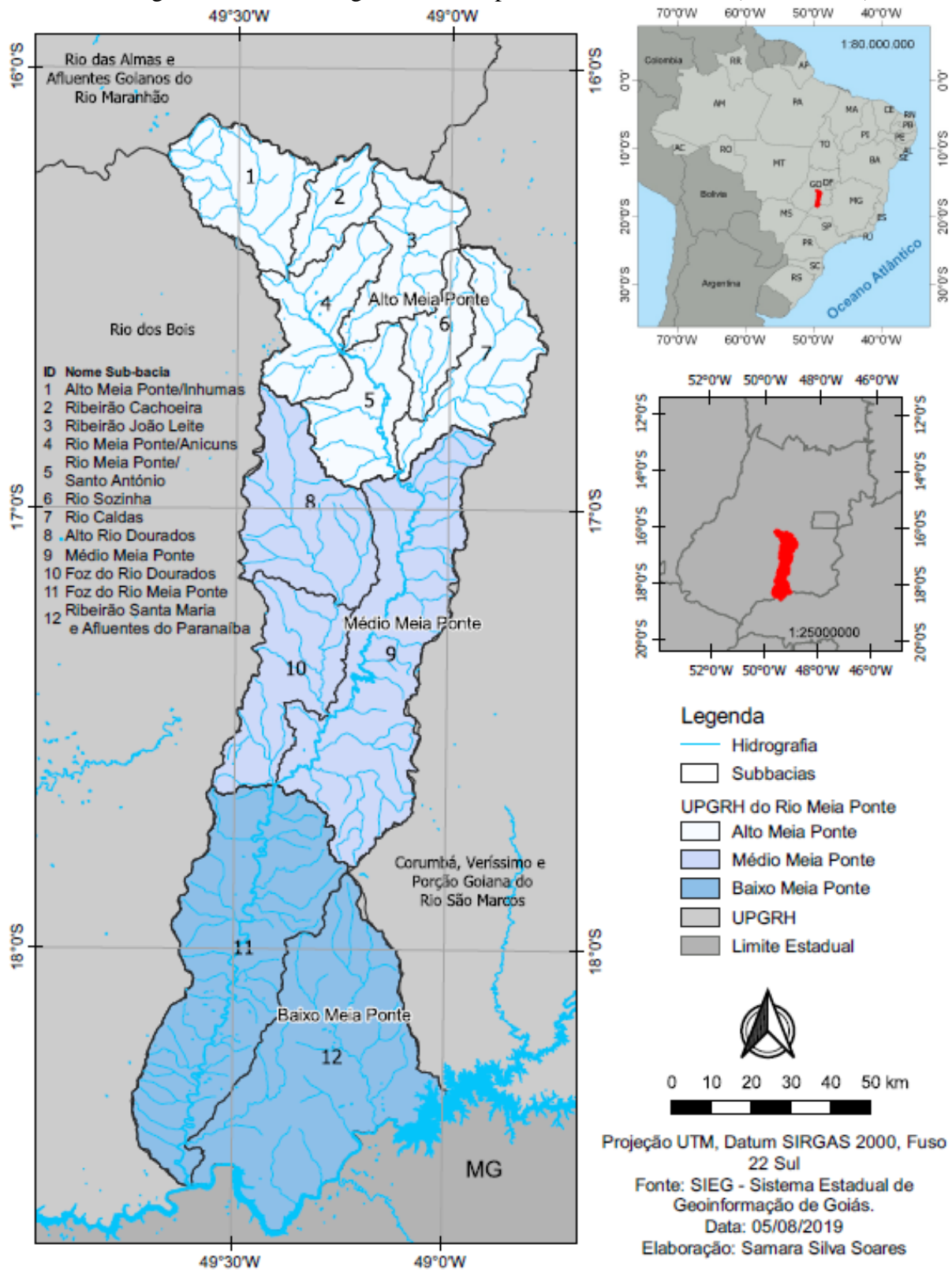


Figura 1 – Mapa de localização da UPGRH do Rio Meia Ponte. Fonte: SIEG, 2017.

### Hipsometria e declividade

Para a elaboração das variáveis morfométricas (hipsometria e declividade) foi utilizado o

Modelo Digital de Elevação TOPODATA do INPE (Valeriano & Rossetti, 2012), com formato matricial e resolução espacial de 30 metros.

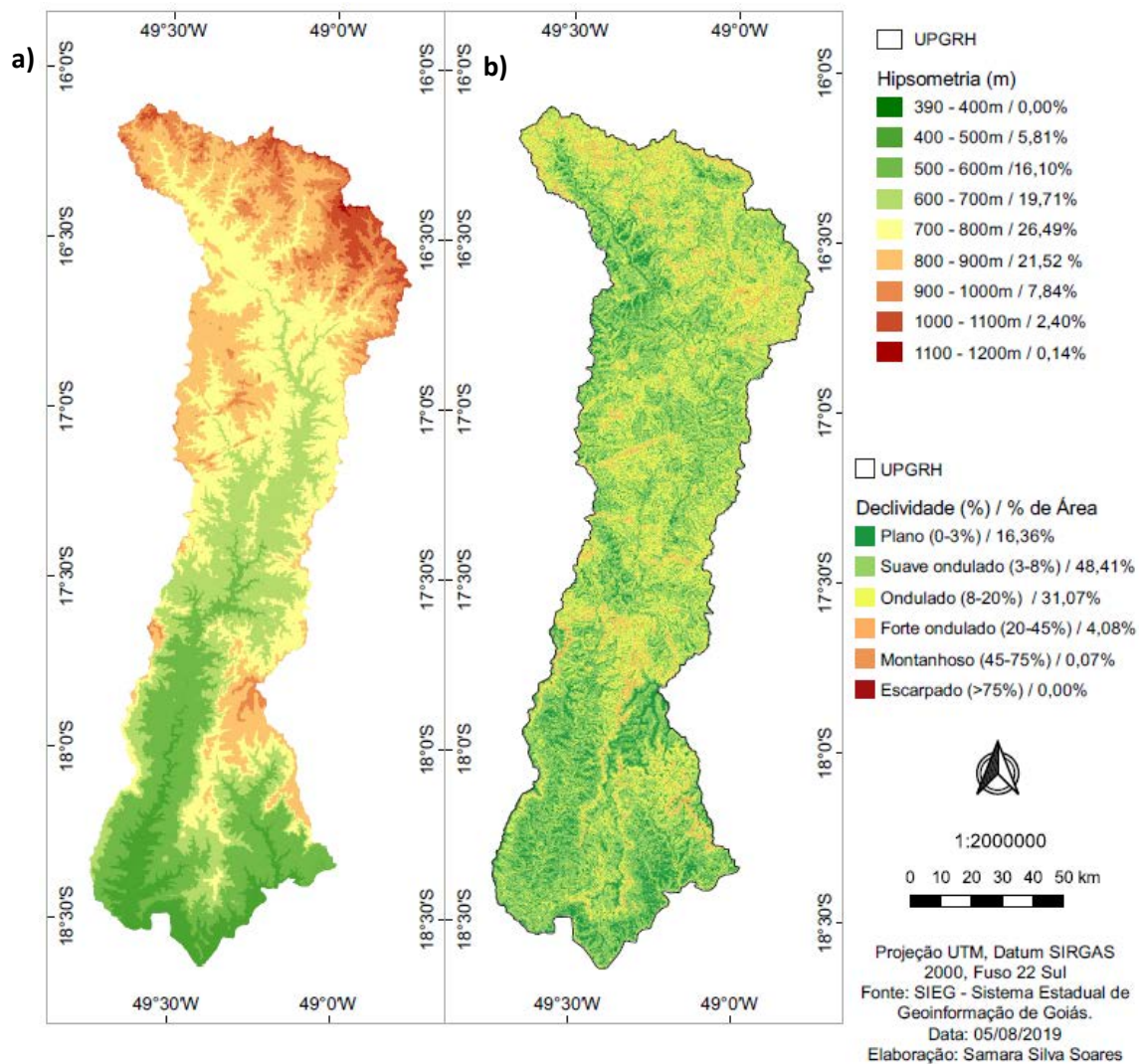
A partir do MDE referido foi gerado o mapa hipsométrico da área de pesquisa com uma resolução espacial de 30 metros e formato matricial, de acordo com as mesmas referências espaciais do MDE. As classes de altitude foram divididas em intervalos iguais de 100 m a partir das altitudes mínima e máxima identificadas.

Quanto às características hipsométricas gerais da bacia destacam-se relevos com altitude variando de 394 a 1.161 m (Figura 2a) e aproximadamente 68% da área total da bacia com altitudes compreendidas entre 600 e 900 m. As maiores altitudes (acima de 1000 m) estão concentradas na porção norte da UPGRH e as menores altitudes (abaixo de 400 m) encontram-se no deságue com o rio Paranaíba.

Os intervalos de classes da declividade foram baseados na proposta da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, que cate-

goriza o relevo conforme seis faixas de declividade: relevo plano (0% a 3% de declividade); relevo suave ondulado (3% a 8%); relevo ondulado (8% a 20%); relevo forte ondulado (20% a 45%); relevo montanhoso (45% a 75%) e relevo escarpado (> 75%) (Santos et al., 2018).

Observa-se na figura 2b, que cerca de 65% da área de pesquisa apresenta valores baixos de declividade (de 0% a 8%), o que indica a predominância de relevos do tipo plano a suave-ondulado. Cerca de 30% da UPGRH – RMP possui relevo ondulado e apenas 4% da área da bacia possui declividades acima de 20%. A região RAMP concentra 45,65% das áreas nos relevos ondulado e forte ondulado, enquanto, a RBMP possui 77 % dos relevos plano a suave-ondulado, e a RMMP apresenta 60% dos relevos plano a suave-ondulado e 39% dos relevos ondulados a forte ondulados.



**Figura 2** - Mapa hipsométrico (a) e mapa de declividade (b) da UPGRH do Rio Meia Ponte. Fonte: Topodata (2012).

### Distribuição das classes de solo

Os dados sobre a distribuição da classe de solos foram obtidos a partir de Resende (2016), e

disponibilizados pelo SIEG, na escala de 1:1.000.000.

Apesar de ser pequena é a que atualmente



oferece maiores informações e mais atualizadas. Para a classificação foram empregadas as recomendações do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Santos et al., 2018).

A composição do solo da UPGRH – RMP (Figura 3) é formada majoritariamente por Latossolos, cerca de 65% da área total, seguido por

Argissolos com aproximadamente 19,5%, Cambissolos com 7,5% e poucas formações das classes de Nitossolos, Neossolos e Gleissolos. A RAMP compreende toda classe de Gleissolos da UPGRH e a área da RBMP é 80% formada por Latossolos e ainda concentra a classe de Nitossolos da UPGRH.

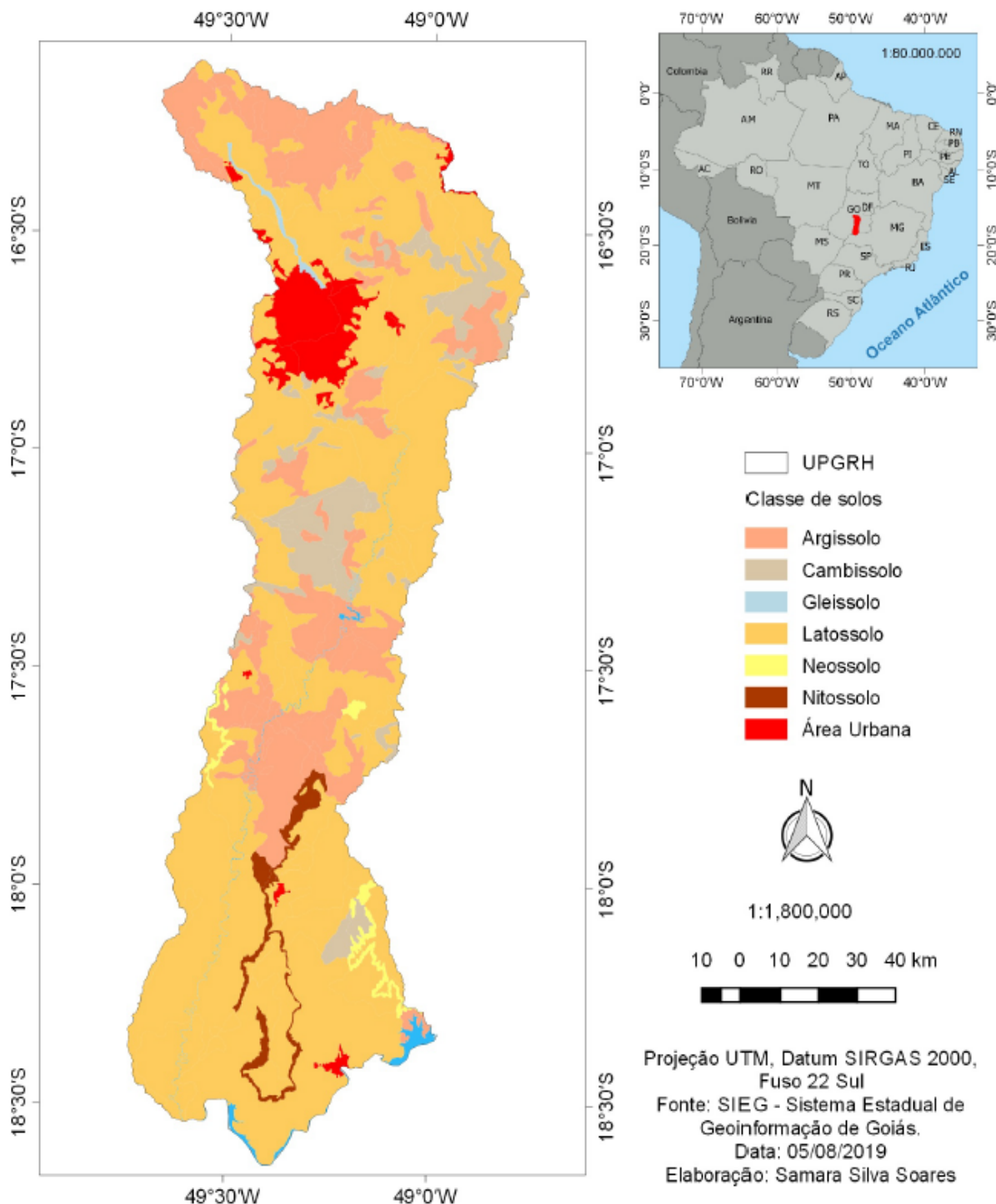


Figura 3 - Mapa de solos da UPGRH do Rio Meia Ponte.

### Classificação do uso e ocupação do solo

Para definir as classes de uso e cobertura da terra foram utilizados os dados do Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (Mapbiomas, 2017). A coleção adquirida foi a Co-

leção 3.0, disponibilizada em 2018, que cobriu as dinâmicas de uso da terra dos biomas brasileiros no período de 1985 a 2017, gerando 27 classes de uso. A metodologia de classificação de imagens do MapBiomas é desenvolvida com base em algorit-

mos, chaves de classificação e padrões espectrais.

Optou-se pelo Mapbiomas por possuir um conceito de floresta mais amplo e ter como resultado um mapeamento mais abrangente, indicado na identificação de áreas de plantio e recomposição de floresta nativa para criação de corredores locais, análises de fragmentação dos remanescentes florestais e análises da situação ambiental de bacias hidrográficas e proteção de corpos d'água (Rosa, 2016).

Os dados disponibilizados em formato matricial de resolução espacial de 30m foram convertidos em arquivos vetoriais por meio da ferramenta poligonizar e posteriormente foi feito o recorte para a área da UPGRH – RMP nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017. Em seguida, as vinte e sete classes iniciais foram agrupadas em apenas oito classes, como pastagem, vegetação nativa, agricultura, área urbana, silvicultura, mineração, corpo hídrico e solo exposto. Foi calculada ainda a variação da área (%) ocupada por cada classe entre os intervalos de tempo de 10 e variação total dos anos de 1987 e 2017 para cada região e para a bacia.

#### **Mudanças no uso e ocupação do solo**

Para avaliar as alterações dos usos nas classes de cobertura do solo entre 1987 e 2017, utilizou-se uma ferramenta de extensão do software QGIS, o *Semi-Automatic Classification Plugin* – SCP. Ele é um plugin do QGIS que fornece um

conjunto de ferramentas para classificação semi-automática de imagens, como classificação supervisionada e não supervisionada, extração de recursos e análise pós-classificação. Ultimamente, muitos trabalhos estão utilizando essa ferramenta para avaliar as mudanças de uso e cobertura da terra (Ahmad et al., 2022; Ndlovu et al., 2019; Pereira et al., 2021; Santiago et al., 2023).

Utilizou-se as opções de pós processamento do plugin através da ferramenta *Land Cover Change* a partir do raster de referência do ano de 2017 para o raster inicial, de 1987. O resultado do processamento gera um novo dado raster mostrando as alterações das classes de uso e cobertura e uma matriz de dados de novos valores de pixel, além da contagem dos pixels e área de cada nova classificação determinada.

No entanto, foi necessário agrupar as classes de solos em três novas categorias, Natural Antrópico e Água para facilitar a identificação das alterações das classes. Assim, as oito classes definidas anteriormente foram resumidas de acordo com a figura 4 e alteração de ganho de vegetação nativa foi classificada como reflorestamento e perda de vegetação nativa como desmatamento, fazendo analogia aos novos valores de pixels determinado. As classes em que não houve transição para outra classe, ou seja, permaneceu o mesmo uso entre os anos de 1987 e 2017, foram definidas como inalterado.

| ID | Classes          | Grupos    |
|----|------------------|-----------|
| 1  | Vegetação Nativa | Natural   |
| 2  | Silvicultura     | Antrópico |
| 3  | Pastagem         | Antrópico |
| 4  | Agricultura      | Antrópico |
| 5  | Corpo hídrico    | Água      |
| 6  | Área Urbana      | Antrópico |
| 7  | Solo Exposto     | Antrópico |
| 8  | Mineração        | Antrópico |

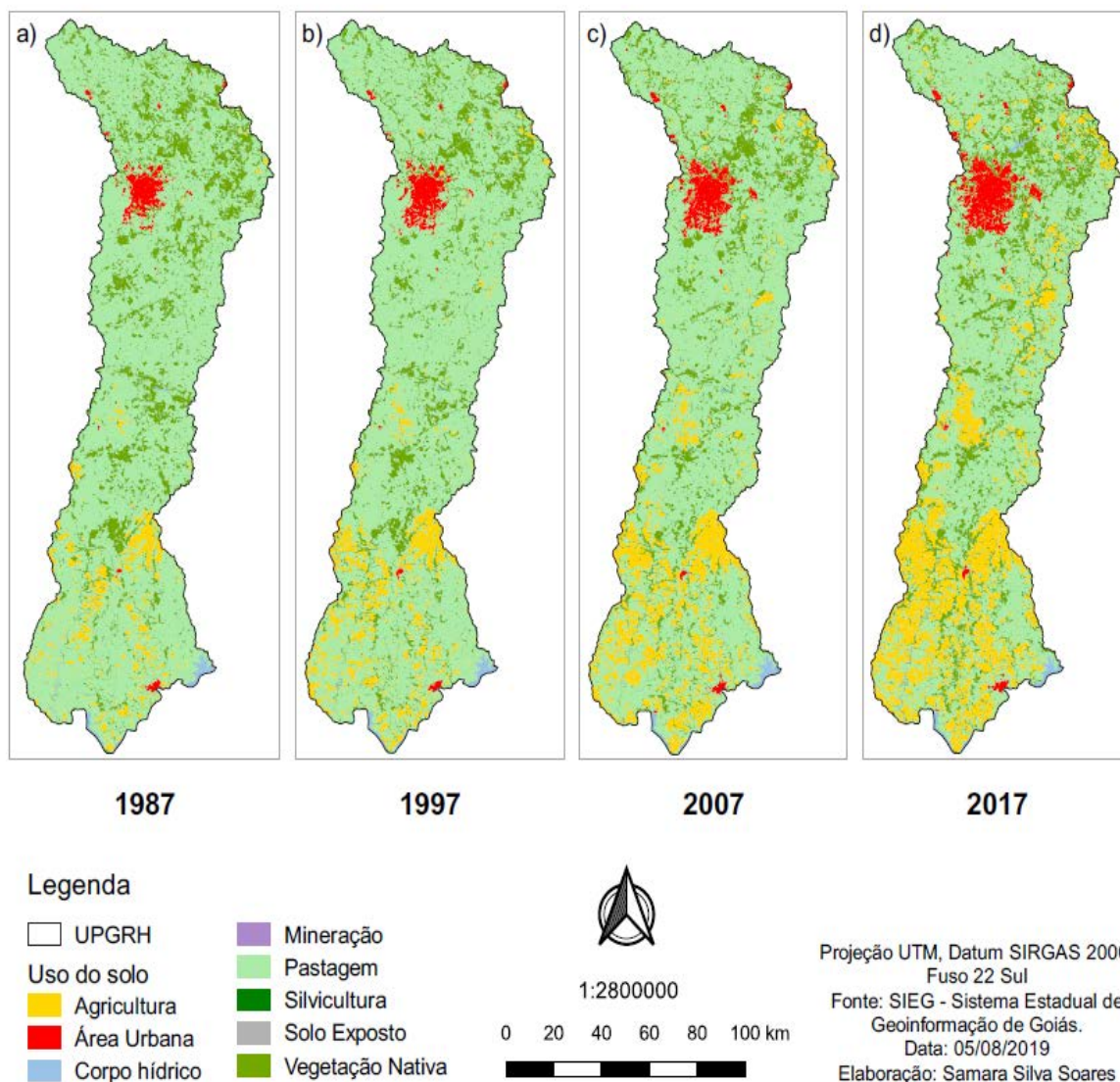
**Figura 4** – Novas Classes de identificação da mudança de uso da terra na UPGRH do rio Meia Ponte.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **Dinâmica do uso e ocupação do solo na UPGRH do Rio Meia Ponte**

A evolução do uso e cobertura do solo da UPGRH – RMP nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017 (Figura 5) resultante da classificação do MapBiomas mostra que a pastagem é a classe com maior percentual de áreas em todos os anos

analisados, apesar de apresentar tendência de queda na participação. Em 1987 representava 66% da área total da bacia (Figura 6a), mas reduziu a uma taxa de 22% (Tabela 1), e em 2017 participou em 52% da composição da bacia. A taxa de redução da pastagem pode ser atrelada ao aumento quase proporcional na classe de Agricultura.



**Figura 5** – Mapa do uso e cobertura da terra nos anos de 1987 (a), 1997 (b), 2007 (c) e 2017 (d) na UPGRH do Rio Meia Ponte.

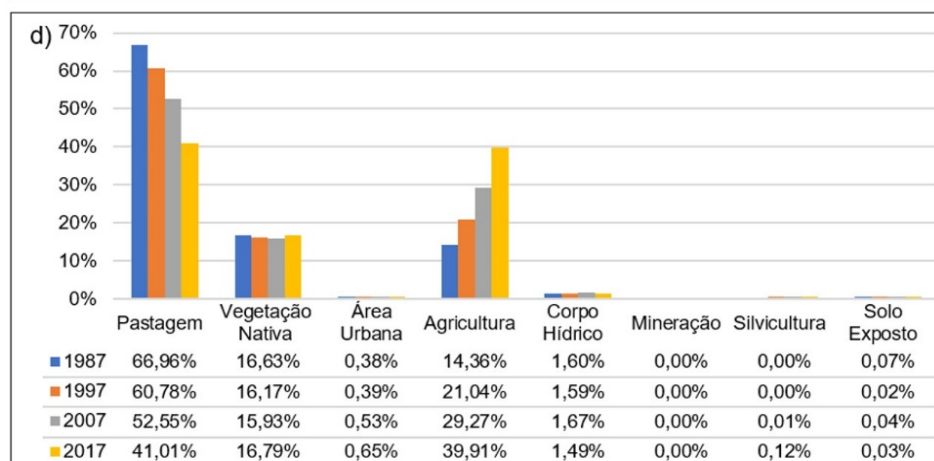
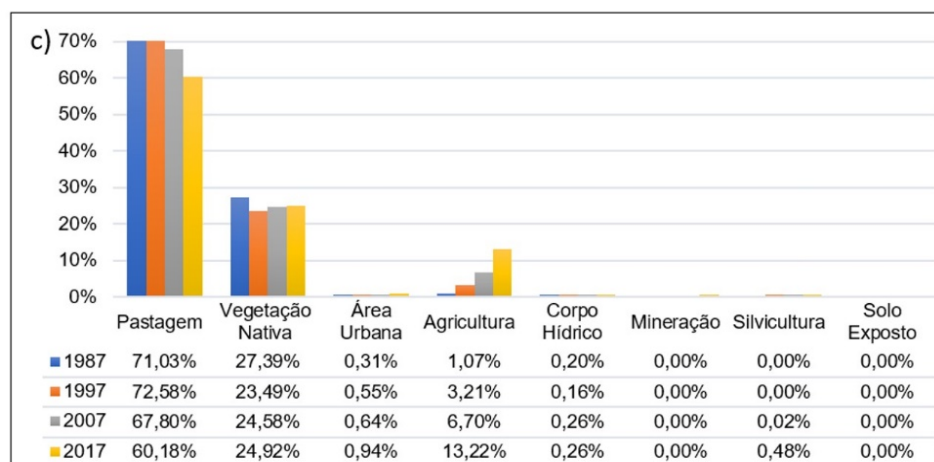
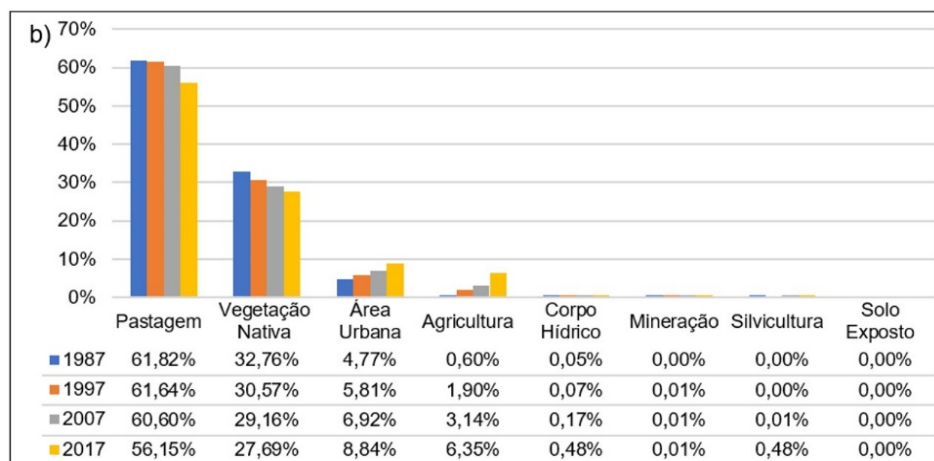
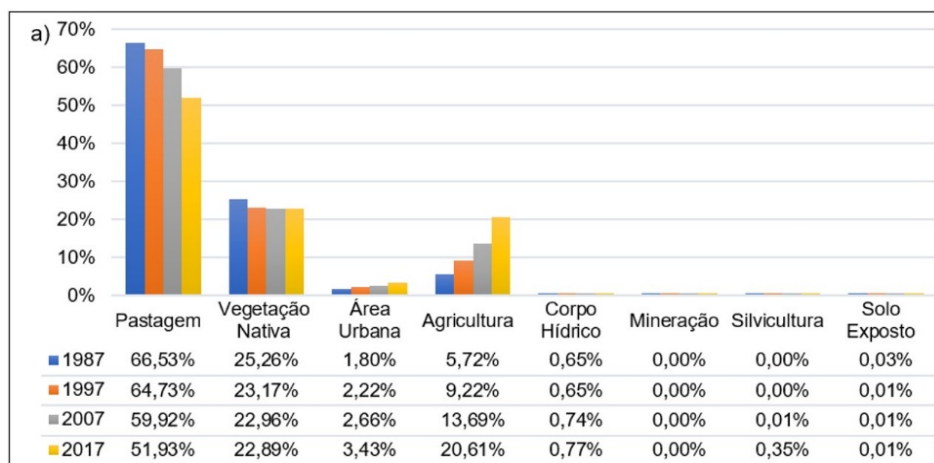
Observa-se um aumento na redução da classe pastagem em relação às subdivisões das regiões adotada neste trabalho. Na RAMP (Figura 6b), a classe pastagem manteve-se constante nos anos de 1987 a 2007, próximo de 60% e em 2017 ocupava cerca de 56% da bacia, uma redução total de 9%. Sousa & Ferreira (2014) obtiveram para os municípios da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite localizados na RAMP, por meio de uma abordagem multitemporal, uma redução de aproximadamente 3% na área ocupada com pastagens, no período de 1984 e 2011.

Já na RMMP (Figura 6c) a pastagem compunha 71% da área em 1987 e, atinge 60%, retraindo cerca de 15%. Na RBMP (Figura 6d) a redução foi mais expressiva, cerca de 39%, integrando 67% da região em 1987 e apenas 41% em 2017.

A agricultura constituía aproximadamente 6%

da área da bacia em 1987 e em 2017, ocupava 21%, uma expansão total de 260%. Logo, a representatividade da classe agricultura na RAMP em 1987 era ínfima, menos de 1% abrangendo uma área de 28,4 km<sup>2</sup> e, atinge em 2017, 6,35% da região correspondente a 302,5 km<sup>2</sup>. A RMMP apresentava em 1987, 1,07% da área da região ocupada com agricultura e passou a apresentar 13,22%, um aumento de 11,33 vezes a área ocupada anteriormente. A RBMP é a que ocupava em 1987 a maior classe agricultura, cerca de 14% e em 2017 chegou a compor cerca de 40% da região, com aumento de 177,8%. Percebe-se assim, que a classe agricultura já era consolidada na região.

A dinâmica do uso e cobertura da terra da UPGRH – RMP nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017 pode ser mais bem visualizado pelos mapas da figura 6, destacando a grande abrangência da agricultura na região centro-sul da UPGRH.



**Figura 6** – Distribuição das classes de uso e cobertura do solo nas regiões UPGRH do Rio Meia Ponte (a), RAMP (b), RMMP (c) e na RBMP (d).



A segunda classe de maior representatividade na UPGRH – RMP em 1987 é vegetação nativa, que representava 25% da área da bacia e sofre uma queda de 2% da composição da área em 1997 e mantém-se constante até 2017, com cerca de 23% da bacia com uma redução geral de 9,38%. Mas, em relação às regiões, percebe-se uma redução mais brusca da vegetação nativa na RAMP, que representava cerca de 33% da região e passa a representar em 2017, 27,69% com 15,46% de redução geral.

Ainda assim, a maior área de vegetação nativa está localizada na RAMP, sendo isso devido a Área de Proteção Ambiental do Ribeirão João Leite, a responsável pela proteção e manutenção da qualidade da água de sua barragem.

Para os municípios da bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite, de 1984 a 2011, Sousa & Ferreira (2014) obtiveram uma perda total da cobertura vegetal natural de aproximadamente 35% da área total vegetada existente em 1984, uma taxa bem mais elevada do que a encontrada no presente estudo, uma vez que, esses municípios integram a RAMP.

A vegetação nativa formava 27,39% e passa a configurar cerca de 25% da região RMMP, com redução de 9% e, na RBMP, sofre pequenas alterações ao longo dos 30 anos, mantendo-se com 16% da região, e queda geral de apenas 0,97%.

De modo geral a área urbana ocupava 1,8% e passou a totalizar 3,43% da bacia, em 1987 e 2017 respectivamente, representando um acréscimo de 90%.

Do mesmo modo, na RAMP a expansão da área urbana foi de 85%, variando de 4,8% a 8,8%, nos anos de 1987 e 2017 respectivamente. Entretanto, a RMMP obteve a maior expansão urbana, cerca de 200%, uma vez que ocupava em 1987 uma área de 0,31% e em 2017, 0,94%. A RBMP obteve a menor expansão urbana dentre as regiões, cerca de 69,7%, alterando de 0,38% para 0,65% da região, nos anos de 1997 e 2017, respectivamente.

Esperava-se que a RAMP, por conter a Região Metropolitana de Goiânia, apresentasse maior taxa de expansão urbana, se comparada com a RMMP, o que não ocorreu. Tal fenômeno pode ser explicado pelo crescimento mais compacto da RAMP, com melhor aproveitamento dos espaços urbanos em relação ao crescimento populacional da região.

As demais classes, como corpo hídrico, mineração, silvicultura e solo exposto, representam

uma pequena porcentagem da área total da bacia, mas sofreram expansões significativas ao longo do tempo. Ressalta-se a expansão total do corpo hídrico na RAMP de 909.34%.

Essa alta expansão pode estar correlacionada com a crescente necessidade de armazenamento do recurso hídrico nessa região, devido a criações de lagos e lagoas e barragens, como o Reservatório João Leite, criado para subsidiar o abastecimento de água da grande Goiânia (Goiânia, Trindade e Aparecida de Goiânia) até o ano de 2040.

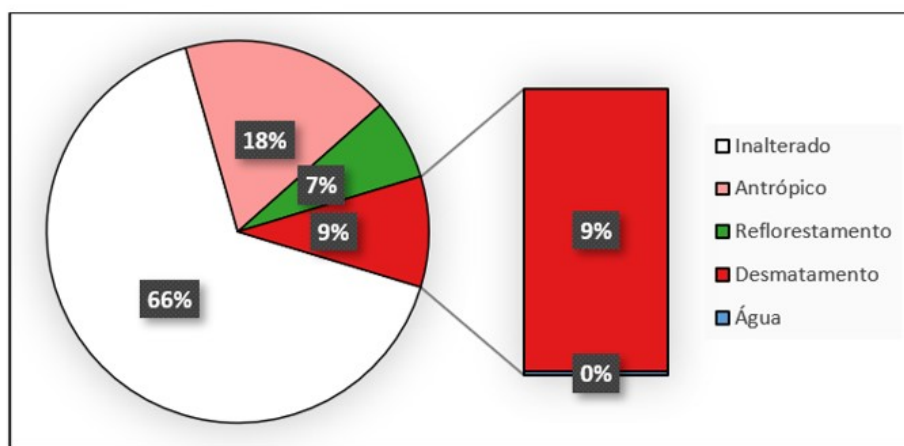
Na classe mineração, foi identificada uma expansão de 192,94% apenas na RAMP, a qual, em 1987, ocupava uma área de 0,1 km<sup>2</sup>, e em 2017, 0,3 km<sup>2</sup>. Em 2017, na RMMP foi detectada uma área de 0,02 km<sup>2</sup>. A classe de solo exposto sofreu uma redução de 50,79% em toda a bacia e essa redução aconteceu integralmente na RBMP.

Em destaque, a classe silvicultura era insignificante em 1987 com apenas 0,02 km<sup>2</sup>, mas expande para 0,35% (50,69 km<sup>2</sup>) em 2017, uma expansão de 2.200 vezes. Na bacia do rio Itajaí, uma simulação do uso e ocupação do solo para ano de 2027, apontou uma forte tendência de crescimento da silvicultura (Milanez Preis et al., 2021).

No estudo de Sousa & Ferreira (2014), o florestamento aumentou 1400%, chegando a ocupar uma área de 52,9 km<sup>2</sup> em 2011. Esse aumento expressivo, segundo Bacha (1991) se dá pela política econômica de expansão do setor de celulose e papel, da siderurgia a carvão vegetal, o programa de substituição energética e o programa de concessão de incentivos fiscais aos reflorestamentos.

O Percentual de área ocupada por cada classe nos anos de 1987, 1997, 2007 e 2017, para a UPGRH-RMP e as regiões RAMP, RMM e RBMP pode ser verificado na figura 7.

Estudos de cenários temporais de uso da terra em outras bacias hidrográficas corroboraram com a presente pesquisa, em que a classe de pastagens obteve o maior percentual de uso, mais de 70% da área da bacia hidrográfica do rio Colônia (Silva et al., 2011). Santos et al. (2019), ao verificar o uso e ocupação do solo de uma sub-bacia do Rio Meia Ponte, a classe pastagem também contempla as maiores áreas na bacia hidrográfica do rio Caldas. Esse padrão de ocupação acontece em todo o território brasileiro, com as áreas sendo abrangidas majoritariamente por pastagens.



**Figura 7** – Representação gráfica da mudança de uso e cobertura da terra na UPGRH Meia Ponte entre 1987 e 2017 em porcentagem (%) de área alterada em relação à área total da bacia.

Contudo, a maior taxa de expansão do uso do solo, com exceção da silvicultura na RAMP, é a classe agricultura, em toda a extensão da bacia. Essa expansão tem ocorrido principalmente em áreas previamente convertidas e de vegetação nativa. Segundo Ferreira et al. (2009) a expansão agrícola no estado de Goiás, até o momento, tem ocorrido tanto sobre novas áreas (desmatamentos), quanto sobre áreas previamente convertidas.

Entre os intervalos temporais analisados, o período em que houve maiores taxas de expansão foi entre 1987 e 1997, cerca de 200% de aumento de áreas cultivadas na RMMP e na RAMP. Isso ocorreu devido à grande Expansão da Fronteira Agrícola em Goiás na década de 1970, em que, a mecanização da lavoura e a incorporação de novas tecnologias, formam um avanço crucial em

decorrência do aumento da economia (Campos, 1998).

Além disso, foram criados programas de incentivo fiscal para fomentar os investimentos industriais, como o Fundo de Participação e Fomento à Industrialização do Estado de Goiás (FOMENTAR) e o Programa de Desenvolvimento Industrial do Estado de Goiás (PRODUZIR), os quais foram implementados no estado depois dos anos 1980 (Pires, 2019).

As mudanças ocorridas de 1987 para 2017 estão representadas na tabela 1 e figura 7, na qual, também é possível verificar, além das taxas de conversões totais, as taxas de conversões do uso e cobertura do solo no intervalo de 10 anos, para a UPGRH-RMP e as regiões RAMP, RMMP e RBMP.

**Tabela 1** - Variação em % da expansão das classes de uso e cobertura do solo no intervalo de 10 anos e a variação total de 30 anos em relação à área das regiões RAMP, RMMP, RBMP e da UPGRH-RMP.

| Classes                 | UPGRH - RMP                |           |           |                    | RAMP                       |           |           |                    |
|-------------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                         | Variação entre 10 anos (%) |           |           | Variação total (%) | Variação entre 10 anos (%) |           |           | Variação total (%) |
|                         | 1987-1997                  | 1997-2007 | 2007-2017 | 1987-2017          | 1987-1997                  | 1997-2007 | 2007-2017 | 1987-2017          |
| <b>Agricultura</b>      | 61,18%                     | 48,41%    | 50,59%    | 260,25%            | 215,17%                    | 65,61%    | 102,36%   | 956,21%            |
| <b>Área Urbana</b>      | 23,26%                     | 19,94%    | 28,64%    | 90,18%             | 21,64%                     | 19,11%    | 27,80%    | 85,18%             |
| <b>Corpo Hídrico</b>    | -0,34%                     | 13,34%    | 4,99%     | 18,59%             | 51,48%                     | 138,55%   | 179,31%   | 909,34%            |
| <b>Mineração</b>        | 350,77%                    | -18,20%   | -15,20%   | 212,67%            | 350,77%                    | -18,20%   | -20,55%   | 192,94%            |
| <b>Pastagem</b>         | -2,72%                     | -7,42%    | -13,34%   | -21,95%            | -0,28%                     | -1,70%    | -7,34%    | -9,17%             |
| <b>Silvicultura</b>     | 574,52%                    | 1175,63%  | 2460,93%  | 220251,70%         | -100,00%                   | -         | 4938,93%  | 100206,23%         |
| <b>Solo Exposto</b>     | -70,86%                    | 100,73%   | -15,86%   | -50,79%            | -                          | -         | -         | -                  |
| <b>Vegetação Nativa</b> | -8,30%                     | -0,91%    | -0,28%    | -9,38%             | -6,67%                     | -4,63%    | -5,03%    | -15,46%            |

**Tabela 2** - Variação em % da expansão das classes de uso e cobertura do solo no intervalo de 10 anos e a variação total de 30 anos em relação à área das regiões RAMP, RMMP, RBMP e da UPGRH-RMP (*Continuação*)

| Classes                 | RMMP                       |           |           |                    | RBMP                       |           |           |                    |
|-------------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|----------------------------|-----------|-----------|--------------------|
|                         | Variação entre 10 anos (%) |           |           | Variação total (%) | Variação entre 10 anos (%) |           |           | Variação total (%) |
|                         | 1987-1997                  | 1997-2007 | 2007-2017 | 1987-2017          | 1987-1997                  | 1997-2007 | 2007-2017 | 1987-2017          |
| <b>Agricultura</b>      | 199,84%                    | 108,69%   | 97,43%    | 1135,40%           | 46,46%                     | 39,11%    | 36,36%    | 177,83%            |
| <b>Área Urbana</b>      | 77,55%                     | 16,07%    | 45,73%    | 200,33%            | 0,09%                      | 35,64%    | 20,84%    | 69,66%             |
| <b>Corpo Hídrico</b>    | -16,06%                    | 55,68%    | 1,10%     | 32,11%             | -0,01%                     | 4,47%     | -10,76%   | -6,84%             |
| <b>Mineração</b>        | -                          | -         | -         | -                  | 0,00%                      | -         | -         | -                  |
| <b>Pastagem</b>         | 2,19%                      | -6,59%    | -11,24%   | -15,27%            | -42,98%                    | -13,55%   | -21,95%   | -38,75%            |
| <b>Silvicultura</b>     | -                          | 915,58%   | 2080,40%  | -                  | 0,01%                      | 822,44%   | 1048,93%  | -                  |
| <b>Solo Exposto</b>     | -                          | -         | -         | -                  | -0,35%                     | 100,73%   | -15,86%   | -50,79%            |
| <b>Vegetação Nativa</b> | -14,25%                    | 4,66%     | 1,38%     | -9,02%             | -3,23%                     | -1,46%    | 5,41%     | 0,97%              |

De acordo com a tabela 2 e o figura 7, cerca de 66% da área da bacia permaneceram inalteradas, ou seja, permaneceram na mesma classe de uso do solo, reafirmando o alto nível de antropização da UPGRH Meia Ponte e baixa conversão de novas áreas (Figura 8). Aproxima-

mente 18 % das classes de uso antrópicos rotacionaram entre si, houve 7% de reflorestamento e 9% de desmatamento, diferente ao que ocorre no estado de Goiás, o qual apresenta grandes índices de desmatamento (Ferreira et al., 2009).

**Tabela 3** – Mudança de uso e cobertura da terra na UPGRH Meia Ponte entre 19870 e 2017 em termo de área (km<sup>2</sup>) e percentagem (%) da área total da bacia.

| Grupo de Classes | Área (km <sup>2</sup> ) | Área (%) |
|------------------|-------------------------|----------|
| Inalterado       | 9566,12                 | 65,9%    |
| Antrópico        | 2590,73                 | 17,9%    |
| Reflorestamento  | 998,63                  | 6,9%     |
| Desmatamento     | 1343,64                 | 9,3%     |
| Água             | 14,50                   | 0,1%     |

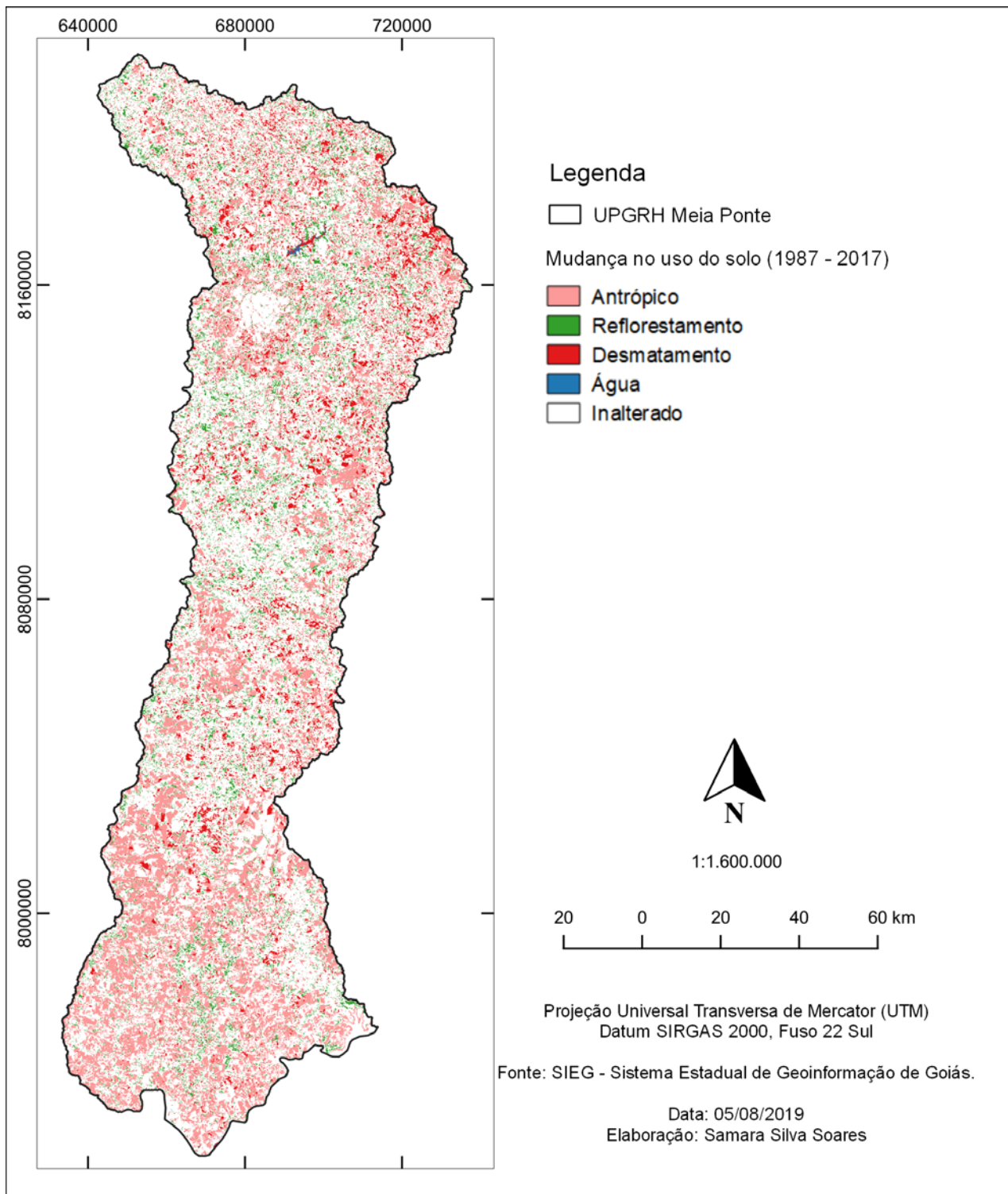
### Aspectos físicos do uso do solo na UPGRH do Rio Meia Ponte

Ao analisarmos as principais classes de uso do solo com os aspectos físicos da bacia em relação ao relevo foi observado que a agricultura reteve em 1987 97% de suas áreas nas declividades abaixo de 5°, com relevo plano e suave ondulado, e em 2017 reduziu para 92%, mantendo 8% das áreas de cultivo em relevo ondulado, com declividade entre 5° e 11°. Para o estado, cerca de 93% das atividades agrícolas estão concentradas em declives inferiores a 5° (Albuquerque Prado et al., 2012; Ferreira et al., 2016).

A classe pastagem manteve em 1987 68% das suas áreas em declividades de até 5°, e 30% em

declividades de 5° até 11°. Em 2017 as pastagens se distribuíam em 60% e 37% nestes intervalos de declividade. Assim, menos dependentes da fertilidade ou mecanização do solo, as pastagens tendem a ocorrer em uma variedade mais ampla de gradientes topográficos, como observado por Ferreira et al. (2016), identificando 86% das pastagens do estado em declives de até 5°, e as encostas fracas (entre 5° e 10°), detêm cerca de 12% da área total de pastagem.

Logo, o percentual de área de vegetação nativa se encontra distribuído em declives mais diversificados, com 42% nas declividades de 5 a 11°, tanto em 1987 quanto em 2017, e 35% em declives abaixo de 5°. Uma vez que pastagem e agricultura



**Figura 8** - Mapa de mudança do uso e cobertura da terra na UPGRH Meia Ponte entre 1987 e 2017.

ocupam as maiores áreas de relevo plano, e a vegetação nativa não sofreu alteração das áreas neste declive, sugere-se, que a vegetação nativa foi convertida em áreas de pastagem e agricultura anteriormente a 1987.

Em relação ao tipo de solo, em 1987 97% da agricultura sobrepunha os Latossolos e em 2017, reduziu para 94%, sendo que 3% das áreas de cultivo foram convertidas para os Argissolos.

Os Latossolos geralmente são adequados ao uso de maquinários devido a características físicas

e ao relevo de ocorrência, possuem elevada permeabilidade e por isso são aptos para agronegócio. Os Argissolos possuem algumas restrições ao movimento de máquinas em função do relevo de ocorrência, mas geralmente são dotados de maior fertilidade química e boa capacidade de retenção de água (Sano et al., 2008). A classe pastagem em 1987 também ocupa a maior parte das áreas em Latossolos, cerca de 68%, e em 2017 passa a ocupar cerca de 61%. Para os Argissolos, em 1987 a área ocupada era de 19% e em 2017,



25%. O terceiro tipo de solo mais ocupado por pastagem é Cambissolos, com o percentual de áreas de 7% em 1987, e 12% em 2017. Percebe-se que as áreas de pastagens foram convertidas de Latossolos para Argissolos e Cambissolos.

O processo de expansão agrícola está fortemente relacionado com as características

físicas e de infraestrutura do espaço a ser ocupado (Silva & Miziara, 2011). O papel do relevo, o qual apresenta predominância de terrenos planos e solos profundos, sem grandes restrições à mecanização, e a atividade pecuária, é um fator decisivo para a transformação das paisagens (Oliveira, 2014).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho objetivou analisar a dinâmica espacial e temporal do uso e cobertura da terra da UPGRH do Rio Meia Ponte – GO ao longo de 30 anos e correlacionar com os tipos de solo e declividade do terreno. Os resultados apontam que houve uma estabilidade na mudança do uso do solo, baixa taxa de redução de vegetação nativa, alta taxa de redução da área de pastagem e aumento da área de cultivo. Desse modo, quando a fronteira agrícola avança sobre a bacia, a agricultura se expande sobre áreas já convertidas.

A pastagem ainda ocupa o maior percentual de área da UPGRH do Rio Meia Ponte, mas ao longo dos últimos 30 anos reduziu 14% de sua área, sendo principalmente convertidas em agricultura. Essa redução se deu nas áreas de menor declividade, de 0° a 5°, (relevos planos e suaves ondulados) e solos considerados com maior aptidão agrícola, como os Latossolos. Logo, a agricultura possui 92% do total de áreas em relevos abaixo de 5°, e 94% das suas áreas sobrepõem os Latossolos.

Em geral, a agricultura observa o maior aumento de suas áreas no intervalo de 1987 a 1997, devido à grande Expansão da Fronteira Agrícola em Goiás na década de 1970. Além disso, a expansão da agricultura, aos poucos ocupam outros tipos de solos e outros relevos, devido a mecanização e melhoria das técnicas agrícolas.

Outro aspecto a ser ressaltado, relaciona-se com a expansão da área urbana ocorrida na RMMP, que foi maior do que na RAMP, onde se localiza a Região Metropolitana de Goiânia, pois, mesmo com o crescimento populacional elevado, esse crescimento ocorreu de forma compacta, aproveitando as áreas urbanas existentes.

A classe silvicultura passou por uma expansão relevante, sendo insignificante em 1987 e em 2017 possuía uma área 2.200 vezes maior. Além das políticas econômicas, pode estar relacionado ao fato de o reflorestamento ser colocado como solução à devastação da cobertura florestal que ocorreu na bacia, considerando seu alto grau de antropização.

A maior parte da bacia permaneceu com a classe de uso e cobertura da terra inalterada, confirmando o alto nível de antropização da bacia. Isso é explicado pelo longo histórico de ocupação da região, marcado pela construção de Goiânia e pela chegada da estrada de ferro, ambos processos da primeira metade do século XX.

Portanto, sugerimos novos estudos que se dediquem às áreas antropizadas na bacia, que possam identificar os conflitos dos usos da cobertura do solo, relacionadas às atividades humanas, nos remanescentes de vegetação nativa, visando à formulação de políticas públicas mais adequadas e à melhor gestão territorial e ambiental do Estado.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.N.; SHAO, Z.; JAVED, A. Modelling land use/land cover (LULC) change dynamics, future prospects, and its environmental impacts based on geospatial data models and remote sensing data. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 30, n. 12, p. 32985-33001, 2022.
- ALBUQUERQUE PRADO, L.; MIZIARA, F.; FERREIRA, M. E. Expansão da fronteira agrícola e mudanças no uso do solo na região sul de Goiás: ação antrópica e características naturais do espaço. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 32, n. 1, p. 151-165, 2012.
- AMARAL, A.K.N. **Estudo hidrossedimentológico em rios da bacia hidrográfica do rio Meia Ponte - Goiás, Brasil**. Goiânia, 2019. 109 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Goiás.
- ANA (Agência Nacional de Águas). Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Gestão Hídrica Meia Ponte. Plano de Recursos Hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. Brasília, DF: ANA, 2013. p. 175.
- BACHA, C.J.C. A expansão da silvicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 45, n. 1, p. 145-168, 1991.

- CAMPOS, F.I. Goiás, formas de ocupação: “uma população sem-terra, numa terra despovoada” **Sociedade e Cultura**, v. 1, n. 1, p. 71–80, 1998.
- CHEREM, L.F.S.; SILVA, G.B.; ZANCOPE, M.H. C.; ROSA, L.E. CONTROLE LITOESTRUTURAL NA MORFOLOGIA HOLOCÊNICA DE PLANÍCIE E CANAL NO ALTO CURSO DO RIO MEIA PONTE (GOIÁS). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 4, 2018.
- FERREIRA, L.G.; FERREIRA, M.E.; ROCHA, G.F.; NEMAYER, M.; FERREIRA, N.C. Dinâmica agrícola e desmatamentos em áreas de Cerrado: uma análise a partir de dados censitários e imagens de resolução moderada. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 61, n. 2, p. 117–127, 2009.
- FERREIRA, M.E.; FERREIRA, L.G.; LATRUBESSE, E.M.; MIZIARA, F. Considerations about the land use and conversion trends in the savanna environments of Central Brazil under a geomorphological perspective. **Journal of Land Use Science**, v. 11, n. 1, p. 33–47, 2016.
- GOIÁS. **Planos de Recursos Hídricos das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Estado de Goiás Afluentes ao Rio Paranaíba: Bases Metodológicas (Produto 1)**. Goiânia: SECIMA, 2018.
- GOIÁS. **Planos de Recursos Hídricos das unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do estado de Goiás afluentes ao rio Paranaíba: Diagnóstico UPRH do Rio Meia Ponte (Produto 2)**. Goiânia: SEMAD, 2019.
- MAPBIOMAS. **Projeto Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil**. Versão 3.0. 20 ago. de 2018, 2017.
- MILANEZ PREIS, C.; FRANCO, D.; CAVALCANTE VARELA, S. Avaliação do Uso e Ocupação do Solo na bacia hidrográfica do rio Itajaí e simulação para 2027. **Geociências**, São Paulo v. 40, n. 2, p. 407–414, 2021.
- MIZIARA, F. Condições estruturais e opção individual na formulação do conceito de “Fronteira Agrícola”. In: SILVA, L.S.D. (org.). **Relações Cidade Campo: Fronteiras**. Goiania: CEGRAF, 2000, p. 273–289.
- NDLOVU, I.; NUNU, W.N.; MUDONHI, N.; DUBE, O.; MAVIZA, A. Land use–land cover changes and Mopani worm harvest in Mangwe District in Plumtree, Zimbabwe. **Environmental Systems Research**, v. 8, n. 1, p. 1–9, 2019.
- OLIVEIRA, I. J. de. Chapadões descerrados: relações entre vegetação, relevo e uso das terras em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiâniaano 34, n. 2, 2014. p. 311–336.
- PEREIRA, P.B.; KAYO DE BRITO NUNES, H.; DE ASSIS, F.; ARAÚJO, S. **Análise multitemporal de uso, ocupação e cobertura da terra na zona Leste da cidade de Caxias/Maranhão/Brasil** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 3, p. 1415–1428, 2021.
- PIRES, M.J.S. Estratégia de transformação econômica do centro-oeste: o caminho externo. Rio de Janeiro. **Texto para Discussão** 2504, p. 57, 2019.
- RESENDE, M.J.G. **Distribuição dos solos de Goiás: Classes de solos dos municípios goianos**. Goiânia - GO: EMATER, 2016.
- ROSA, M.R. Comparação e análise de diferentes metodologias de mapeamento da cobertura florestal da mata atlântica. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 95, p. 25–34, 2016.
- RUDKE, A.P.; FUJITA, T.; ALMEIDA, D.S.; EIRAS, M.M.; XAVIER, A.C.F.; RAFEE, S.A.A.; SANTOS, E.B.; MORAIS, M.V.B.; MARTINS, L.D.; SOUZA, R.V.A.; SOUZA, R.A.F.; HALLAK, R.; FREITAS, E.D.; UVO, C.B.; MARTINS, J.A. Land cover data of Upper Parana River Basin, South America, at high spatial resolution. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation** v. 83, n. February, p. 101926, 2019.
- SANO, EE.; DAMBRÓS, L.A.; OLIVEIRA, G.C.; BRITES, R.S. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. Em: LAERTE GUIMARÃES FERREIRA JR. (org.). **A encruzilhada socioambiental**. Goiânia: Editora ad UFG, 2008. p. 85–100.
- SANTIAGO, R.S.; ALMEIDA, R.M.; NOVAIS, J.S. Mudanças No Uso E Cobertura Do Solo Na Microbacia De Um Igarapé Amazônico Entre 1987 E 2018. **Caminhos de Geografia**, v. 24, n. 91, p. 21–36, 2023.
- SANTOS, H.G.; ALMEIDA, J.A.; OLIVEIRA, J.B.; LUMBRERAS, J.F.; ANJOS, L.H.C.; COELHO, M.R.; JACOMINE, P.K.T.; CUNHA, T.J.F.; OLIVEIRA, V.Á. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5ªed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018. 2018. Disp. em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>.
- SANTOS, L.A.C.; VIEIRA, L.M.F.; MARTINS, P.T.A.; FERREIRA, A.A. Conflitos de Uso e Cobertura do Solo para o Período de 1985 a 2017 na Bacia Hidrográfica do Rio Caldas-Go. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 2, p. 189–211, 2019.
- SIEG. **Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás**. Goiânia-GO: IMB - Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos, 2017. Disp. em: <http://www.sieg.go.gov.br/>. Acesso em: 14 abr. 2019.
- SILVA, A.A. & MIZIARA, F. Avanço Do Setor Sucroalcooleiro E Expansão Da Fronteira Agrícola Em Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p. 399–407, 2011.
- SILVA, V.A.; MOREAU, M.S.; MOREAU, A.M.S.S.; REGO, N.A.C. Uso da terra e perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Colônia, Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 3, p. 310–315, 2011.
- SILVA, B.A.; GIONGO, P.R.; DE AQUINO MARTINS, P.T.; ALVES BARBOSA, T.; MORAES, V.H.; CAVALCANTE, T.J.; MARCOMINI GIONGO, A.M. Soil erosion vulnerability in the southern part of the Meia Ponte watershed, Goiás, Brazil. **Idesia (Arica)**, v. 37, n. 2, p. 81–86, 2019.
- SOUZA, S.B. & FERREIRA, L.G. Mapeamento da cobertura e uso da terra: uma abordagem utilizando dados de sensoriamento remoto óptico multitemporais e provenientes de múltiplas plataformas. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 66, n. 2, p. 321–336, 2014.
- VALERIANO, M.M. & ROSSETTI, D.F. Topodata: Brazilian full coverage refinement of SRTM data. **Applied Geography**, v. 32, n. 2, p. 300–309, 2012.

Submetido em 14 de março de 2023

Aceito para publicação em 28 de novembro de 2023