

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *SCRICTO SENSU*  
EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA -  
PPGEAS

**A dinâmica hidrográfica na região sul do  
estado de Goiás**

**Mayara Paula Silva Franco Castilho**

GOIÂNIA  
2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese

#### 2. Nome completo do autor

Mayara Paula Silva Franco Castilho

#### 3. Título do trabalho

A dinâmica hidrográfica na região sul do estado de Goiás

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(a) autor(a) e ao(a) orientador(a);
- b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **MAYARA PAULA SILVA FRANCO CASTILHO**, Discente, em 30/11/2020, às 19:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

09/02/2021

SEI/UFG - 1697759 - Termo de Ciência e de Autorização (TECA)



Documento assinado eletronicamente por **Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior**, em 03/12/2020, às 09:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1697759** e o código CRC **F65D7123**.

Referência: Processo nº 23070.047925/2020-48

SEI nº 1697759

Mayara Paula Silva Franco Castilho

## **A dinâmica hidrográfica na região sul do estado de Goiás**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Scripto Sensu* em Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Federal de Goiás como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Nilson C. Ferreira

GOIÂNIA

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Castilho, Mayara Paula Silva Franco  
A dinâmica hidrográfica na região sul do estado de Goiás  
[manuscrito] / Mayara Paula Silva Franco Castilho. - 2020.  
56 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Clementino Ferreira.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola  
de Engenharia Civil e Ambiental(EECA), Programa de Pós-Graduação  
em Engenharia Ambiental e Sanitária, Goiânia, 2020.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, mapas, abreviaturas, gráfico, tabelas, algoritmos,  
lista de figuras, lista de tabelas.

1. Agropecuária. 2. Dinâmica hidrográfica. 3. Goiás. 4.  
Mapeamento. I. Ferreira, Nilson Clementino, orient. II. Título.

CDU 628.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL  
ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 005 da sessão de Defesa de Dissertação de **Mayara Paula Silva Franco Castilho**, que confere o título de **Mestra em Engenharia Ambiental e Sanitária**, na área de concentração em **Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental**.

Aos vinte e três dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte, a partir das nove horas e trinta minutos, por meio de videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada "A dinâmica hidrográfica na região sul do estado de Goiás". Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor Nilson Clementino Ferreira (PPGEAS/UFG) com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor Denilson Teixeira (PPGEAS/UFG), membro titular interno; Professor Doutor Hugo José Ribeiro (EECA/UFG), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor Nilson Clementino Ferreira, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos vinte e três dias do mês de outubro de dois mil e vinte.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por Denilson Teixeira, Professor do Magistério Superior, em 23/10/2020, às 11:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Nilson Clementino Ferreira, Professor do Magistério Superior, em 23/10/2020, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por Hugo José Ribeiro, Professor do Magistério Superior, em 23/10/2020, às 11:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador 1631641 e o código CRC 837261EA.

19/11/2020

SEI/UFG - 1631641 - Ata de Defesa de Dissertação

**Referência: Processo nº 23070.047925/2020-48**

**SEI nº 1631641**

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico esse trabalho às minhas filhas Helena e Celina, que foram presentes de Deus na minha vida, e que se tornaram minha maior motivação para o término do mestrado.*

*Ao meu esposo João Manoel, que sempre me apoiou e incentivou em todos os desafios enfrentados.*

*Aos meus pais, Aparecido e Mariluce que desde minha tenra infância não mediram esforços para me ensinar o caminho do bem, e me incentivaram sempre pela busca do conhecimento.*

*À minha irmã, Tatiana, por ser meu apoio em todas as horas.*

*À minha avó Lázara(in memoriam), que com seu exemplo, doação e oração, me ajudou a chegar até aqui.*

## **AGRADECIMENTOS**

Minha gratidão à todas as pessoas que participaram diretamente ou indiretamente para que o trabalho fosse concluído.

Agradeço à Deus por seu imenso amor. Por sempre cuidar de todas as minhas necessidades.

Ao meu orientador, professor Dr. Nilson Ferreira Clementino pela orientação, e aporte durante a execução do trabalho.

Aos meus familiares, em especial meus pais e meu esposo por todo suporte e apoio nesse processo.

Às minhas filhas por serem a minha inspiração para tudo que realizo.

A todos que apoiaram, incentivaram e rezaram pela realização do meu trabalho.

## RESUMO

O Brasil é destaque mundial em relação aos recursos hídricos, e pela extensa produção agropecuária. Só no estado de Goiás, mais de 26 milhões de hectares de terras são destinadas às atividades agropecuárias, sendo que a disponibilidade hídrica é essencial para a sustentabilidade dessas atividades. Diante disso é possível que aconteça alterações físicas na hidrografia em decorrência do incremento da produção agropecuária, visto que para a implantação e manutenção dessas atividades são necessárias intervenções, como construção de barragens, captação de água, irrigação e desmatamento. O objetivo da pesquisa é mapear as alterações na hidrografia nas Unidades de Planejamento para Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba e Rio dos Bois nas últimas três décadas, e verificar se elas estão associadas com as mudanças no uso e cobertura do solo. Para identificar e mapear essa dinâmica hídrica foi desenvolvido um código computacional na linguagem de programação *Java* e executado dentro da plataforma do Google Earth Engine (GEE), onde foi realizada a classificação da presença de água a partir das imagens de satélites Landsat nos anos de 1987, 2007 e 2017. Após o mapeamento da hidrografia para os anos supracitados, os dados em forma de imagens foram exportados para um programa computacional de Sistema de Informação Geográfica (SIG), para os cálculos de área e comparação das alterações em relação à hidrografia. Constatou-se que entre os anos de 1987 e 2007 houve poucas mudanças na hidrografia, já em 2017 é possível perceber expressivas alterações principalmente devido ao surgimento de grandes reservatórios. Com base no cálculo das áreas de hidrografia nesse intervalo de 30 anos nas UPGRHs, observou-se um aumento da área hidrográfica significativo, de 505,16km<sup>2</sup> para 630,46km<sup>2</sup>, em lâmina d'água, correspondendo a um aumento de 24,80%. Da mesma forma, observou-se alterações no uso e cobertura dos solos. A qualidade do mapeamento da hidrografia elaborado nessa pesquisa foi avaliada em comparação com o mapeamento realizado para os mesmos anos pelo projeto MapBiomias. Por meio da comparação entre as áreas encontradas pelos dois mapeamentos foram identificadas omissões da hidrografia nos dados do MapBiomias, variando entre 41% a 63%. Essa discrepância não invalida os dados fornecidos pelo MapBiomias, visto que a metodologia de classificação e área de abrangência do mapeamento do projeto é para todo o território brasileiro, entretanto essa comparação constatou a boa qualidade dos mapeamentos realizados no âmbito da pesquisa. Dessa forma os resultados obtidos demonstram que existe uma relação entre a alteração do uso do solo e a hidrografia, e que essas alterações podem ser identificadas a partir de imagens com resolução especial de dezenas de metros.

**Palavras-chave:** Agropecuária. Dinâmica hidrográfica. Goiás. Mapeamento.

## **ABSTRACT**

Brazil is a world leader concerning water resources, and for its intense agricultural production. In the state of Goiás alone, more than 26 million hectares of land is earmarked for agricultural activities, and water availability is essential for the sustainability of these activities. Because of this, physical changes in hydrography may occur as a result of the increase in agricultural production, since the implementation and maintenance of these activities require interventions such as dams, water abstraction, irrigation, and deforestation. The objective of the research is to map the changes in hydrography in the Water Resources Management Planning Units (UPGRHs) of the affluent Goianos of Baixo Paranaíba and Rio dos Bois in the last three decades and to verify if they are associated with changes in use and coverage from the soil. To identify and map this water dynamics, a computational code was developed in the Java programming language and executed within the Google Earth Engine (GEE) platform, where the classification of the presence of water was carried out using the Landsat satellite images in the years 1987, 2007 and 2017. After mapping the hydrography for the aforementioned years, the data in the form of images were exported to a Geographic Information System (GIS) computer program, for area calculations and comparison of changes about hydrography. It was found that between 1987 and 2007 there were few changes in hydrography, already in 2017, it is possible to notice significant changes mainly to the emergence of large reservoirs. As a basis for calculating the hydrographic areas in this 30-year interval in the UPGRHs in the study area, a significant increase was observed from 505.16km<sup>2</sup> to 630.46km<sup>2</sup>, in water depth, corresponding to an increase of 24.80%. Likewise, changes in land use and coverage were observed. The quality of the hydrography mapping elaborated in this research was evaluated in comparison with the mapping carried out for the same years by the MapBiomass project. By comparing the areas found by the two mappings, hydrographic omissions were identified in the MapBiomass data, ranging from 41% to 63%. This discrepancy does not invalidate the data provided by MapBiomass, since the classification methodology and area of coverage of the mapping is for the entire Brazilian territory, however, this comparison found the good quality of the mappings carried out within the scope of the research. Thus, the results obtained demonstrate that there is a relationship between changes in land use and hydrography and that these changes can be identified from images with a special resolution of tens of meters.

**Keywords:** Agriculture. Hydrographic dynamics. Goias. Mapping.

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Volume de água utilizado por diversos setores ao longo dos anos.....	20
Figura 2 - Relação entre demanda e disponibilidade hídrica no Brasil .....	21
Figura 3 - Uso da terra no Brasil .....	27
Figura 4 - Propriedades rurais particulares com recursos hídricos.....	28
Figura 5 – Mapa de uso do solo de Goiás.....	30
Figura 6 - Plataforma de desenvolvimento do GEE.....	33
Figura 7 - Missões Landsat.....	34
Figura 8 - Mapa de Localização das UPGRHs Rio dos Bois e Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba .....	35
Figura 9 - Áreas destinadas a agropecuária por município .....	37
Figura 10 - Cobertura do solo por agropecuária ao longo do tempo no estado de Goiás.....	39
Figura 11 - Fluxograma do código GEE .....	40
Figura 12 - Imagem Banda H .....	43
Figura 13 - Imagem GEE com a classificação da água .....	44
Figura 14 - Mapeamento multitemporal da hidrografia nas UPGRHs dos Afluentes do Baixo Paranaíba e do Rio dos Bois.....	46
Figura 15 - Comparação de áreas normalizadas .....	49
Figura 16 - Dinâmica da agricultura e pastagem.....	49
Figura 17 - Mapeamento temporal da hidrografia, sendo (A) mapeamento da hidrografia em 1987, elaborado nesta dissertação; (B) mapeamento da hidrografia em 2007, elaborado nesta dissertação; (C) mapeamento da hidrografia em 2017, elaborado nesta dissertação; (D) mapeamento da hidrografia em 1987, elaborado pelo MapBiomias; (E) mapeamento da hidrografia em 2007, elaborado pelo MapBiomias; (F) mapeamento da hidrografia em 2017, elaborado pelo MapBiomias .....	50

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Usos da água.....	24
Quadro 2 - PCH e UHE na UPGRH Afluentes do Baixo Paranaíba.....	37
Quadro 3 - Imagens utilizadas para a classificação.....	41

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Produção agrícola no estado de Goiás.....	31
Tabela 2 - Intervalo da água na banda H.....	43
Tabela 3 - Áreas hidrográficas mapeadas em 1987, 2007 e 2017 nas UPGRHs do baixo Paranaíba e Rio dos Bois.....	47
Tabela 4 - Uso e ocupação do solo na área de estudo.....	48
Tabela 5 - Diferenças de área entre os mapeamentos de hidrografia.....	51

## LISTA DE SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica.

API - *Application Programming Interface*

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FAO - *Food and Agriculture Organization* (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura).

GEE – *Google Earth Engine*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

km<sup>2</sup> - Quilômetros quadrados

km<sup>3</sup> - Quilômetros cúbicos

m<sup>3</sup> - Metros cúbicos

MACROZAEE-GO - Macrozoneamento Ecológico e Econômico

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

NDSI - *Normalized Difference Snow Index*

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.

OLI - *Operational Land Imager*.

OMC - Organização Mundial do Comércio.

PBAPGO - Planos de Bacias dos Afluentes do Paranaíba do Estado de Goiás.

PCH – Pequena Central Hidrelétrica.

PIB – Produto Interno Bruto.

SECIMA - Secretaria de Estado de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos de Goiás

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás.

SIG - Sistema de Informação Geográfica.

TIRS - *Thermal Infrared Sensor*.

T1 - *1 Tier*

TM - *Thematic Mapper*.

TOA - *Top-Of-Atmosphere Reflectance*),

UEH – Usina Hidrelétrica.

UFG – Universidade Federal de Goiás.

UPGRH – Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos.

USGS - *United States Geological Survey*.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
<b>2.1 OBJETIVO GERAL</b> .....	<b>18</b>
<b>2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>18</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>19</b>
<b>3.1 RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO E NO BRASIL</b> .....	<b>19</b>
<b>3.2 USOS DA ÁGUA</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3 AGRICULTURA E OS RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	<b>25</b>
<b>3.4 RECURSOS HÍDRICOS E A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA</b> .....	<b>26</b>
<b>3.4.1 Agropecuária em Goiás</b> .....	<b>28</b>
<b>3.5 GEOPROCESSAMENTO</b> .....	<b>31</b>
<b>3.5.1 Google Earth Engine</b> .....	<b>32</b>
<b>3.5.2 Utilização das imagens Landsat</b> .....	<b>34</b>
<b>5 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1 ÁREA DE ESTUDO</b> .....	<b>35</b>
<b>5.1.1 UPGRH Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba</b> .....	<b>36</b>
<b>5.1.2 UPGRH Rio dos Bois</b> .....	<b>38</b>
<b>5.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS</b> .....	<b>39</b>
<b>5.2.1 Código JavaScript</b> .....	<b>40</b>
<b>6 RESULTADOS</b> .....	<b>46</b>
<b>7 CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>
<b>7 APÊNDICE</b> .....	<b>58</b>

## INTRODUÇÃO

O Brasil com sua dimensão continental e clima tropical, se destaca mundialmente por sua expressiva rede hidrográfica, imensa cobertura de vegetação nativa, notável produção agropecuária e expansão de áreas urbanizadas.

O bioma Cerrado é o segundo maior do Brasil, ocupando 23% do seu território, possui formação savânica e representa uma área aproximada de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>(SOARES, *et. al.*, 2017). Apresenta um clima com características tropical chuvoso, com verão quente e chuvoso e o inverno seco (RIBEIRO; WALTER, 1998). O estado de Goiás possui 97% do seu território localizado na porção central desse bioma (IBGE, 2004). A ocupação da porção centro-sul do bioma Cerrado, onde se localiza o estado de Goiás, ocorreu em várias etapas, iniciando-se com a mineração aurífera no fim do século XVII e início do século XVIII. Com o fim do ciclo do ouro, a economia voltou-se para a agricultura de subsistência e pecuária extensiva. O principal vetor para o crescimento da produção agropecuária, foi o incremento de novas áreas de lavouras, pastagens e campos, fatores de destaque para o avanço da fronteira agrícola no interior do estado (PIRES, 2008).

Os motivos que continuam propiciando a ocupação do Cerrado, são econômicos, culturais, e físico-naturais, onde se destacam disponibilidade de recursos hídricos e terras planas para a agricultura mecanizada.(DE CARVALHO; FERREIRA; BAYER, 2008).

A produção agropecuária no Brasil é destacada em relação à produção global. Segundo a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, a economia brasileira está posicionada entre as dez primeiras no *ranking* mundial, e o país é o terceiro maior exportador de produtos agropecuários do mundo (FAO, 2015). Segundo informações produzidas em 2016, o Brasil supria 5,7% do mercado mundial com produtos agropecuários, abaixo apenas dos Estados Unidos, que responsável por 11% e o conjunto de países do continente europeu, responsável por 41% do mercado mundial de produtos agropecuários (FAO, 2018).

A evolução da produção agrícola brasileira é notável, em 1975 a colheita de grãos no Brasil foi de 45 milhões de toneladas, em 2013 atingiu 187 milhões de toneladas. O crescimento pode ser

explicado, pelos desenvolvimentos científicos e tecnológicos na área agrônômica, investimentos governamentais na infraestrutura e em fomentos para agricultura, incremento na demanda global por alimentos, além da grande disponibilidade de terras, com situações hidrográficas e climáticas favoráveis, que viabilizaram a adaptação dos solos do bioma Cerrado, onde extensas áreas foram destinadas para agricultura e pecuária (EMBRAPA, 2014).

Mesmo a expansão agrícola no Cerrado podendo ser considerada um dos maiores fenômenos da agricultura brasileira e mundial nas últimas décadas, deve-se considerar os impactos ambientais dessa expansão que resultaram em prejuízos para a biodiversidade, com a grande fragmentação de habitats, devido as implantações de extensas áreas de monocultura (REZENDE, 2003). Segundo Cunha, *et. al*(2008), as principais ameaças à biodiversidade do Cerrado estão concentrados na expansão agropecuária, por meio da conversão de novas áreas e consequente perda de vegetação nativa, irrigação sem controle, monocultura em grande escala e mecanização pesada, além da expansão populacional provocada pelo avanço da fronteira agrícola.

Cerca de 39% da área anteriormente coberta por vegetação nativa do Cerrado, atualmente está ocupada por pastagem e agricultura. Em Goiás aproximadamente 63% da área outrora coberta por vegetação nativa, atualmente é utilizada pelas atividades agropecuárias. Entre os anos de 2001 e 2005 houve um aumento de 12.303 km<sup>2</sup> na conversão de áreas cobertas por vegetação nativa para áreas destinadas a atividades agrícolas (FERREIRA, *et al.*, 2009).

Segundo o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2019), no estado de Goiás, uma porção de mais de 26 milhões de hectares, 77% da área territorial do estado, está ocupada por estabelecimentos agropecuários, sendo que 57% dessa área estão ocupadas por pastagens e 19% estão ocupadas de lavouras.

A disponibilidade hídrica é essencial para a implantação e sustentabilidade das atividades agropecuárias, pois como o período de produção não se limita a estação chuvosa, são necessárias intervenções que possibilitem a continuidade das atividades, por meio do desvio no curso dos córregos e rios, construção de barragens, captação de água e irrigação. Além das alterações projetadas, a hidrografia ainda sofre alterações em decorrência das alterações da cobertura vegetal pelos processos de antropização, que resultam em assoreamentos dos leitos

dos cursos hídricos, esgotamento de nascentes, entre outros impactos sobre a hidrografia, em decorrência de aceleração e processos erosivos (ROCHA, 2010).

É importante considerar também, que há alterações na hidrografia, deslocamentos laterais dos leitos de córregos, riachos, ribeirões e rios, assoreamentos naturais devido as características geológicas, geomorfológicas e pedológicas. Porém, conforme as características físicas regionais, essas alterações podem ser de longo tempo (PISSARRA; POLITANO ; FERRAUDO, 2004).

A disponibilidade de informações sobre o uso da terra permitem que ações sejam desenvolvidas a curto e longo prazo para a conservação, uso sustentável e desenvolvimento dos recursos naturais (JANSEN; DI GREGÓRIO, 2004). Essas informações podem ser obtidas através da utilização de produtos multi-temporais de sensoriamento remoto (LOPES, *et.al.*, 2010).

Devido ao grande desenvolvimento das atividades agropecuárias na região centro sul de Goiás, que estimulou a expansão de áreas urbanizadas e o consequente aumento pelo consumo de água devido ao aumento populacional e incrementos de atividades comerciais e industriais, que resultaram em elevada demanda por água e energia, e pela ocupação intensa do solo, há a hipótese de que nas últimas décadas tenham ocorrido alterações físicas na hidrografia daquela região, que podem ser observadas por meio de imagens obtidas por sensores instalados a bordo de satélites. Dessa forma é relevante avaliar as alterações que podem ter ocorrido na hidrografia da região centro-sul do estado de Goiás em decorrência do desenvolvimento agropecuário, apoiado em expressivos incrementos na tecnificação, que vêm possibilitando o aumento da produtividade agropecuária em extensas áreas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

A pesquisa tem como objetivo geral mapear as alterações físicas na hidrografia, nas Unidades de Planejamento para Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs) dos Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba e Rio dos Bois entre os anos de 1987 a 2017, e verificar se elas estão associadas com as mudanças no uso e cobertura do solo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para se atingir o objetivo geral, serão necessários os cumprimentos dos seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver e aplicar um código na plataforma *Google Earth Engine*, que identifique as mudanças físicas na hidrografia;
- avaliar a associação entre as mudanças do uso do solo e as alterações físicas da hidrografia;
- avaliar os resultados obtidos no mapeamento hidrográfico comparando-os com outras iniciativas de mapeamento.

## **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **3.1 RECURSOS HÍDRICOS NO MUNDO E NO BRASIL**

A água é um recurso vital para manutenção da vida na terra, em grande volume pode provocar inundações e calamidades provocando sérios danos ambientais e sociais, a escassez acarreta miséria e fome, assim a manipulação correta do uso da água proporciona resultados positivos, e o mau uso provoca a degradação do meio ambiente (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Na história das civilizações já era possível identificar o movimento dos povos em função da disponibilidade hídrica e demais fatores físicos (TUCCI, 2002). A falta de água pode representar para muitos países uma limitação ao seu desenvolvimento, pois o modelo de avanço tecnológico que se baseia na exploração de recursos naturais, está se esgotando. (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

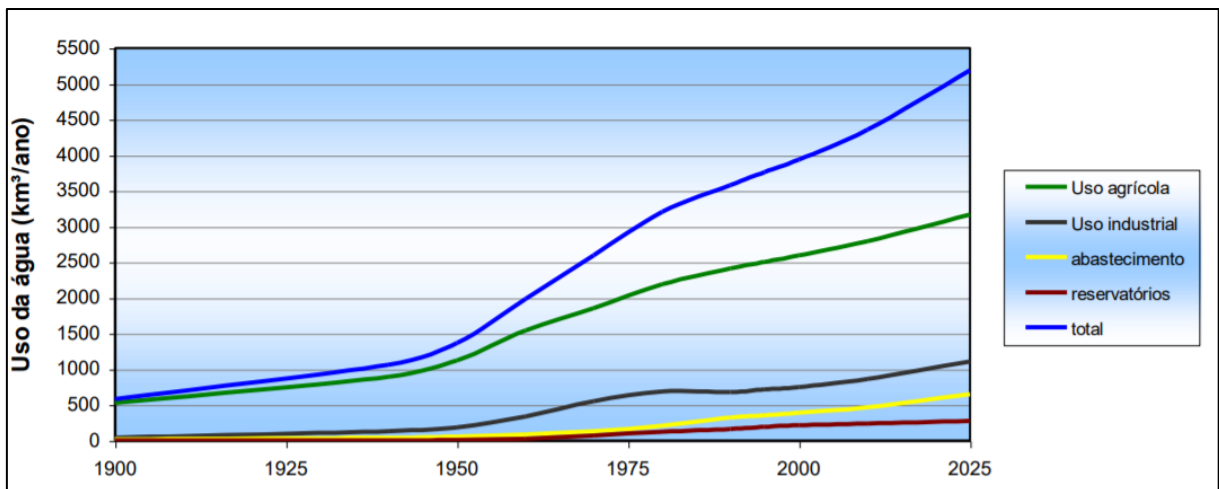
Para atender a demanda de água, a humanidade tem modificado a hidrografia desde os primórdios da história, por meio da construção de poços, barragens, açudes, sistemas de abastecimento e drenagem, irrigação entre outras estruturas (ANEEL, 2001).

Atualmente a água é vista como um recurso hídrico e não mais como um bem natural, dessa forma é utilizada de forma indiscriminada, de várias formas, sem analisar as consequências ambientais em relação à sua qualidade e quantidade (BACCI; PATACA, 2008).

Segundo o estudo, em escala global, de Pekel, *et.al* (2016) realizado a partir de análises de imagens obtidas por sensores imageadores instalados a bordo de satélites, entre 1985 e 2015, foi observado que 95.000 km<sup>2</sup> de águas superficiais desapareceram e 184.000 km<sup>2</sup> foram formados em locais diferentes. As localizações e as permanências da hidrografia são afetadas principalmente pelo clima e pela atividade humana.

O volume de água utilizado pelo ser humano vem crescendo ao longo do tempo. Enquanto no início do século XX o volume utilizado era de aproximadamente 580 km<sup>3</sup>/ano, no final desse século chegou a 4.000 km<sup>3</sup>/ano, sendo que a população humana aumentou aproximadamente 3 vezes durante o século XX, e o volume de água utilizado aumentou de seis a sete vezes (ANEEL, 2001).

Figura 1 - Volume de água utilizado por diversos setores ao longo dos anos

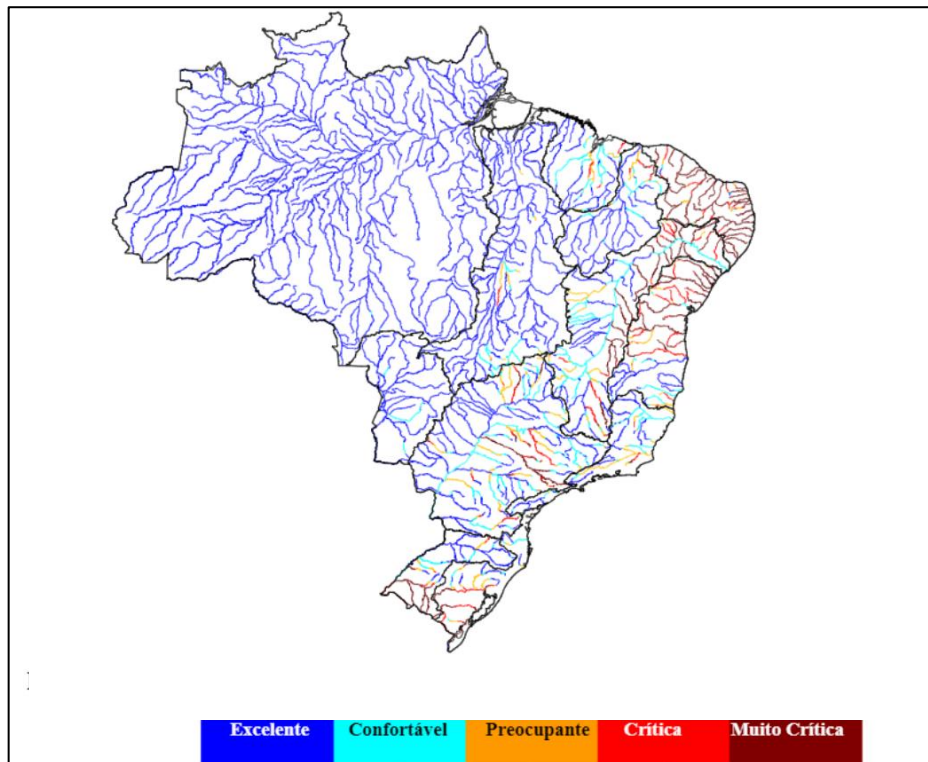


Fonte: ANNEL (2001).

Aproximadamente 10% da água doce disponível no mundo está localizada no Brasil, entretanto a distribuição desse recurso nas regiões brasileiras é variável. Dos 260.000 m<sup>3</sup>/s de água que passam pelo território brasileiro 205.000 m<sup>3</sup>/s estão localizados na bacia do Rio Amazonas e o restante nas demais regiões do país (ANA, 2016). Entretanto a concentração populacional não acompanha a disponibilidade hídrica, já que a bacia Amazônica abriga 7% da população do Brasil, a região Sudeste que concentra aproximadamente 43% da população do país dispõe de 6% dos recursos hídricos e a região Nordeste com 3,3% dos recursos hídricos representa 29% da população do país (MACHADO, 2003).

A Figura 2 mostra a relação entre a demanda e disponibilidade hídrica ao longo dos principais cursos d'água do país.

Figura 2 - Relação entre demanda e disponibilidade hídrica no Brasil



Fonte: MATOS, *et al* (2007), adaptado pela Autora.

Além da questão espacial, a variação do regime fluvial, relacionada ao regime de precipitações durante o ano, marcado pela estação seca e chuvosa na maior parte do Brasil, torna necessária para uma maior garantia da disponibilidade de água ao longo tempo, a construção de reservatórios e/ou açudes para reservar água nos períodos úmidos para ser usada nos períodos de seca (ANA, 2016).

Devido ao crescimento rápido da população e o desenvolvimento industrial, agropecuário e urbano, sem a correta gestão ambiental, essa pequena parcela de água doce disponível está comprometida, em consequência da poluição dos mananciais, desmatamento, uso inadequado para irrigação, entre outras atividades executadas pela sociedade humana, provocando escassez progressiva e atribuindo um valor cada vez maior a esse recurso natural (MACHADO, 2003).

Nesse sentido a demanda por uso de água no Brasil é crescente. Estima-se que houve um aumento de aproximadamente 80% no total de água retirada dos mananciais somente nas

últimas duas décadas, e a previsão é de que até 2030 haja um aumento de mais de 20% (ANA, 2016).

### **3.2 USOS DA ÁGUA**

A história da evolução humana é marcada pela ocupação de espaços e apropriação da natureza, que ocorre de forma heterogênea seguindo as características próprias do local habitado, bem como as engenharias/técnicas utilizadas para a apropriação da natureza. Nesse sentido as técnicas são empregadas na tentativa de desvelar o mundo natural e aproveitar os recursos por ele oferecido. Entre essas descobertas a compreensão do ciclo hidrológico foi uma das mais significativas.

A primeira compreensão dos ciclos naturais, assim como o hidrológico, e que prevalecia como senso comum era a infinidade dos recursos naturais, que a priori se apresentava como verdadeira, entretanto a ideia da abundância hídrica tem sido progressivamente substituída pela visão da água como bem finito e com significativo valor econômico, reforçando que as análises do balanço entre usos e oferta hídrica cada vez mais importantes, pois revelam situações de com déficits de acesso à água e risco aos setores produtivos(ANA, 2019).

Em relação aos setores produtivos, eles agravam o problema dos recursos naturais, pois tal como citado o uso dos recursos naturais, sobretudo hídricos, é intensivo quando se trata de produção. Dessa forma a crise ambiental em grande parte ocorre por um colapso do sistema produtivo sem a devida gestão. Sendo assim a discussão sobre os usos dos recursos, principalmente, da água de forma eficiente é necessária e importante.

Considerando o sistema produtivo, a água é utilizada constantemente para desenvolvimento de vários setores econômicos e sociais, podendo ser aplicada em diversas atividades, em que se destaca o abastecimento de água, geração de energia, irrigação, navegação, aquicultura e paisagismo (MORAES; JORDÃO, 2002).

O aumento da demanda local e regional dos recursos hídricos, fez com que esses não tenham se renovado na mesma proporção que são consumidos. Sendo o critério de retorno ao meio um dos utilizados para classificar os usos da água, porém é necessário levar em consideração vários

fatores como a derivação ou não da água e, qualidade e quantidade de água que voltam para o meio. Assim a utilização da água pode ter caráter consuntivo, quando a água captada do seu curso natural retorna apenas em parte para seu curso normal, e não consuntivo, quando toda a água retirada volta para seu curso natural. No primeiro destaca-se a irrigação, a utilização na indústria e o abastecimento humano, no segundo a geração de energia elétrica, lazer, pesca, navegação, entre outros (ANEEL, 2001).

No Brasil a água é utilizada principalmente para irrigação, abastecimento humano e animal, indústria, geração de energia, mineração, aquicultura, navegação, turismo e lazer (ANA, 2018).

O Quadro 1, apresenta uma classificação sistemática dos usos da água, com algumas de suas características.

Os três principais usos consuntivos da água são: humano (consumo doméstico domiciliar), industrial e agrícola. Em 2010 estimou-se que o volume anual para atender a esses três tipos de usos se constituiu em 9,9% destinado ao abastecimento doméstico, 19,8% à produção industrial e 70,2% à produção agrícola (CHRISTOFIDIS, 2013). Em relação a alta porcentagem de água destinada a prática agrícola faz parte desse total, o abastecimento animal que engloba a utilização da água nas estruturas de dessedentação animal, e gestão e manutenção de dispositivos em instalações destinadas aos confinamentos de animais. (ANA, 2016).

Quadro 1 - Usos da água

Forma	Finalidade	Tipo de Uso	Uso Consultivo	Requisitos de qualidade	Efeitos nas águas
Com derivação de águas	Abastecimento urbano	Abastecimento doméstico industrial comercial e público	Baixo, de 10%, sem contar as perdas nas redes	Altos ou médios, influenciando no custo do tratamento	Poluição orgânica e bacteriológica
	Abastecimento industrial	Sanitário, de processo, incorporação ao produto, refrigeração e geração de vapor	Médio, de 20%, variando com o tipo de uso e de indústria	Médios, variando com o tipo de uso	Poluição orgânica, substâncias tóxicas, elevação de temperatura
	Irrigação	Irrigação artificial de culturas agrícolas segundo diversos métodos	Alto, de 90%	Médios, dependendo do tipo de cultura	Carreamento de agrotóxicos e fertilizantes
	Abastecimento	Doméstico ou para dessedentação de animais <sup>10</sup>	Baixo, de 10%	Médios	Alterações na qualidade com efeitos difusos
	Aqüicultura	Estações de piscicultura e outras	Baixo, de 10%	Altos	Carreamento de matéria orgânica
Sem derivação de águas	Geração Hidrelétrica	Acionamento de turbinas hidráulicas	Perdas por evaporação do reservatório	Baixos	Alterações no regime e na qualidade das águas
	Navegação fluvial	Manutenção de calados mínimos e eclusas	Não há	Baixos	Lançamento de óleo e combustíveis
	Recreação, lazer e harmonia paisagística	Natação e outros esportes com contato direto, como iatismo e motonáutica	Lazer contemplativo	Altos, especialmente recreação de contato primário	Não há
	Pesca	Com fins comerciais de espécies naturais ou introduzidas através de estações de piscicultura	Não há	Altos, nos corpos de água, correntes, lagos, ou reservatórios artificiais	Alterações na qualidade após mortandade de peixes
	Assimilação de esgotos	Diluição, autodepuração e transporte de esgotos urbanos e industriais	Não há	Não há	Poluições orgânicas, físicas, químicas e bacteriológicas
	Usos de preservação	Vazões para assegurar o equilíbrio ecológico	Não há	Médios	Melhoria da qualidade da água

Fonte: ANEEL (2001).

Em relação aos usos consuntivos, onde existe a perda entre o que é derivado e o que retorna ao curso natural, os três principais usos supracitados podem ser identificados como (ANEEL, 2001):

- Abastecimento humano: usos gerados nas cidades e pequenos núcleos urbanos, resultantes da demanda doméstica acrescida de outras, que estão ligadas às atividades do núcleo urbano, já o abastecimento doméstico da área rural é pouco significativo, por serem demandas dispersas e de pouco vulto. A população rural demanda 33,8m<sup>3</sup>/s para seu abastecimento, já para o abastecimento urbano são necessários 488,3m<sup>3</sup>.

- Abastecimento industrial: existem vários tipos de uso nos processos industriais e dependem das perdas de cada tipo, que varia com o ramo da indústria e da tecnologia adotada. Nesses casos há dois grupos de indústrias, um altamente consumidor de água e o outro de pequena demanda.

- Irrigação: prática utilizada para complementar a necessidade de água, e proporcionar um teor de umidade compatível para o crescimento das plantas.

No ano de 2006 a vazão de retirada para usos consuntivos no Brasil era de 1.841 m<sup>3</sup>/s, já em 2016 o total de água retirada foi de 2.098, m<sup>3</sup>/s (ANA, 2016), sendo o setor de irrigação o responsável pela maior parcela, correspondendo a 46,2% desse total, seguida pelo uso destinado para abastecimento urbano, termelétricas, indústria, e abastecimento animal.

### **3.3 AGRICULTURA E OS RECURSOS HÍDRICOS**

A agricultura produz a maior parte dos alimentos consumidos no mundo, e também é o maior consumidor da água doce disponível, sendo responsável por cerca de três quartos do consumo mundial (LORD, 2001).

A água representa o principal elemento para o desenvolvimento da agricultura, sem o seu controle e planejamento de uso, inviabiliza que a agricultura seja realizada de forma sustentável no que diz respeito ao uso dos recursos hídricos. No caso do Brasil, 52% da água consumida é destinada para a agricultura irrigada (ANA, 2019).

Ao avaliar os dados sobre o consumo de água para o cultivo agrícola, para a produção de cerca de uma tonelada de grãos, é necessária a utilização de mil toneladas de água. Não são consideradas a ineficiência e o desperdício dos sistemas de irrigação e o seu manejo

inadequado. Cerca de metade da água consumida para irrigação é perdida antes de alcançar as áreas de cultivo (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

Em uma escala global, a área mundial irrigada representa aproximadamente 20% da área total cultivada no planeta, produzindo 40% da produção agrícola (FAO, 2017), sendo que 61% da água utilizada é proveniente de águas superficiais e 38% de águas subterrâneas (FAO, 2011).

Quando se considera as diferenças socioeconômicas e os recursos naturais por região, a distribuição das áreas irrigadas no Brasil acontece de forma desigual, desta forma, os sistemas de irrigação e os métodos utilizados, dependem da tecnologia e o poder econômico dos seus produtores. A diversidade de clima, recursos hídricos e o solo, leva ao desenvolvimento de uma agricultura segundo as capacidades regionais. Como exemplo a cultura arrozeira na região Sul, os grãos e cereais nas regiões Sudeste e Centro-Oeste e a fruticultura na região Nordeste (PAZ; TEODORO; MENDONÇA, 2000).

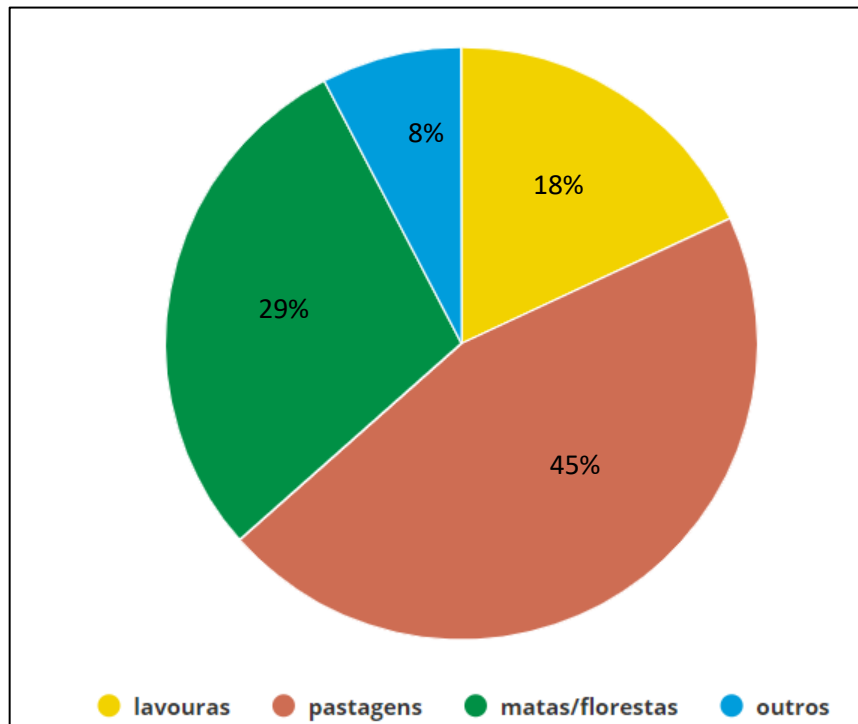
### **3.4 RECURSOS HÍDRICOS E A PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA**

As atividades agropecuárias são indispensáveis na produção de alimentos, contudo essa prática, tanto a agricultura quanto a pecuária partem de uma necessidade básica, o espaço físico, tornando o desmatamento a primeira consequência prejudicial ao meio ambiente, por conseguinte ao espaço físico a segunda prioridade é o suprimento de água que faz com que essas atividades sejam desenvolvidas próximas a rios e lagos, provocando o desgaste do solo expondo-o a escoamentos superficiais da água da chuva e erosões profundas (CARVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000).

O grande potencial hídrico do Brasil, o clima tropical, solos favoráveis e o zoneamento dos estados, fez com que o país se tornasse um grande produtor e exportador de produtos agropecuários.

Segundo o Censo Agropecuário 2017 (IBGE, 2019), no Brasil existem 5.073.324 estabelecimentos agropecuários, que contabilizam uma área de 351.289.816 hectares, representados na Figura 3, sendo 18% destinados as áreas de lavouras e 45% à pastagem.

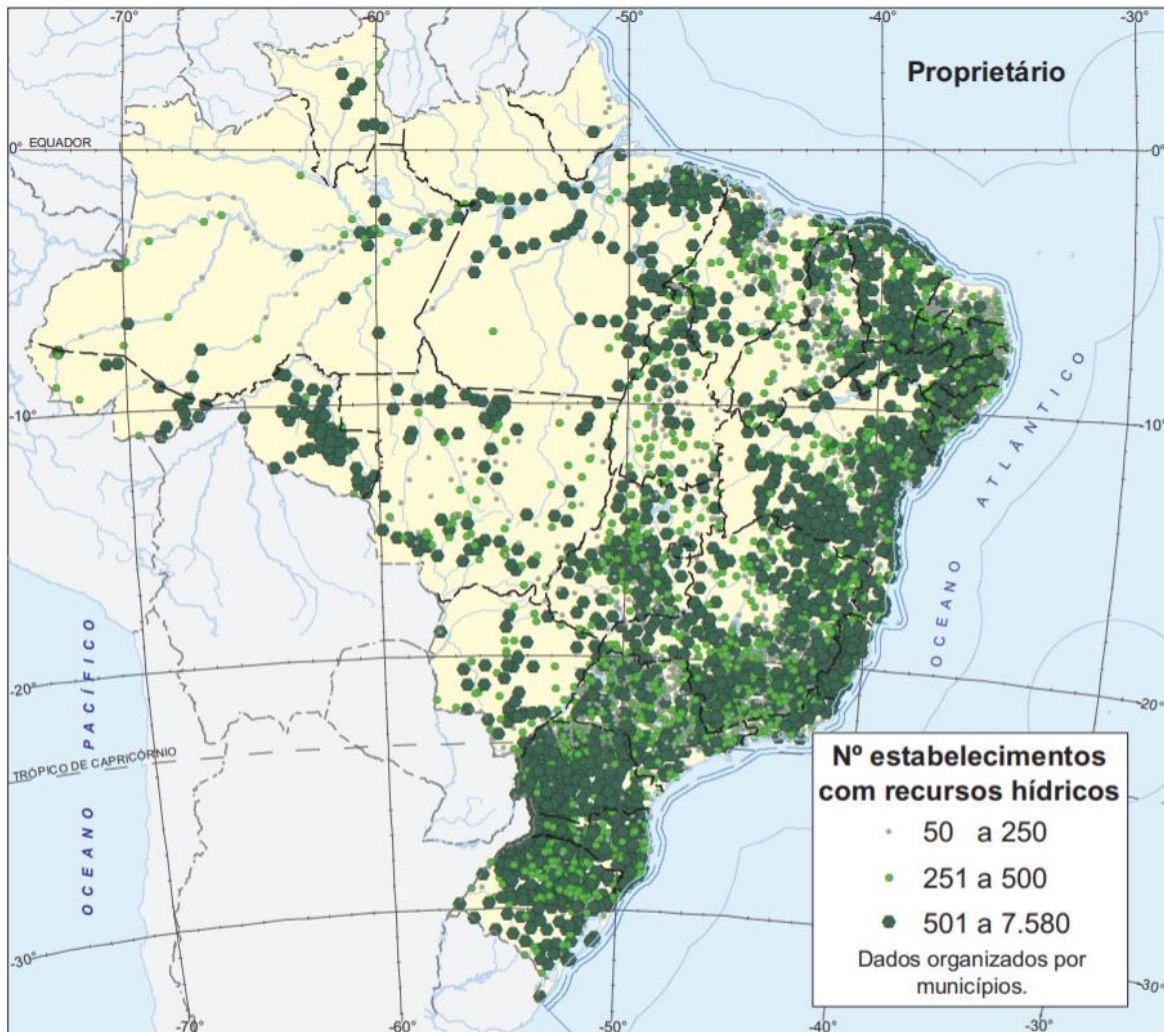
Figura 3 - Uso da terra no Brasil



Fonte: IBGE(2019).

Quanto à ocupação dos estabelecimentos rurais com recursos hídricos( nascentes, rios ou riachos, lagos naturais e/ou açudes, poços e/ou cisternas), existe uma desigualdade em relação à ocupação do solo pela agropecuária (Figura 4), pois é evidente a baixa densidade das atividades agropecuárias na região norte que é rica em recursos hídricos em relação às demais regiões do país (IBGE, 2011), isso justifica as intervenções que são feitas em cursos hídricos de diversos estabelecimentos rurais, a fim de incrementar o sistema produtivo agropecuário.

Figura 4 - Propriedades rurais particulares com recursos hídricos



Fonte: IBGE (2011).

### 3.4.1 Agropecuária em Goiás

A ocupação do estado de Goiás começou com a mineração de ouro no século XVII, os povos que ficaram no território após a decadência da mineração, passaram a se dedicar a agricultura e a pecuária de subsistência (REIFSCHENEIDER, *et al.*, 2010).

Pode-se identificar três frentes de expansão de fronteiras em Goiás, sendo:

-Frente de expansão: Marcada pela ocupação pelo ouro, a partir dos anos 20 do século XVIII, e posteriormente pela ocupação do Sul do estado, no século XIX, onde a principal atividade econômica era a criação extensiva de gado;

-Frente Pioneira: A partir da segunda década do século XX, com a construção da Estrada de Ferro em Goiás que permitiu uma maior integração da região com a economia nacional, e a partir da década de 40 a Marcha para o Oeste e a transferência da capital para Goiânia;

-Fronteira Agrícola: A expansão da fronteira agrícola a partir da década de 70 constituindo na transformação técnica da agropecuária e dando início a “Revolução Verde” (MIZIARA; FERREIRA, 2008).

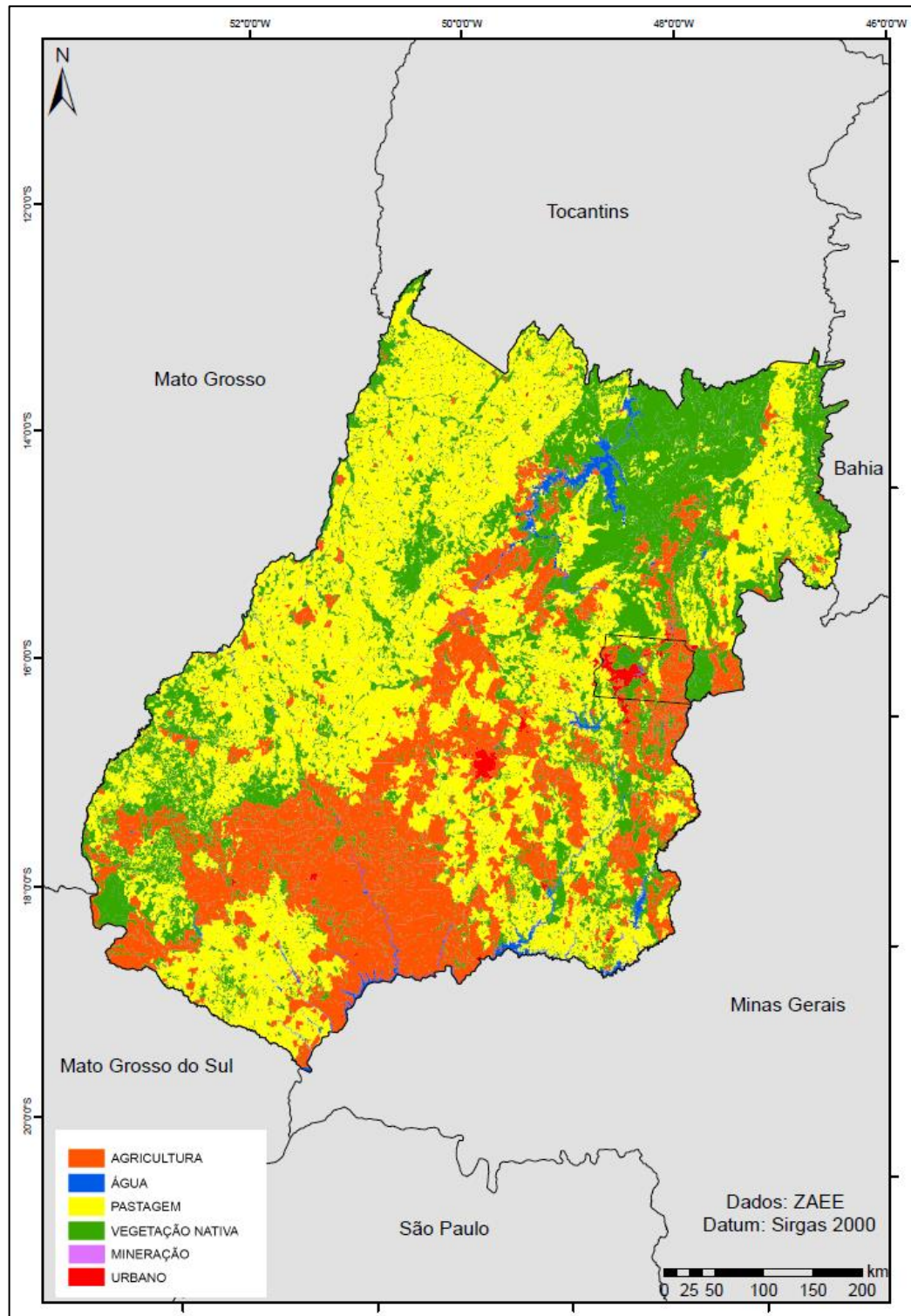
A partir da década de 60 do século XX, políticas públicas de desenvolvimento regional tiveram como objetivo o aproveitamento do Cerrado e substituição da vegetação nativa de novas terras para a exploração agropecuária, fazendo com que a região Centro-Oeste se tornasse estratégica, pela sua localização geográfica e pelas características físico-ambientais que favoreciam a expansão da produção agrícola (OLIVEIRA, 2002).

O desenvolvimento da produção agropecuária em Goiás a priori, se mantinha de acordo com as necessidades do mercado consumidor da região Sudeste do Brasil. Inicialmente a partir da rizicultura, e posteriormente as culturas temporárias foram utilizadas basicamente para preparar a terra para a atividade pastoril. O desenvolvimento agropecuário goiano foi acompanhando pelo estímulo devido a expansão da rede rodoviária brasileira (BEZERRA; CLEPS JR, 2004).

A justificativa para que Goiás continue sua expansão agrícola, é de que essa região tem grande potencial em contribuir com o mercado agrícola mundial, em função do clima favorável, das áreas de relevo suave e da alta viabilidade de manejo mecânico do solo (SANO, 2008).

Segundo o Macrozoneamento Ecológico e Econômico (MACROZAE-GO; 2014), no ano de 2011 Goiás apresentava uma área de 134.592,68 km<sup>2</sup> de áreas antropizadas, que representa 63,33% da área do estado, sendo que 22,23% correspondem a culturas e 39,86% correspondente a pastagem (Figura 5).

Figura 5 – Mapa de uso do solo de Goiás



Fonte: Autora (2019).

Segundo os dados do Censo Agropecuário 2017, Goiás ocupa importantes posições nos rankings de produção agrícola no Brasil, como mostrado na Tabela 1, e detém o quarto maior rebanho bovino do país com mais de 17 milhões de cabeças.

Tabela 1 - Produção agrícola no estado de Goiás

<b>Produto</b>	<b>Toneladas</b>	<b>Posição</b>
Tomate	662.137	1º lugar
Feijão	220.891	2º lugar
Milho	10.847.540	3º lugar
Soja	10.201.843	4º lugar

Fonte: IBGE (2019). Adaptado pela autora

### **3.5 GEOPROCESSAMENTO**

Os avanços científicos e tecnológicos ocorridos no século XX, permitiram o aprimoramento de várias ciências, tecnologias e técnicas de mapeamentos, processamentos e exibição de dados e informações do espaço geográfico, permitindo avaliações temáticas horizontais e transversais, considerando também os aspectos temporais. Essa nova possibilidade de se tratar dados, para se obter informações geográficas é denominada de Geoprocessamento ou Geomática.

Os programas computacionais denominados Sistemas de Informações Geográficas (SIG), é uma das principais tecnologias que integram o Geoprocessamento, pois permite analisar grandes quantidades de dados geograficamente referenciados e que possibilitam produzir informações a respeito dos vários aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos que caracterizam um determinado espaço geográfico, (SANTOS; PENA, 2011).

Dessa forma, pode-se destacar quatro dimensões ligados ao meio ambiente, onde se pode aplicar os Sistemas de Informações Geográficas, sendo: mapeamentos de aspectos temáticos, diagnóstico, prognósticos e ordenamento do espaço geográfico, (DE MEDEIROS; CÂMARA, 2001).

### **3.5.1 Google Earth Engine**

O Sensoriamento Remoto é uma das ciências que integram o Geoprocessamento, e está diretamente relacionada ao mapeamento dos aspectos temáticos em escala planetária, por meio do processamento computacional de imagens obtidas por sensores instalados a bordo de satélites ou aeronaves (tripuladas ou não tripuladas). Devido grande demanda por dados geográficos, com alto detalhamento espacial e temporal, o Sensoriamento Remoto foi incorporado na tecnologia da computação em nuvem, onde uma grande quantidade de computadores, com grandes bases de dados armazenadas de forma compartilhada, também disponibiliza o processamento desses dados. Uma dessas ferramentas de computação em nuvem para Sensoriamento Remoto mais utilizadas nos dias atuais é o *Google Earth Engine* (GEE).

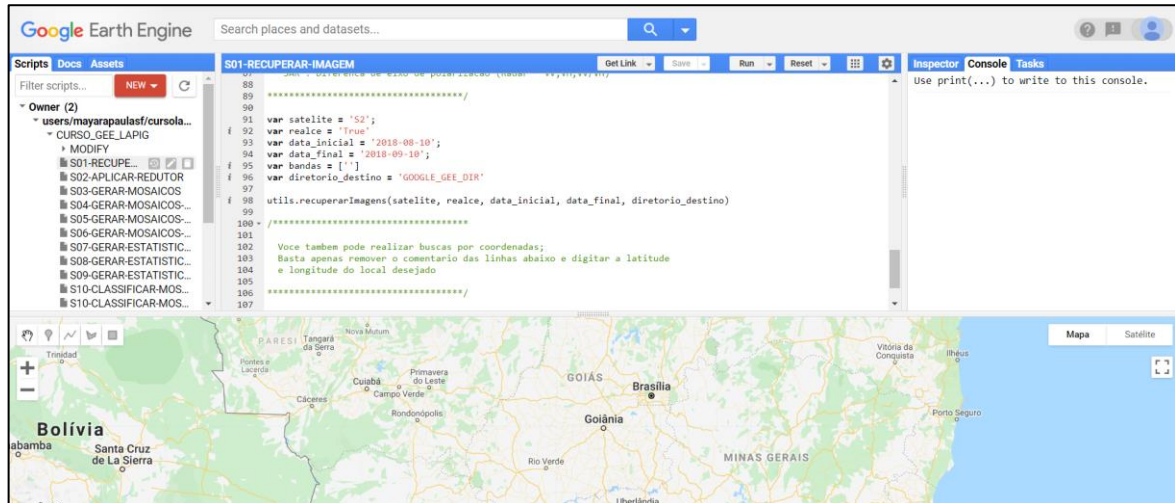
O *Google Earth Engine* é uma plataforma baseada em computação em nuvem que permite análises geoespaciais em escala planetária, e disponibiliza os recursos computacionais de processamento de imagens para serem utilizados em variadas questões temáticas, incluindo uso e ocupação dos solos, análise de variáveis climáticas, desastres ambientais, doenças relacionadas com aspectos geográficos e climáticos, segurança alimentar e hídrica, e proteção ambiental. Ele funciona como uma plataforma integrada projetada para atender não apenas os cientistas tradicionais de sensoriamento remoto, mas também um público muito mais amplo, (GORELICK, *et al.*,2017), sendo disponibilizado sem fins lucrativos, não importando as características e fins de seus usuários (EARTH ENGINE, 2019).

Segundo a documentação do GEE (2019), os principais componentes do *Earth Engine* são:

- conjunto de dados disponibilizados, em escala computacional, de *petabytes*;
- poder de processamento, com uma infraestrutura computacional otimizada para processamento de dados geoespaciais;
- interface de programação de aplicativos (APIs), para *JavaScript* e *Python* para se elaborar as solicitações aos servidores computacionais, e
- editor de código, de desenvolvimento integrado online para prototipagem e visualização de análises complexas usando a (API) *Javascript*.

O *Google Earth Engine* permite acessar e analisar os dados da API a partir de um ambiente de desenvolvimento interativo *web* (Figura 6), fornecido pela biblioteca do usuário ou pelo Software livre R Studio por meio do pacote *RGEE*.

Figura 6 - Plataforma de desenvolvimento do GEE



Fonte: Autora (2019).

Os códigos desenvolvidos nessa API permitem descrever, computacionalmente, instruções de processamento de imagens, usando a linguagem de programação específica, além de possibilitar o acesso às coleções e outros tipos de dados fornecidos pelo GEE.

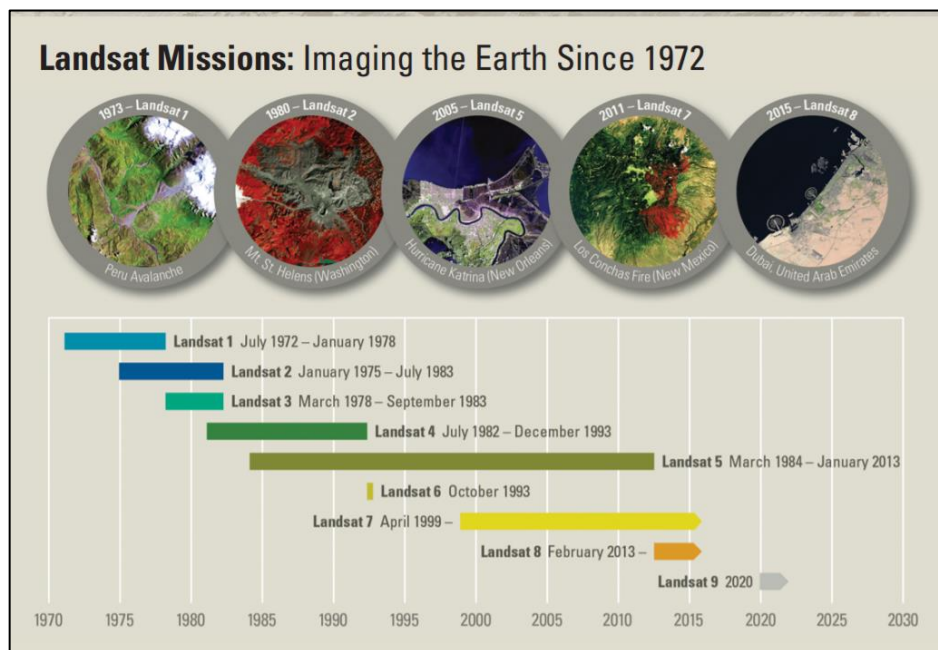
A plataforma disponibiliza as coleções de imagens obtidas por sensores instalados a bordo de vários satélites, entre eles os da séries Landsat e Sentinel, como parte do programa de dados públicos que podem ser acessadas pela comunidade e integradas a qualquer aplicativo, tornando mais eficiente o acesso aos dados diretamente dos serviços de computação em nuvem.

As imagens relacionadas, já são pré-processadas, sendo disponibilizadas por meio de coleções, que podem ser filtradas e classificadas, viabilizando o rápido acesso de grandes séries temporais de imagens de interesse, considerando o satélite, sensor, bandas espectrais, datas de obtenção das imagens, entre outros parâmetros.

### 3.5.2 Utilização das imagens Landsat

Os satélites da série Landsat integram uma missão contínua de lançamento de satélites, dotados de sensores para observação da Terra, desenvolvidos por um programa conjunto do USGS e da NASA. Iniciada em 1972 com o lançamento do primeiro satélite civil de observação da Terra, chamado de Landsat 1, continuam até os dias atuais com o satélite Landsat 8 (Figura 7). Os sensores acoplados a essa série de satélites adquirem imagens, fornecem dados que servem para análises de uso/mudança do solo, além de outros propósitos envolvendo o monitoramento de variáveis ambientais (USGS, 2015).

Figura 7 - Missões Landsat



USGS (2015).

O sensor TM (*Thematic Mapper*), instalado a bordo do satélite Landsat 5 nas suas resoluções espectral e espacial, faz a aquisição de imagens que oferecem subsídios para mapear características do solo, em relação aos recursos naturais, operando com 7 bandas espectrais (SILVA; ROSA, 2012).

As imagens provenientes dos sensores OLI (*Operational Land Imager*) e o sensor termal (TIRS) *Thermal Infrared Sensor*, instalados a bordo do satélite Landsat 8, contam com mais 2 bandas espectrais (INPE, 2016). O sensor OLI possui resolução espacial de 15 m na banda pancromática e de 30 m nas bandas multiespectrais, possibilitando a fusão de bandas espectrais

a geração de imagens com resolução espectral de 15 metros, para aplicações que necessitem de melhor detalhamento espacial (SOARES, *et al.*, 2015).

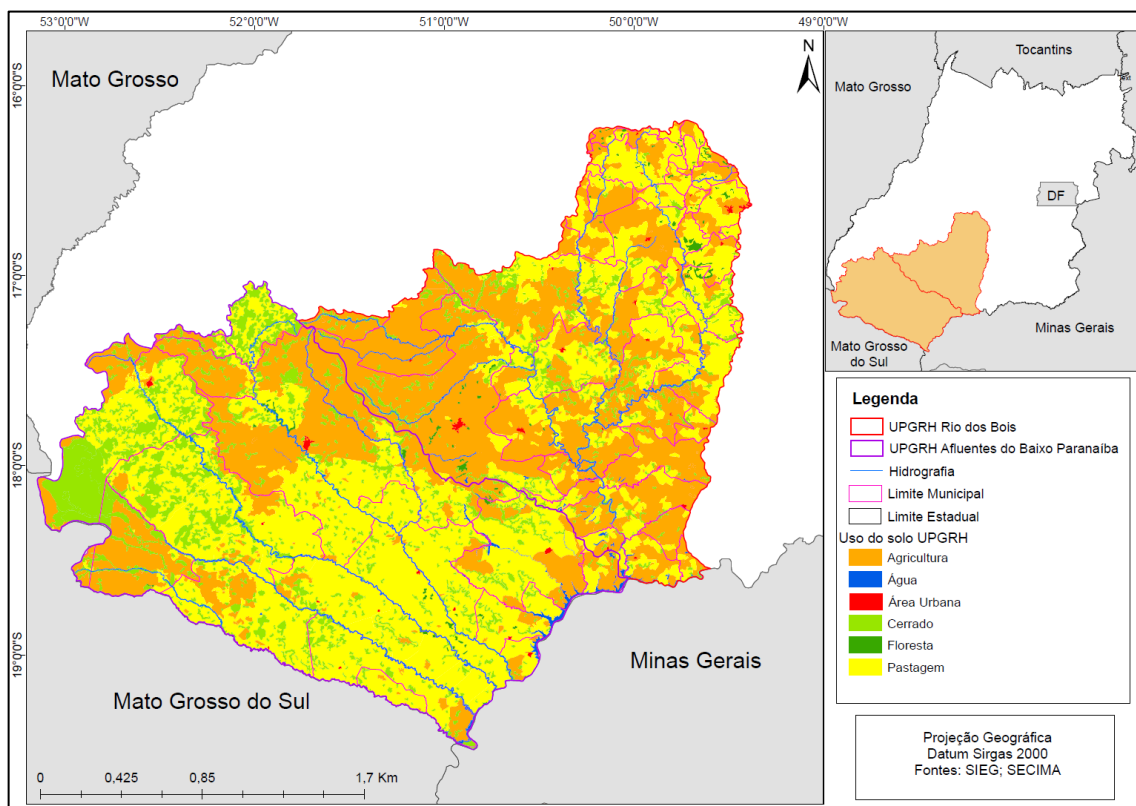
## 5 MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRHs), denominadas Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba e Rio dos Bois (Figura 8), localizadas na porção sudoeste do estado de Goiás.

As UPGRHs são divisões hidrográficas compreendidas por um grupo de bacias contíguas com características semelhantes, que visam nortear o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, estabelecidas para detalhar as principais características hidrográficas do estado de Goiás. (SECIMA, 2015).

Figura 8 - Mapa de Localização das UPGRHs Rio dos Bois e Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba



Fonte: Autora (2020).

Uma das características mais importantes da área de estudo é o intenso uso e ocupação dos solos, onde há poucas áreas contendo vegetação nativa e extensas áreas utilizadas para o cultivo de pastagens e monoculturas mecanizadas. Sendo as principais, a soja, o milho e a cana-de-açúcar. Além da presença de áreas urbanizadas importantes, tais como as dos municípios de Jataí e Rio Verde. Na área de estudo também há a presença de várias alterações hidrográficas, tais como pequenos reservatórios para dessedentação animal e irrigação, e reservatórios para a geração de energia elétrica por usinas hidrelétricas (UHEs) e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs).

A partir dos dados fornecidos pelo MapBiomas, que elabora o mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil, a partir do processamento de dados obtidos pelos sensores dos satélites Landsat 5, 7 e 8, realizado utilizando-se a computação em nuvem, disponibilizada pelo *Google Earth Engine*, por uma equipe especialistas em biomas, usos da terra, Sensoriamento Remoto, SIG e ciência da computação (MAPBIOMAS, 2019), é possível verificar a mudança do uso do solo nas últimas décadas, em relação à pastagem e agricultura em municípios da área de estudo.

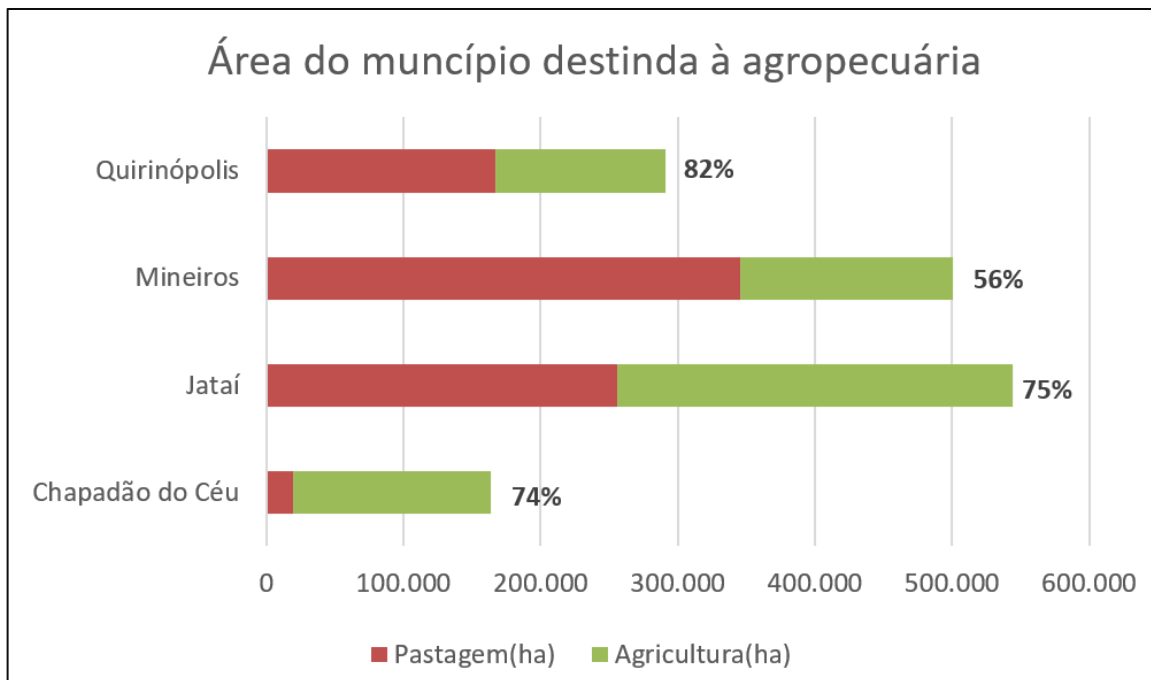
### **5.1.1 UPGRH Afluentes Goianos do Baixo Paranaíba**

Localizada na sua totalidade na região geográfica de Rio Verde, faz divisa com os estados de Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, e possui área de 43.669,44 km<sup>2</sup>. A UPGRH abrange porções territoriais de 20 municípios, sendo que alguns estão totalmente inclusos na área da Unidade, e outros de forma parcial. Segundo o IBGE, a estimativa da população em 2019 para os municípios que compõe a UPGRH é de aproximadamente 320.000 habitantes.

O uso do solo predominante é destinado às atividades de agricultura e pastagem, que respectivamente correspondem a 23,6% e 48,2% da área da UPGRH (UFG,2019). Conta também com a presença de usinas hidrelétricas, pequenas centrais hidrelétricas e ainda do Parque Nacional das Emas na região noroeste da UPGRH.

Destacam-se os municípios de Jataí, Mineiros e Chapadão do Céu sendo as regiões com maior concentração de lavouras e o município de Quirinópolis que é o maior produtor de cana de açúcar do estado e está entre os dez maiores produtores de leite e criação de bovinos (UFG, 2019). A Figura 9 demonstra as áreas destinadas à agricultura e pastagem nos municípios supracitados, e ainda a porcentagem que as atividades agropecuárias representam em seus respectivos territórios municipais.

Figura 9 - Áreas destinadas a agropecuária por município



Fonte: MapBiomass(2020). Adaptado pela Autora.

Na hidrografia da região os principais rios são: Rio Verde, Rio Claro, Rio Corrente, e Rio Aporé ou do Peixe, que faz divisa com o estado do Mato Grosso do Sul, além do Rio Paranaíba na divisa com o estado de Minas Gerais. Apresenta também um número significativo de barragens para produção de energia elétrica, listadas no Quadro 2.

Quadro 2 - PCH e UHE na UPGRH Afluentes do Baixo Paranaíba

Rio	Nome da Barragem	Município
Rio Aporé	PCH Planalto	Aporé/Cassilândia
Rio Corrente	PCH Queixada	Itarumã/Aporé
Rio Corrente	PCH Espora	Itarumã/Aporé
Rio Prata	PCH Pontal da Prata	Aporé

Rio Prata	PCH Retiro Velho	Aporé
Rio Doce	PCH Irara	Rio Verde/Jataí
Rio Verde	UHE Salto	Caçu/Itarumã
Rio Claro	UHE Caçu	Caçu/Cachoeira Alta
Rio Claro	UHE Barra dos Coqueiros	Caçu/Cachoeira Alta
Rio Verde	UHE Salto do Rio Verdinho	Caçu/Itarumã
Rio Claro	UHE Eng <sup>o</sup> Luiz Muller	Caçu/São Simão
Rio Paranaíba	UHE São Simão	São Simão/Santa Vitória

Fonte: SIEG (2016). Adaptado pela Autora.

### 5.1.2 UPGRH Rio dos Bois

A UPGRH Rio dos Bois ocupa porções territoriais de Goiânia, São Luís de Montes Belos-Iporá, Itumbiara e Rio Verde, abrange uma área de 35.435,51km<sup>2</sup> dos quais fazem parte os territórios (totais ou parciais) de 58 municípios. Limita-se com o estado de Minas Gerais, na margem direita do Rio Paranaíba. Estão inseridos nessa UPGRH municípios de grande produção agropecuária, como Rio Verde, Montividiu, Paraúna, Goiatuba e Itumbiara.

Segundo os Planos de Bacias dos Afluentes do Paranaíba do Estado de Goiás(PBAPGO) – Produto 2 (UFG, 2019), 46,3% da área da UPGRH é ocupada por lavouras e 34,7% por pastagem, sendo que a concentração das áreas de lavoura se dá principalmente na região sul e oeste da Unidade.

O município de Rio Verde se destaca com o 4º maior PIB de Goiás, e tem 70% do seu território nessa Unidade, sendo o maior centro urbano da região e também o maior produtor de soja e milho do estado, juntamente com os municípios de Montividiu e Paraúna, que ocupam respectivamente o 4º e 5º lugares no *ranking* nacional de produtores de soja. Rio Verde e Montividiu também são os dois maiores criadores de suínos do estado. Já o município de Paraúna é o maior produtor de sorgo e uva. Goiatuba e Itumbiara ocupam o 2º e 3º lugar na produção de cana-de-açúcar. (IBGE,2019)

Na região também há um número significativo de mineradoras de exploração de calcário, justificadas pelas características geológicas da região, nos municípios de Cezarina, Indiará, Jandaia, Edéia, Edealina e Montividiu.

Os rios principais da região, são: Verde ou Verdão, Turvo e dos Bois, sendo que o balanço hídrico quantitativo do Rio dos Bois chama atenção de forma preocupante, devido a água que

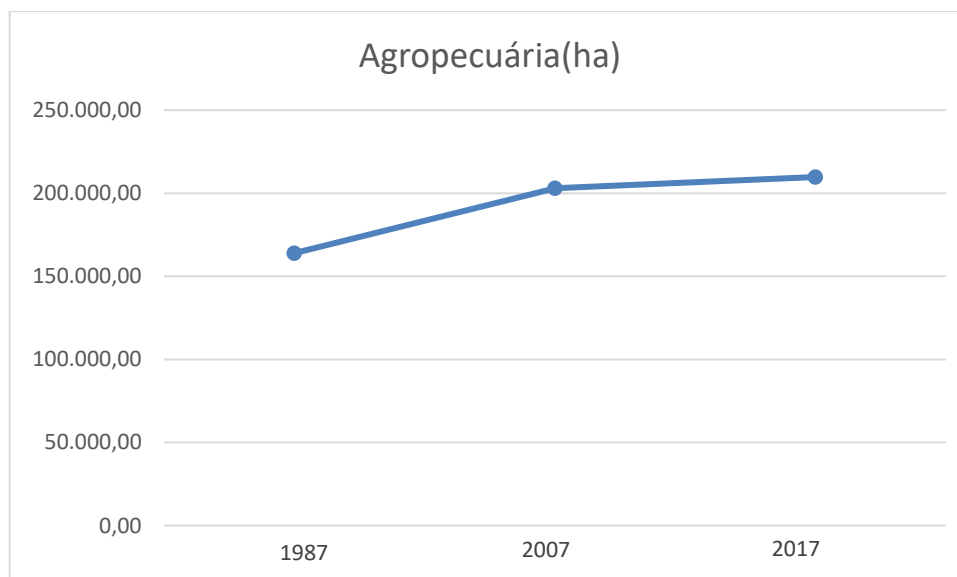
está sendo retirada do manancial para irrigação de áreas de lavouras na região Sul da UPGRH (UFG, 2019).

## 5.2 FERRAMENTAS UTILIZADAS

Para identificar a dinâmica hidrográfica que ocorreu nas últimas três décadas, na área de estudo, foi desenvolvido um código computacional na linguagem de programação *Java*, para ser executado na plataforma *Google Earth Engine*. O código computacional desenvolvido, possibilitou a classificação da presença de água, nas imagens de satélites obtidas pelos sensores dos satélites Landsat. De posse do mapeamento da série temporal da hidrografia, foram elaboradas análises espaciais dos mapeamentos hidrográficos e das dinâmicas dos usos e ocupação dos solos em programas computacionais de SIG, para avaliar a relação entre a dinâmica hidrográfica e a mudança do uso do solo e cobertura dos solos nas áreas de estudo.

A classificação foi realizada em imagens obtidas em três períodos distintos, nos anos de 1987, 2007 e 2017. A definição desses anos se deu em função da evolução da agropecuária no estado de Goiás. Segundo o MapBiomas, no ano de 1987 a área do estado ocupada por agropecuária era de 163.926,03 km<sup>2</sup>, em 2007 chegou a 202.931,46 km<sup>2</sup>, e em 2017 atingiu mais de 209.000,00 km<sup>2</sup> (Figura 10), representando um aumento de 28% em 30 anos.

Figura 10 - Cobertura do solo por agropecuária ao longo do tempo no estado de Goiás



Fonte: MapBiomias (2020). Adaptado pela autora.

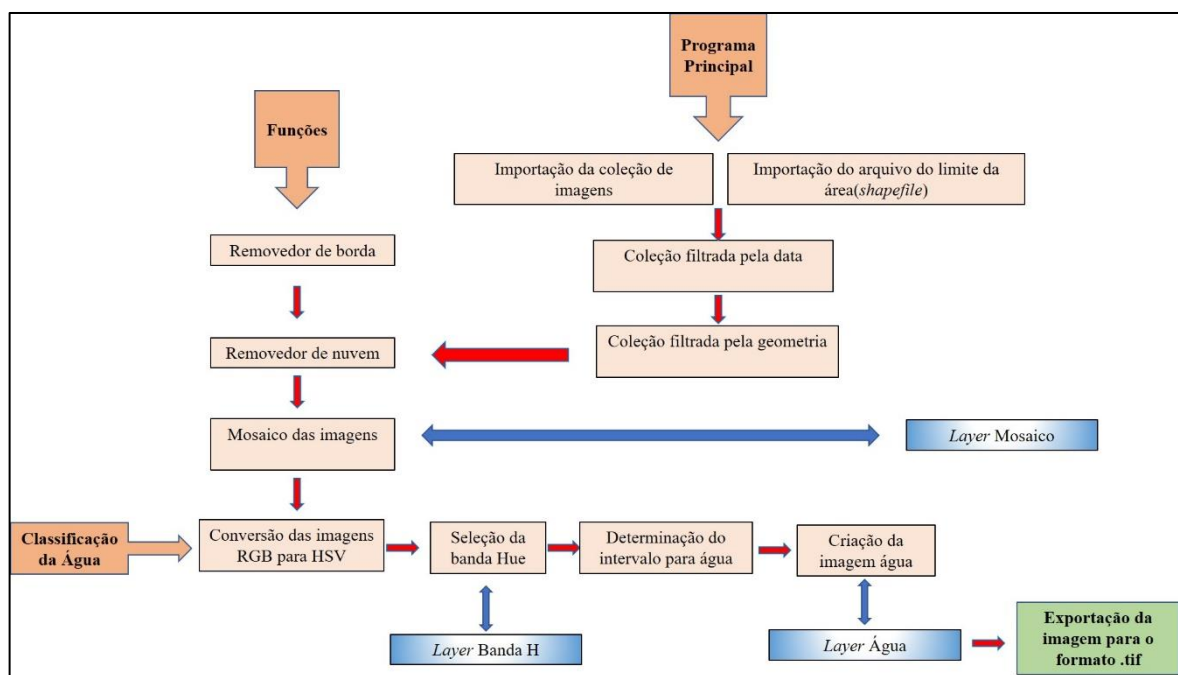
As imagens utilizadas para a classificação foram adquiridas pelos sensores instalados a bordo dos satélites Landsat 5, para os anos de 1987 e 2007, e Landsat 8, para o ano de 2017.

Para avaliar as mudanças do uso do solo com a classificação encontrada, foram utilizados os dados de uso do solo disponibilizados pelo MapBiomias, que fornecem mapas, infográficos e dados matriciais do uso do solo no Brasil desde o ano de 1985 até 2018.

### 5.2.1 Código JavaScript

O código computacional criado para a obtenção da classificação, seguiu uma série de comandos, conforme ilustrado no fluxograma ilustrado abaixo na Figura 11.

Figura 11 - Fluxograma do código GEE



Fonte: Autora (2020).

Foram criados e aplicados três códigos distintos para a classificação das imagens de cada ano correspondente (1987, 2007 e 2017), entretanto os comandos e os *scripts* seguiram o mesmo escopo (Apêndice 1).

Inicialmente foi realizada a busca, seleção e importação da coleção de imagens Landsat dentro da própria API do *Google Earth Engine*, especificados no Quadro 3. Ambas se caracterizam pela camada T1(1 *Tier*), onde os dados atendem os requisitos de qualidade geométricos e radiométricos e pelos dados TOA (*Top-Of-Atmosphere Reflectance*), que disponibiliza dados da refletância da parte superior da atmosfera, sendo que a coleção de imagens Landsat 8 dispõe também da camada dos dados *Real Time* que são os dados ainda não avaliados pela USGS.

Quadro 3 - Imagens utilizadas para a classificação

Ano	Coleção de Imagem Importada
1987	<i>Landsat 5 TM Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance</i>
2007	<i>Landsat 5 TM Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance</i>
2017	<i>Landsat 8 Collection 1 Tier 1 and Real-Time data TOA Reflectance</i>

Fonte: Autora(2020).

Posteriormente, na plataforma GEE, foi feita a incorporação do arquivo, em estrutura vetorial, no formato *shapefile*, dos limites geográficos das UPGRHs da área de estudo para a API do *script* em desenvolvimento.

Com a intenção de melhorar a qualidade das imagens foram construídas rotinas computacionais para preparação das imagens, sendo:

- uma rotina de remoção de bordas - visto que a área de estudo abrange 8 cenas de imagens, e a intersecção gera uma sobreposição entre elas, essas áreas sobrepostas podem atenuar ou reforçar demais o valor da mediana do pixel, trazendo problemas na classificação. Portanto foi aplicado um corte espacial de 500 *pixels*, que é o valor médio da sobreposição entre as cenas, e retorna a imagem com as bordas removidas; e
- um removedor de nuvens - a partir das imagens sem bordas, foi calculada a probabilidade da existência de nuvens no intervalo (0, 100), usando a combinação de brilho, temperatura e NDSI (diferencia nuvens). Depois foi criada uma “máscara” na imagem para gerar o mapeamento e eliminação de nuvens. Foram selecionados os pixels que tinham menos de 70% de probabilidade de serem nuvens.

Em seguida, foi construído o programa principal que seguiu as seguintes etapas:

- criação da coleção de imagem filtrada, considerando o período de interesse. O período

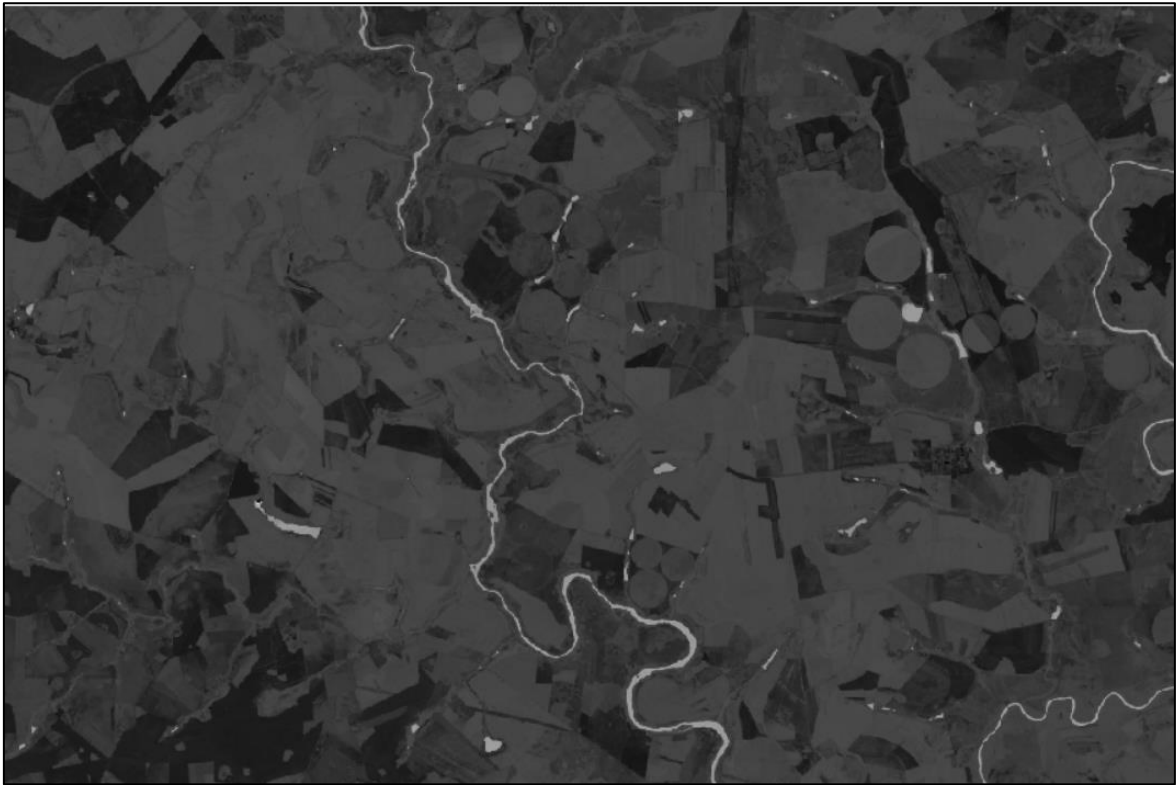
desse filtro foi entre os dias 01/05 e 31/08 de cada ano (1987, 2007 e 1987), devido a menor ocorrência de nuvens, justificado pela estação de seca na região;

- execução do filtro das imagens do período de interesse, pela geometria da área de estudo (mapa vetorial das UPGRHs); e
- retorno do mosaico de imagens já filtrado pela data e pela geometria, mapeado pelo removedor de nuvens, ou seja, as imagens apresentadas não são mais as originais, mas as que foram aplicadas à função de remover nuvens, isso para cada imagem que faz parte do mosaico, aplicado à mediana, que reduz a coleção de imagens calculando a mediana de todos os valores em cada pixel na pilha de todas as bandas correspondentes. A utilização da mediana também ajuda no descarte de pixels com presença de nuvens.

A última parte do código computacional foi a definição dos comandos para a classificação dos corpos hídricos contidos nas imagens. Utilizando o mosaico de imagens gerado no programa principal foram selecionadas as bandas RGB (*red, green, blue*) referentes a falsa cor, sendo as bandas B6 (infravermelho médio), B5 (infravermelho próximo), e B4 (vermelho) para a Landsat 8/sensor OLI (ano de 2017), e B5 (infravermelho médio), B4 (infravermelho próximo) e B3 (vermelho) para a Landsat 5/sensor TM (anos de 2007 e 1987). A partir dessa seleção foi executada a conversão das imagens na composição de cores RGB para HSV (*hue, saturation, value*), que gera uma imagem em três bandas (matiz, saturação e valor) no intervalo (0, 1). Segundo Cheng, *et.al* (2001) a componente de matiz (H) pode ser útil para separar objetos com cores diferentes, devido a transformação não linear numericamente instável com baixa saturação. Namikawa (2015) afirma ainda que a matiz(H) pode ser utilizada para a extração de lâmina d'água, visto que é menos influenciada pelos efeitos de pixels misturados que ocorre quando há presença de nuvens e suas sombras e da presença de sedimentos na água.

Dessa forma foi selecionada somente a banda H da imagem HSV para visualização, sendo notório que a água se destacou em relação aos demais elementos contidos na imagem (Figura 12).

Figura 12 - Imagem Banda H



Fonte: Autora (2020).

Dessa forma para a classificação da água na banda H (*hue*), foi necessário aplicar a seleção dos pixels a partir da especificação de um intervalo numérico de valores de pixels, que correspondem a água. Esse intervalo foi determinado de forma manual por meio da seleção de amostras de valores de pixels, visualmente identificados como água durante o processo de interpretação visual das imagens. Os intervalos numéricos foram variáveis, buscando um intervalo que melhor identificasse as áreas de lâmina d'água, para cada ano da análise, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Intervalo da água na banda H

<b>Ano</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>Valor mínimo</b>
1987	$\leq 0.82$	$\geq 0.41$
2007	$\leq 0.82$	$\geq 0.41$
2017	$\leq 0.85$	$\geq 0.40$

Fonte: Autora(2020).

Definidos os intervalos, foram selecionados os pixels correspondentes a cada um dos intervalos para cada ano. Os pixels selecionados são utilizados na construção de mapas hidrográficos binários, armazenados em estrutura matricial, sendo que os pixels correspondentes a corpos hídricos possuem valor 1 e os pixels que não são corpos hídricos recebem valor 0. Na figura 13 é possível ver os corpos hídricos destacados na cor azul, sobre uma imagem satelitária.

Figura 13 - Imagem GEE com a classificação da água



Fonte: Autora, (2020).

Após os mapeamentos das hidrografias em 1987, 2007 e 2017, os mesmos foram exportados do GEE para um programa computacional de Sistema de Informações Geográficas, onde foram convertidos para estrutura vetorial, de feição poligonal, para cálculos e comparações de alteração das áreas hidrográficas.

Os mapeamentos do uso do solo nos anos 1987, 2007 e 2017 foram obtidos a partir da plataforma do MapBiomas ([mapbiomas.org](http://mapbiomas.org)). Os mapas do uso do solo são disponibilizados para todo o Brasil, em estrutura matricial, onde cada pixel tem um valor numérico inteiro, e cada valor corresponde a um tipo de uso ou cobertura do solo específico. Os mapeamentos de

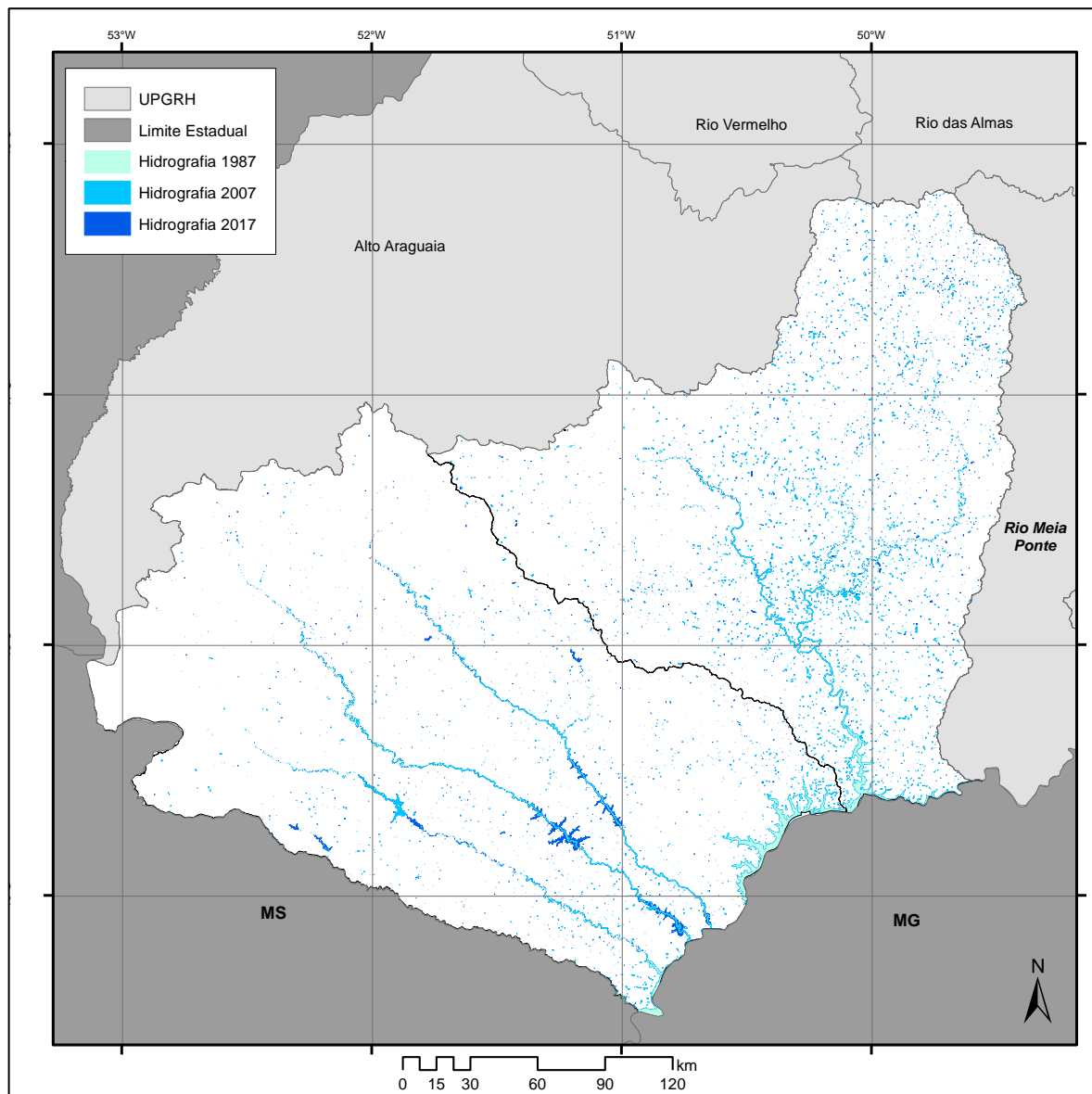
uso do solo foram então geograficamente recortados de acordo com a área de estudo, em seguida também foram convertidos para estrutura vetorial, para o cálculo de áreas e demais análises.

Como nos mapeamentos do MapBiomas também é mapeada a hidrografia, então foi realizada também uma comparação entre as hidrografias mapeadas pelo MapBiomas, e as hidrografias mapeadas no âmbito desta dissertação.

## 6 RESULTADOS

Na Figura 14, é possível observar o resultado do mapeamento multitemporal da hidrografia nas UPGRHs dos afluentes do baixo Paranaíba e do Rio dos Bois. É possível observar que aparentemente há poucas diferenças entre a hidrografia de 1987 e 2007. No entanto, em 2017 é possível perceber expressivas alterações da hidrografia, principalmente devido o surgimento de grandes reservatórios, principalmente na UPGRH dos afluentes do baixo Paranaíba.

Figura 14 - Mapeamento multitemporal da hidrografia nas UPGRHs dos Afluentes do Baixo Paranaíba e do Rio dos Bois.



Fonte: Autora (2020).

Em mapeamentos elaborados a partir de imagens com resolução espacial de 30 metros, é importante considerar que corpos hídricos de pequenas dimensões espaciais podem não ser detectados pelos sensores. Muitos córregos, riachos e ribeirões e pequenos lagos não são detectáveis por sensores como o *Thematic Mapper*, acoplado ao satélite Landsat 5 e o OLI, do satélite Landsat 8. Teoricamente, esses sensores seriam capazes de detectar corpos hídricos com 30 metros de largura, ou ainda com área mínima de 900 m<sup>2</sup>. No entanto, na prática essa premissa não é verdadeira, pois nem sempre o corpo hídrico com tais dimensões está localizado inteiramente dentro da posição que estará contemplada em um pixel. Além disso, é importante considerar os aspectos naturais que podem dificultar o mapeamento da hidrografia, tais como a vegetação ripária, a turbidez da água, a profundidade dos corpos hídricos e a presença de macrófitas, além de fatores atmosféricos, que geralmente interferem no imageamento.

Além disso, é importante considerar também a subjetividade na utilização de limiares em processos de mapeamento. Apesar dos limiares terem sido obtidos a partir de amostragens de valores de pixels para cada ano, a extensão geográfica da área de estudo, com diferentes tipos de ambientes (vegetação, agricultura, pastagens, áreas urbanas, solos, relevos, condições atmosféricas, etc.), fazem com que em algumas partes mapeadas os limiares sejam mais precisos, em outras áreas podem ocorrer erros de mapeamento de omissão e comissão.

Calculando-se as áreas da hidrografia, nos anos e UPGRHs consideradas, é possível observar um significativo aumento da área hidrográfica nas áreas de estudo, em 30 anos a área hidrográfica das duas UPGRHs aumentou de 505,16 km<sup>2</sup> para 630,46 km<sup>2</sup>, um aumento de 24,80%, conforme se pode observar na Tabela 3.

Tabela 3 - Áreas hidrográficas mapeadas em 1987, 2007 e 2017 nas UPGRHs do baixo Paranaíba e Rio dos Bois

UPGRH	Área Hidrográfica (km <sup>2</sup> )		
	1987	2007	2017
Baixo Paranaíba	318,22	338,15	456,97
Rio dos Bois	186,95	204,22	173,49
<b>Total</b>	<b>505,17</b>	<b>542,37</b>	<b>630,46</b>

Fonte: Autora(2020).

Na UPGRH do Baixo Paranaíba, há um aumento progressivo da área hidrográfica ao longo dos 30 anos, já na UPGRH do Rio dos Bois, há um aumento da área hidrográfica entre os anos de 1987 e 2007, e uma diminuição entre 2007 e 2017. Esse comportamento na UPGRH do rio dos Bois, de variação entre 9% e 15%, pode ser considerado como erros de mapeamento, devido a

aplicação de limiares. Considerando as normas técnicas da cartografia nacional (Decreto Nº 89817/1984) Brasil (1984), que dispõe como aceitáveis erros de mapeamento de 10%, é possível considerar que no caso da UPGRH do Rio dos Bois pode não ter ocorrido alterações significativas da hidrografia.

Em relação ao uso e ocupação do solo na área de estudo, na Tabela 4 é possível observar que nos anos estudados há um aumento na área antropizada e, portanto, uma redução das áreas de vegetação nativa remanescente.

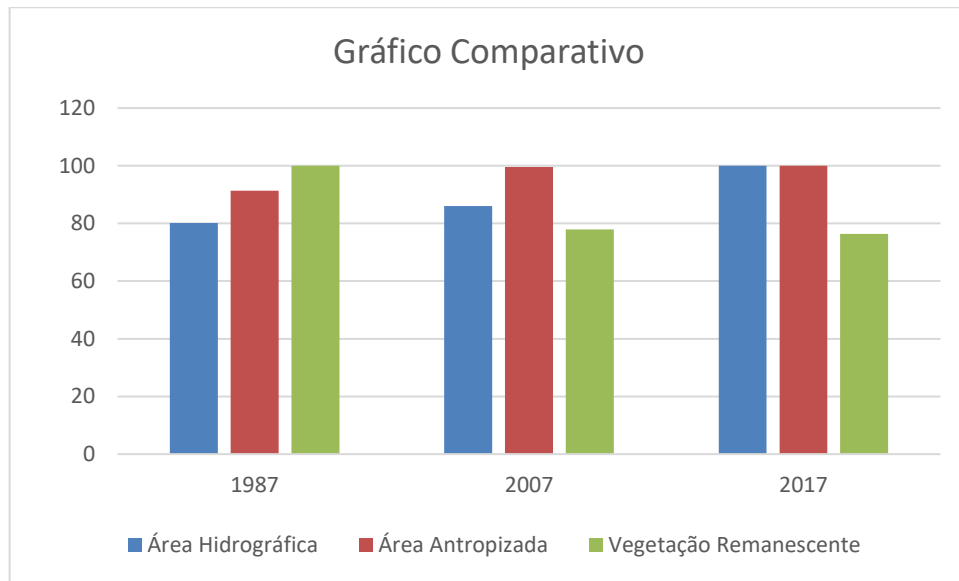
Tabela 4 - Uso e ocupação do solo na área de estudo

<b>Uso do Solo</b>	<b>1987</b>	<b>2007</b>	<b>2017</b>
Agricultura	10748,58	19621,64	26066,39
Pastagem	42735,91	38705,75	32082,35
Área Urbana	59,21	160,79	257,13
Silvicultura	0,00	60,73	299,24
Solo Exposto	186,68	61,84	145,23
Mineração	0,29	1,11	1,13
<b>Total Ocupado</b>	<b>53730,66</b>	<b>58611,86</b>	<b>58851,47</b>
Formação Campestre	2739,45	2593,14	2494,59
Formação Florestal	10788,06	8995,15	9196,80
Formação Savânica	8897,49	5882,72	5431,52
Outra Formação Natural	29,79	22,37	20,83
<b>Vegetação Nativa Remanescente</b>	<b>22454,80</b>	<b>17493,38</b>	<b>17143,74</b>
Água	209,46	288,67	398,70

Fonte: MapBiomass(2020). Adaptado pela Autora.

Por meio de uma normalização das áreas hidrográficas mapeadas, das áreas antropizadas e o total de áreas com vegetação nativa, e aplicando-se um fator de escala igual a 100, foi possível elaborar o gráfico comparativo da Figura 15.

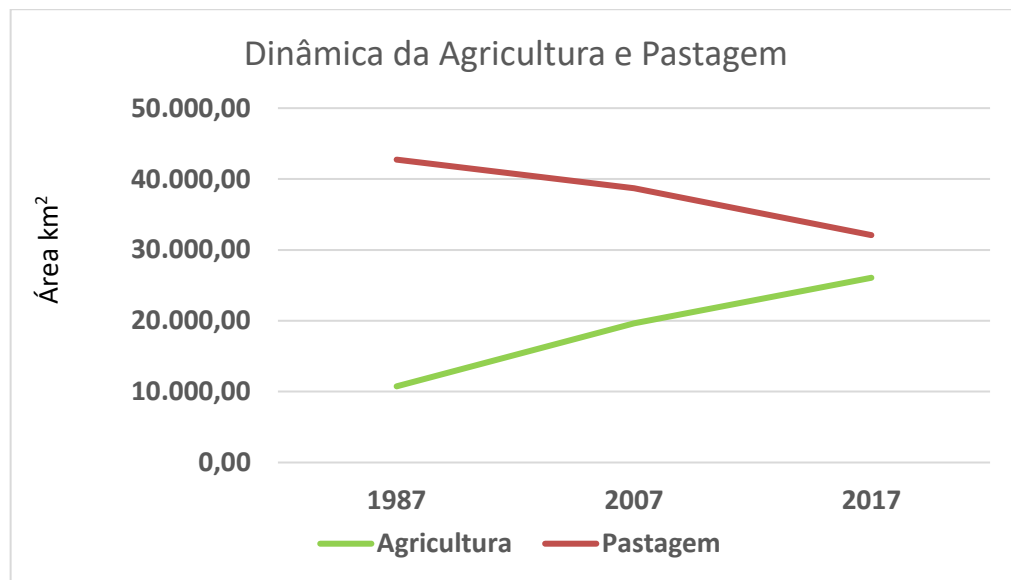
Figura 15 - Comparação de áreas normalizadas



Fonte: MapBiomias(2020). Adaptado pela Autora

Ainda considerando o uso e ocupação dos solos na área de estudo, observa-se que enquanto as áreas agrícolas aumentaram nos anos estudados, as áreas de pastagens diminuíram (Figura 16).

Figura 16 - Dinâmica da agricultura e pastagem



Fonte: MapBiomias(2020). Adaptado pela Autora.

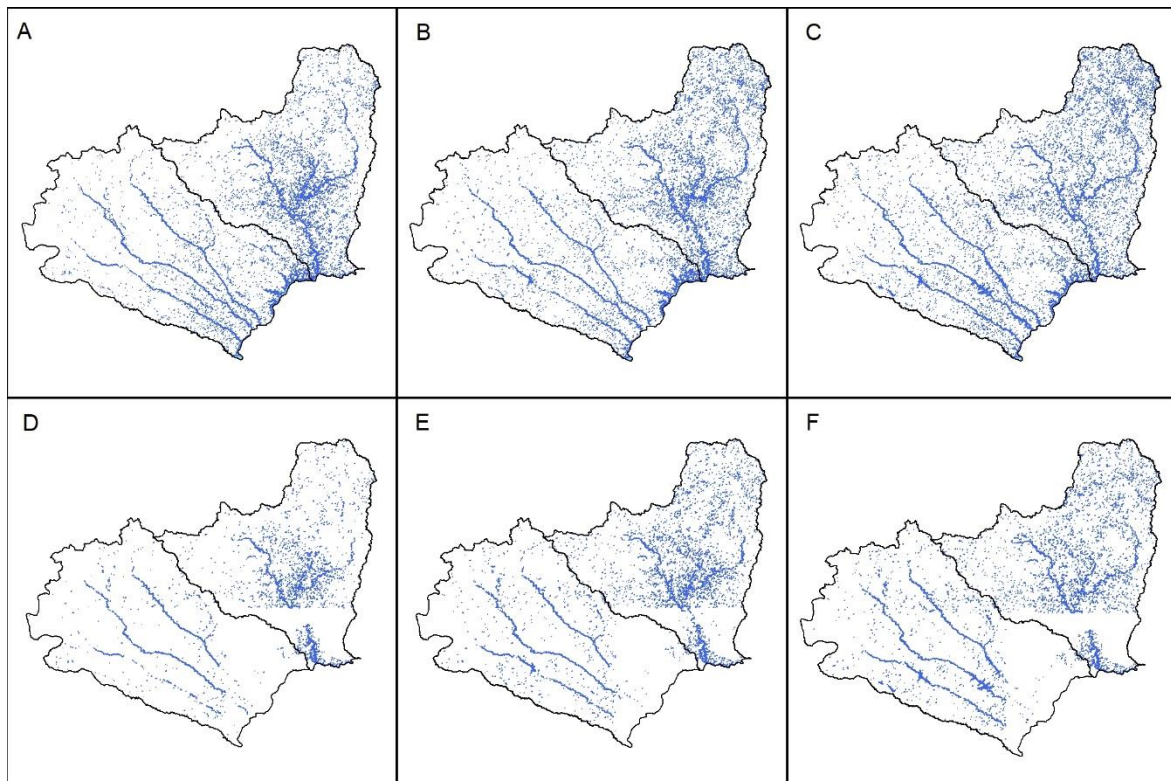
O aumento da área agrícola e diminuição das áreas de pastagens, denotam que parte do aumento das áreas agrícolas ocorreram substituindo as áreas de pastagens. Como na área de estudo é desenvolvida agricultura mecanizada de alta produtividade, há também o aumento na demanda

por recursos hídricos, seja para geração de energia, seja para irrigação.

A qualidade dos mapeamentos da hidrografia, elaborados no âmbito desta dissertação, foi avaliada por meio da comparação com os mapeamentos da classe de hidrografia, para os mesmos anos (1987, 2007 e 2017), elaborados pelo projeto MapBiomias, em sua coleção 4.0.

Por meio da comparação visual (Figura 17), onde os mapeamentos elaborados no âmbito desta dissertação, estão representados nos itens A, B e C, e os mapeamentos elaborados no âmbito do MapBiomias 4.0, estão representados nos itens D, E e F, é possível observar que há ocorrências de omissões de hidrografia nos mapeamentos do MapBiomias. Essas omissões da hidrografia elaborados pelo MapBiomias, aparentemente se deve a algum efeito sistemático, que necessita de maiores investigações.

Figura 17 - Mapeamento temporal da hidrografia, sendo (A) mapeamento da hidrografia em 1987, elaborado nesta dissertação; (B) mapeamento da hidrografia em 2007, elaborado nesta dissertação; (C) mapeamento da hidrografia em 2017, elaborado nesta dissertação; (D) mapeamento da hidrografia em 1987, elaborado pelo MapBiomias; (E) mapeamento da hidrografia em 2007, elaborado pelo MapBiomias; (F) mapeamento da hidrografia em 2017, elaborado pelo MapBiomias



Fonte: Autora(2020).

Essas diferenças de mapeamento são expressivas, variando de 41% a 63%, conforme se pode observar na Tabela 5.

Tabela 5 - Diferenças de área entre os mapeamentos de hidrografia

Ano	Hidrografia (Dissertação) km <sup>2</sup>	Hidrografia (MapBiomias) km <sup>2</sup>	Diferença
1987	505,17	209,46	41,46%
2007	542,37	288,67	53,22%
2017	630,46	398,70	63,24%

Fonte: Autora(2020).

As diferenças encontradas entre os mapeamentos, não invalida os mapeamentos do MapBiomias, pois são mapeamentos multitemáticos com mais de 30 categorias sendo a hidrografia apenas um dos temas mapeados. Além disso, o MapBiomias é aplicado para todo o Brasil, enquanto o mapeamento desta dissertação ficou restrito a apenas duas UPGRH. Os mapeamentos do MapBiomias para o Brasil, apresenta acurácia de aproximadamente 90% (Souza, *et al.*, 2020). Por outro lado, a partir dessa comparação foi possível constatar a boa qualidade dos mapeamentos elaborados no âmbito desta dissertação.

## 7 CONCLUSÃO

O sensoriamento remoto tem sido utilizado ao longo de décadas para o mapeamento de alteração do uso e cobertura dos solos. As aplicações relacionadas com a hidrografia são mais recentes, e na maioria das vezes ocorre em escala geográfica local ou regional.

Os resultados obtidos no âmbito desta dissertação demonstraram que há uma expressiva relação entre as alterações no uso e cobertura dos solos e a hidrografia, sendo que essas alterações podem ser detectadas a partir da utilização de imagens com resolução especial de dezenas de metros.

As alterações na hidrografia, resultantes da construção de barragens para geração de energia elétrica, ou para formação de reservatórios de água, para abastecimento de municípios ou para irrigação, são indicadores de regiões com alto desempenho econômico, com importantes índices de urbanização, industrialização e agricultura de alto desempenho. No entanto, faz-se importante, não somente no Brasil, mas em todos os países do mundo, o monitoramento de alterações da hidrografia, pois com o crescimento do consumo hídrico pela população e suas mais variadas atividades econômicas, associado com alterações na cobertura de vegetação nativa das bacias hidrográficas e as mudanças climáticas, pode resultar no aumento de

construção de barragens, o que pode resultar em eventos de insegurança hídrica e conflitos pelo uso de água.

É importante que outros estudos sejam elaborados considerando aspectos hidrológicos associados com alterações no uso e cobertura dos solos, tais como o mapeamento de sedimentos em suspensão, ocorrência de assoreamentos e outros.

Os aspectos envolvendo o monitoramento da hidrografia supracitados, têm sido considerados pela comunidade brasileira de sensoriamento remoto e meio ambiente, o que resultou nos últimos dias no anúncio da elaboração de uma nova ação do MapBiomias aplicado a recursos hídricos, o MapBiomias Água, que será aplicado em todo o Brasil, em uma série temporal de imagens de mais de 30 anos, que certamente mostrará as várias alterações que a hidrografia brasileira tem sofrido em todos os biomas.

## 7 REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos: informe 2016**. Brasília, 2016, 95 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual**. Brasília, 2018, 72 p.
- ANA – Agência Nacional de Águas. **Manual de usos consultivos da água no Brasil**. Brasília, 2019, 75 p.
- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília, 2001, 207 p.
- BACCI, D.D.L.C.; PATACA, E. M. Educação para a água. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 211-226, 2008.
- BEZERRA, L. M. C; CLEPS JR, J. O desenvolvimento agrícola da região Centro-Oeste e as transformações no espaço agrário do estado de Goiás. **Caminhos de geografia**, v. 5, n. 12, p. 29-49, 2004.
- BRASIL. Decreto nº. 89.817 de 20 de junho de 1984. **Dispõe sobre as instruções reguladoras das normas técnicas da cartografia Nacional, Cartografia e Aerolevanteamento Legislação**, COCAR, Brasília, DF, 1981.
- CARVALHO, A. R; SCHLITTLER, F. H. M; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Química Nova**,v.23, n.5, p.618-622, 2000.
- CHENG, H. D.; JIANG, X. H.; SUN, Y.; WANG, J. (2001). Color image segmentation: advances and prospects. **Pattern recognition**, v. 34, n. 12, p. 2259-2281, 2001.
- CHRISTOFIDIS, D. Água, irrigação e agropecuária sustentável. **Revista Política Agrícola**, Brasília, v.22, n.1,p.115-127,2013.
- CUNHA, N. R.S. LIMA, J. E. D., GOMES, M. F. D. M., BRAGA, M. J.A intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos Cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.
- DE CARVALHO, T. M.; FERREIRA, M. E.; BAYER, M. Análise integrada do uso da terra e geomorfologia do bioma cerrado: um estudo de caso para Goiás. 2008. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v.01, n.01, p.62-72, 2008.
- EARTH ENGINE. Disponível em : <<https://earthengine.google.com/faq/>> Acesso em: 27 out. 2019.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, 2014, 1182 p.
- FAO. Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de Áreas Prioritárias.Brasília.2017
- FAO-OCDE. **Perspectivas Agrícolas 2015-2024**. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/a-i4761o.pdf>>. Acesso em 08 nov. 2019

FAO. **The State of Agricultural Commodity Markets 2018. Agricultural trade, climate change and food security.** Rome. 2018, 112p.

FAO . The state of the world's land and water resources for food and agriculture. Managing system at risk. New York. 2011, 285p.

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**, n. 61/2, 2009. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44842/23853>> . Acesso em: 20 abr. 2017.

GEE - GOOGLE EARTH ENGINE. 2019. Disponível em: <<https://developers.google.com/earth-engine/>> Acesso em 27 out. 2019.

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R.. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18-27, 2017.

IBGE: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Distribuição Espacial da Agropecuária e dos Recursos Hídricos 03.** In: **IBGE Atlas do espaço rural brasileiro.** - Rio de Janeiro, 2011. 302 p. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63372\\_cap3.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63372_cap3.pdf)> Acesso em: 12 jan.2018

IBGE. **Mapa de biomas do Brasil.** Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <[http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes\\_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf](http://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/biomas.pdf)> Acesso em: 12 nov. 2017.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017.** 2019. Disponível em <[https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/index.html](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/index.html)>. Acesso em: 22 out. 2019.

INPE. **Satélites e Sensores.** São José dos Campos, 2016. Disponível em <[http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites\\_e\\_Sensores.pdf](http://www.dsr.inpe.br/vcsr/files/3-Satelites_e_Sensores.pdf)> Acesso em : 23 out.2019

JANSEN, L. J. M.; DI GREGORIO, A. Obtaining land-use information from a remotely sensed land cover map: results from a case study in Lebanon. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v.5, p.141-157, 2004

MACHADO, C. J. S. Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios. **Ambiente & Sociedade**,v.6, n.2, p.121-136 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v6n2/a08v06n2.pdf>> Acesso em 10 mar.2018.

MAPBIOMAS.2019. Disponível em : <<http://mapbiomas.org/o-que-e-o-mapbiomas>> Acesso em: 15 mar.2019.

MATOS, B. A.; TEIXEIRA, A.L.D.F.; BURNETT, J.A.;ZOBY, J.; FREITAS, M. (2007). Disponibilidade e demandas de recursos hídricos nas 12 regiões hidrográficas do Brasil. XVII **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.**

DE MEDEIROS, J. S.; CÂMARA G. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais.** (2001). Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacoesambientais.pdf>> . Acesso em 08 de abr. de 2019.

LOPES, F., MIELNICZUK, J., BORTOLON, E. S. O., TORNQUIST, C. G. (2010). Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria, RS. .. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande. Vol. 14, n. 10 (Out. 2010), p. 1038-1044, 2010.

LORD, Selborne. **A ética do uso da água doce: um levantamento**. 2001.

MIZIARA, F; FERREIRA, N. C. **Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental**. In: **Conservação da Biodiversidade e Uso Sustentável em Goiás – Estratégias, Prioridades e Perspectivas**. Ed. L.G. Ferreira. Goiânia: SEMARH/Agência Ambiental/Banco Mundial. 2006.

MORAES, D. S. L; JORDÃO, B. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Revista de Saúde Pública**, v. 36, p.370-374, 2002.

NAMIKAWA, L. M. Imagens Landsat 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens jaguari e jacareí do sistema cantareira. **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 17, p. 4828-4835, 2015.

OLIVEIRA, A. A. Análise dos impactos das políticas de desenvolvimento regional na Bacia do Alto Paraguai. **Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**, Campo Grande, v. 6, n. 3, p.13-37, 2002.

PAZ, V. P. S; TEODORO, R. E. F; MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.465-473, 2000.

PEKEL, J. F.; COTTAN, A.; GORELICK, N.; BELWARD, A. S. (2016). High-resolution mapping of global surface water and its long-term changes. **Nature**, 540(7633), 418-422, 2016.

PIRES, M. J. S. **As implicações do processo de modernização conservadora na estrutura e nas atividades agropecuárias da região centro-sul de Goiás**. 2008. 174 f. Tese(Doutorado em Desenvolvimento Econômico). Instituto de Economia. Unicamp. Campinas, 2008.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 2, p. 297-305, 2004. Disponível em : <<https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v28n2/20212.pdf>> Acesso em 18 mai. de 2020.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; HENZ, G. P.; RAGASSI, C. F.; DOS ANJOS, U. G.; FERRAZ, R. M. **Novos Ângulos da História da Agricultura no Brasil**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2010, 112 p.

REZENDE, G.C. Ocupação agrícola, estrutura agrária, mercado de trabalho rural no Cerrado: o papel do preço da terra, dos recursos naturais e das políticas públicas. In HELFAND, S.M.; REZENDE, G.C. **Região e espaço no desenvolvimento agrícola brasileiro**. Rio de Janeiro:IPEA, 2003, cap. 4, p. 173-212.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. Embrapa Cerrados-Capítulo em livro científico (ALICE), p.89-166, 1998. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/554094>> Acesso em 03 mar. 2018.

ROCHA, P. C. Indicadores de alteração hidrológica no Alto Rio Paraná: intervenções humanas e implicações na dinâmica do ambiente fluvial. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p.191-211, 2010. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/7078/S1982-45132010000100014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

SANO, E. E. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. **A encruzilhada socioambiental-biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Editora UFG, p.85-100, 2008.

SANTOS, J. T. S.; PENA, H. W. A. Geoprocessamento aplicado a ecologia de paisagem: uma análise da dinâmica espacial da Ilha do Papagaio – PA, **Revista OIDLES**- v. 5, n. 11 Amazônia-Brasil. Dezembro, 2011.

SECIMA - **PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HIDRICOS DO ESTADO DE GOIÁS**, 2015. Disponível em: <[http://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens\\_migradas/upload/arquivos/2016-01/p05\\_plano\\_estadual\\_de\\_recursos\\_hidricos\\_revfinal2016.pdf](http://www.meioambiente.go.gov.br/images/imagens_migradas/upload/arquivos/2016-01/p05_plano_estadual_de_recursos_hidricos_revfinal2016.pdf) . Acesso em: 04 jun.2018>

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás. Download de Arquivos SIG (Shapefile). Base de dados de 2016. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/siegdwnloads>> .Acesso em: 06 mar. 2020.

SILVA, C. E. da; ROSA, A. P. Geoprocessamento com utilização do satélite landsat 5 TM para estudo de caso do município de Betim. **MundoGEO**, 2012. Disponível em: <<https://mundogeo.com/2012/02/14/geoprocessamento-com-utilizacao-do-satelite-landsat-5-tm-para-estudo-de-caso-do-municipio-de-betim/>>. Acesso em: 04 jan 2019

SOARES, R. B.; SOARES, C.B.S.S.; COSTA, J.A.L.; COSTA, S.S.; SOARES,R.B. **Aplicação de técnica de fusão em imagens Landsat 8/OLI**. XVII SIMPÓSIO, 2015. Disponível em: <<http://marte2.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/marte2/2015/06.15.15.46.48/doc/p0944.pdf>> Acesso em: 20 abr. 2020.

SOARES, L. V., Melo, R., OLIVEIRA, W. S., SOUZA, P. M., & SCHMIELE, M. SOARES, L. V. et al. Brazilian Cerrado fruits and their potential use in bakery products. **Bread: Consumption, cultural significance and health effects**, p. 125-160, 2017.

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. 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, 2020.

TUCCI, C. E. M. Impactos da Variabilidade Climática e do Uso do Solo nos Recursos Hídricos. **Câmara Temática de Recursos Hídricos, Agência Nacional de Águas (ANA)**, Brasil,150 p. 2002.

MACROZAE. **Macrozoneamento, Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás**. Estado de Goiás, 2014. Disponível em: <[http://www.sieg.go.gov.br/RGG/MacroZAE/Relat%C3%B3rio\\_-\\_PRODUTO\\_V\\_-](http://www.sieg.go.gov.br/RGG/MacroZAE/Relat%C3%B3rio_-_PRODUTO_V_-)

TERMO DE REFERENCIA DO ZONEAMENTO AGROECOLÓGICO E ECONÔMICO DO ESTADO DE GOIÁS.pdf >Acesso em :25 mar .2018.

UFG . **Plano de Bacias dos Afluentes do Paranaíba do Estado de Goiás**. 2019. No prelo. Disponível em: <[http://pbapgo.meioambiente.go.gov.br/?page\\_id=1689](http://pbapgo.meioambiente.go.gov.br/?page_id=1689)>. Acesso em: 04 abr. 2020.

USGS. **Landsat—Earth Observation Satellites**. 2015. DOI 10.3133/fs20153081 Disponível em <<https://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf>> Acesso em : 20 out.2019

## 7 APÊNDICE

### Apêndice 1 - Script do Código Utilizado (Ano 2007)

```

Class2007 *
Imports (2 entries)
  var imageCollection2: ImageCollection "USGS Landsat 5 TM Collection 1 Tier 1 TOA Reflectance" (8 bands)
  var table: Table users/mayarapaulasf/upgrh
1
2 var excluirBorda = function(image){
3   var box = image.geometry();
4   return image.clip(box.buffer(-500));
5 };
6
7 var excluirNuvem = function(image){
8   var scored = ee.Algorithms.Landsat.simpleCloudScore(image);
9   var imagemSemNuvem = image.updateMask(scored.select(['cloud']).lt(70));
10  return excluirBorda(imagemSemNuvem);
11 };
12
13
14
15 var colecaoTempo = imageCollection2.filterDate ('2007-05-01', '2007-08-31');
16 var colecaoTempoEspaco = colecaoTempo.filterBounds(table);
17 colecaoTempoEspaco = colecaoTempoEspaco.map(excluirNuvem);
18 var mosaicoConstruido = colecaoTempoEspaco.median();
19
20 //.....Classificacao agua
21 var imageHsv = mosaicoConstruido.select(['B5','B4','B3']).rgbToHsv();
22 var hueBanda = imageHsv.select('hue');
23 //..... intervalo para agua 0.3 a 0.8
24 var agua = hueBanda.updateMask(hueBanda.lte(0.82));
25 agua = agua.updateMask(agua.gt(0.41));
26
27 var imagemAgua = ee.Image(1).updateMask(agua);
28
29 Map.addLayer(mosaicoConstruido,{min:0, max: 0.6,bands:['B5','B4','B3'],'UPGRH');
30 Map.addLayer(imageHsv,{bands:['hue'],'teste');
31 Map.addLayer(imagemAgua,{},'drenagem2007');
32
33 //-- Exportação
34 Export.image.toDrive({
35   image:imagemAgua,
36   description: 'Classificacao_2007',
37   folder: 'DISS',
38   maxPixels:1000000000000,
39   scale: 30,
40   region: table
41 });
42

```

Fonte: Autora (2020).