



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MODELAGEM EM  
CIÊNCIAS DA TERRA E DO AMBIENTE – PPGM**

**ADEID RODRIGUES SANTOS SILVA**

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS  
RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
PARAGUAÇU - BA**

Feira de Santana-BAHIA  
2023

ADEID RODRIGUES SANTOS SILVA

**ANÁLISE DA RELAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS  
RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO  
PARAGUAÇU -BA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito para obtenção do título de Mestre.

**Orientador:** Prof. Dr. Marcos Reis Rosa

**Coorientador:** Prof. Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

Feira de Santana-BAHIA  
2023

**Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS**

Silva, Adeid Rodrigues Santos

S578a Análise da relação do uso e cobertura da terra nos recursos hídricos da  
Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu - BA / Adeid Rodrigues Santos Silva. -  
2023.

79f.: il.

Orientador: Marcos Reis Rosa

Coorientador: Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.  
Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do  
Ambiente, 2023.

1. Recursos hídricos. 2. Análise bibliométrica. 3. MapBiomias.  
4. Atividade antrópica. 5. Bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu. **I.** Rosa,  
Marcos Reis, orient. **II.** Vasconcelos, Rodrigo Nogueira de, coorient. **III.**  
Universidade Estadual de Feira de Santana. **IV.** Título.

CDU: 711.14

Rejane Maria Rosa Ribeiro – Bibliotecária CRB-5/695


ADEID RODRIGUES SANTOS SILVA

# ANÁLISE DA RELAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA NOS RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUAÇU - BA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
*Stricto Sensu* em Modelagem em Ciências da Terra e do  
Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana,  
como requisito para obtenção do título de Mestre.


**Data de avaliação: 28 de março de 2023**

## Composição da Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 MARCOS REIS ROSA  
Data: 28/03/2023 19:39:06-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Presidente: \_\_\_\_\_

Dr. Marcos Reis Rosa  
(Orientador)

Documento assinado digitalmente  
 RODRIGO NOGUEIRA DE VASCONCELOS  
Data: 28/03/2023 16:58:18-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Coorientador: \_\_\_\_\_

Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos

Documento assinado digitalmente  
 LEANDRO RAFAEL PRADO  
Data: 28/03/2023 19:20:49-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

1º Examinador: \_\_\_\_\_

Dr. Leandro Rafael Prado

Documento assinado digitalmente  
 WASHINGTON DE JESUS SANTANNA DA FR  
Data: 28/03/2023 17:04:33-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

2º Examinador: \_\_\_\_\_

Dr. Washington de Jesus Sant'Anna da Franca Rocha

Feira de Santana-BAHIA  
2023

**Dedicatória**

*Aos meus pais, o meu porto-seguro, que dedico toda a minha força e conquista.*

*Ao meu esposo, o meu equilíbrio, por todo apoio e incentivo.*

*Aos meus irmãos e sobrinho por toda paciência e cuidado.*

*A Deus, que me sustenta e me traz paz.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela oportunidade da vida e por ter permitido mais este degrau na caminhada do conhecimento;

A toda minha família, e em especial aos meus pais, Azenaide e Ademar, pelo carinho, amor, dedicação, ensinamentos da vida e total incentivo em minhas decisões. Agradeço também aos meus irmãos, Adjânio e Azelândia, que sempre me apoia e incentiva, e ao meu sobrinho Benício pela paz e energia transmitida;

Ao Meu esposo por toda paciência e companheirismo em toda minha caminhada;

Ao professor Dr. Marcos Reis Rosa, pela confiança e pelas excepcionais orientações e valiosa troca de conhecimento;

Ao professor Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos por todos os ensinamentos e pela valorosa contribuição nesta pesquisa;

A todos os professores da Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente (PPGM) pelos conhecimentos transmitidos;

A Coordenação do PPGM pela humanidade e apoio;

A Luana e Diego por todo apoio e compreensão;

Aos amigos Jéssica, Marina, Luana, Rebecca, Renato Raiânata, Valdinéia, Bruna, Taíze, Paulo e Isaías por toda forma de atenção e incentivo, muito obrigado pelo companheirismo;

A todos os colegas da turma XV e demais do programa que contribuíram para criação e fortalecimento de conhecimentos durante as discussões acadêmicas;

A banca de Acompanhamento e a banca de defesa pelas contribuições científicas;

À Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) pelo ensino público e de qualidade, pelos auxílios, ensinamentos e contribuições;

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) por todo apoio financeiro para realização da pesquisa;

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para o êxito deste trabalho.

“Todas as vitórias ocultam uma abdicação”.

(Simone de Beauvoir).

## RESUMO

Visto o quão relevante é a influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos buscou-se aprofundar cientificamente sobre essa temática. Esta dissertação está construída no formato de capítulos, um total de 4, uma alternativa que tem como objetivo facilitar a preparação para divulgação em formato de artigo científico. O capítulo 1 possui a apresentação geral, o objetivo geral e os específicos e a estruturação da dissertação. O capítulo 2 apresenta um estudo bibliométrico para caracterizar as publicações sobre mudanças de uso e cobertura da terra e a dinâmica dos recursos hídricos no mundo. Os dados foram obtidos da plataforma *Scopus* e analisados no pacote estatístico *Bibliometrix*, disponível na linguagem de programação estatística R e as redes de coocorrência foram construídas no software *VOSviewer*. O objetivo da pesquisa foi analisar, através de uma abordagem teórica metodológica, como o uso e cobertura da terra influencia nos recursos hídricos. Foram selecionadas 392 publicações no período de 1985-2021 com a primeira publicação em 1990. Com a pesquisa foi possível observar que o aumento dos termos e abordagens foi gradativo e acentuado de acordo com o avanço das pesquisas, e que o tema é assunto de estudos a nível global e o conhecimento está sendo consolidado com colaboração entre diferentes países e organizações. O Capítulo 3 traz uma análise de como a mudança de uso e cobertura da terra pode influenciar na manutenção dos corpos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu. Os dados de uso e cobertura da terra foram adquiridos do MapBiomas e as séries históricas de vazão obtidas das estações fluviométricas da rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb). Visando uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorreram na área de estudo, a bacia foi dividida em bacias de contribuição. De maneira geral, a expansão da agricultura irrigada, o aumento nas áreas de pastagem e a diminuição das florestas podem estar diretamente relacionadas a redução dos recursos hídricos na região. Devido às condições atuais de degradação ambiental da bacia, é urgente a implantação de ações que visem à recuperação da sua qualidade ambiental. Para finalizar, o Capítulo 4 apresenta a compilação dos resultados obtidos neste trabalho e as considerações finais e gerais sobre a dissertação.

**Palavras-chave:** Análise bibliométrica, Atividade Antrópica, Mapbiomas, Pesquisa Científica, Recursos Hídricos



## ABSTRACT

Since the influence of land use and land cover on the maintenance of water bodies is so relevant, we sought to scientifically deepen this theme. This dissertation is built in the format of chapters, a total of four, an alternative that aims to facilitate the preparation for disclosure in the format of a scientific article. Chapter 1 contains the general presentation, the general and specific objectives, and the structure of the dissertation. Chapter 2 presents a bibliometric study to characterize the publications on land use and land cover change and the dynamics of water resources in the world. The data were obtained from the Scopus platform and analyzed in the statistical package Bibliometrix, available in the statistical programming language R, and the co-occurrence networks were constructed in the software VOSviewer. The objective of the research was to analyze, through a theoretical and methodological approach, how land use and land cover influence water resources. A total of 392 publications were selected from the period 1985-2021 with the first publication in 1990. With the research it was possible to observe that the increase in terms and approaches was gradual and accentuated according to the advancement of research, and that the theme is the subject of studies globally and knowledge is being consolidated with collaboration between different countries and organizations. Chapter 3 brings an analysis of how land use and land cover change can influence the maintenance of water bodies in the Paraguaçu River Basin. The land use and land cover data were acquired from MapBiomas and the historical flow series obtained from the river gaging stations of the hydrometeorological network of the Hydrological Information System (Hidroweb). Aiming at a better understanding of the phenomena that occurred in the study area, the basin was divided into contributing basins. In general, the expansion of irrigated agriculture, the increase in pasture areas and the decrease of forests can be directly related to the reduction of water resources in the region. Due to the current conditions of environmental degradation of the basin, the implementation of actions aimed at the recovery of its environmental quality is urgent. Finally, Chapter 4 presents the compilation of the results obtained in this work and the final and general considerations about the dissertation.

**Keywords:** Bibliometric analysis, Anthropogenic Activity, Mapbiomes, Scientific Research, Water Resources.

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

**ANA** - Agência Nacional de Água e Saneamento

**Aw**- Clima Subúmido a Seco

**Af**- Clima Úmido a Subúmido

**BA**-Bahia

**BSh**- Clima Semiárido

**CERB** - Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia

**DEM** - Modelo Digital de Elevação

**ET** – Evapotranspiração

**EMBRAPA**- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

**GEE** - Google Earth Engine

**ha** – Hectare

**hm<sup>3</sup>** - Hectômetro cúbico

**INEMA**- Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

**km** – Quilômetro

**km<sup>2</sup>**- Quilômetro quadrado

**LULC** - Uso e Cobertura da Terra

**ONU**- Organização das Nações Unidas

**ODS** - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

**PPGM** - Programa de Pós-Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente

**SWAT** - Ferramentas de Avaliação de Solo e Água

**SIG** - Sistemas de Informações Geográficas

**SINGREH**- Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

**UEFS** - Universidade Estadual de Feira de Santana

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Fluxograma com os procedimentos metodológicos da pesquisa
- Figura 2.** Artigos publicados por ano
- Figura 3.** Principais autores
- Figura 4.** Visualização em rede com os principais periódicos, países, afiliações e autores
- Figura 5.** Visualizações em rede para cada um dos três períodos de análise da pesquisa a) 1990 a 1999; b) 2000 a 2009; c) 2010 a 2019
- Figura 6.** Localização da área de estudo
- Figura 7.** Tipos de Solo na Bacia do Paraguaçu
- Figura 8.** Fluxograma com os procedimentos metodológicos da pesquisa
- Figura 9.** Hidrografia e principais estações fluviométricas
- Figura 10.** Bacias de contribuição
- Figura 11.** Bacias de contribuição escolhidas para análise
- Figura 12.** Principais usos na bacia de contribuição 51120000 (Andaraí) (1985-2021)
- Figura 13.** Principais usos na bacia de contribuição 51120000 (Andaraí) (1985-2021)
- Figura 14.** Principais usos na bacia de contribuição 51190000 (Andaraí) (1985-2021)
- Figura 15.** Principais usos na bacia de contribuição 51190000 (1985-2021)
- Figura 16.** Gráfico representativo de vazão na bacia de contribuição 51120000
- Figura 17.** Gráfico representativo de vazão na bacia de contribuição 51190000
- Figura 18.** Barragens na bacia do Paraguaçu

## **LISTA DE QUADROS**

**Quadro 1.** Reclassificação das classes de cobertura da terra com base na coleção 7 do projeto MAPBIOMAS

## LISTA DE TABELAS

**Tabela 1.** Estações fluviométricas localizadas na área de estudo

**Tabela 2.** Evolução dos dados de formação florestal nas bacias de contribuição

**Tabela 3.** Evolução dos dados de formação natural não florestal nas bacias de contribuição

**Tabela 4.** Evolução dos dados de pastagem nas bacias de contribuição

**Tabela 5.** Evolução dos dados de área urbanizada nas bacias de contribuição

**Tabela 6.** Evolução dos dados de área não vegetada nas bacias de contribuição

**Tabela 7.** Evolução dos dados de agricultura nas bacias de contribuição

**Tabela 8.** Evolução dos dados de água nas bacias de contribuição

**Tabela 9.** Uso e cobertura da terra na bacia de contribuição 51120000 (Andaraí)

**Tabela 10.** Uso e cobertura da terra na bacia de contribuição 51190000 (Andaraí)

## Sumário

CAPÍTULO 1 .....	16
1.APRESENTAÇÃO GERAL .....	16
2.OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo Geral .....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3.METODOLOGIA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	18
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	18
CAPÍTULO 2 .....	19
Mudanças de uso e cobertura da terra e a dinâmica dos recursos hídricos: uma análise bibliométrica.....	19
1.INTRODUÇÃO.....	21
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	22
2.1 Base de dados .....	22
2.2 Estratégia de busca .....	22
2.3 Mapeamento Bibliométrico .....	24
3.RESULTADOS .....	26
4.DISSCUSSÃO .....	37
5.CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	39
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40
CAPÍTULO 3 .....	46
Como a mudança de uso e cobertura da terra influencia na manutenção de corpos hídricos na bacia hidrográfica do Paraguaçu .....	46
1.INTRODUÇÃO.....	48
2.METODOLOGIA.....	49
2.1 Área de Estudo .....	49
2.2 Obtenção dos Dados de Uso e Cobertura da Terra.....	52
2.3 Análise de Transições de Uso da Terra .....	53
2.4 Obtenção das Séries Hidrológicas Históricas.....	55
3. RESULTADOS .....	57
3.1 Dinâmica do Uso e Cobertura da terra as Bacias de contribuição .....	57

3.2 Escolha das bacias de contribuição .....	62
3.3 Dinâmica de uso e cobertura nas bacias de contribuição .....	63
3.4 Vazão nas bacias de contribuição .....	68
4. DISCUSSÃO .....	69
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
CAPÍTULO 4 .....	78
1. CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS .....	78

## CAPÍTULO 1

### 1. APRESENTAÇÃO GERAL

Este estudo aborda a influência do uso e cobertura da terra para manutenção dos corpos hídricos a partir de duas vertentes de pesquisa, uma baseada na análise bibliométrica em resposta aos padrões e tendências da literatura científica e sua evolução temporal; e uma segunda abordagem utilizando uma série histórica de dados de uso e cobertura da terra e sua relação com dados de vazão. Ambas as abordagens visam tornar-se uma ferramenta útil à proteção do meio ambiente.

Diante dos desafios globais de sustentabilidade ambiental em 2015, a Organização das Nações Unidas (ONU) assumiu a Agenda 2030, incluindo metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Entre os compromissos está o objetivo 13 (treze) que propõe tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos. Além do objetivo 15 (quinze) que visa proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e a perda de biodiversidade.

Visto o quão relevante é esse tema, buscou-se aprofundar o entendimento científico e realizar uma pesquisa para detectar as relações existentes entre os autores, as instituições, os países e os termos de maior relevância. Com base nos resultados obtidos foi possível fazer inferências sobre o quanto o uso e cobertura da terra pode influenciar a manutenção dos recursos hídricos. Pesquisas que tratam sobre a heterogeneidade das influências do uso e cobertura da terra contribuem para o conhecimento de elementos-chaves, além de fornecer suporte para o manejo sustentável de bacias hidrográficas. Nessa perspectiva, entender como os diferentes usos e cobertura da terra são distribuídos e sua configuração quantitativa e qualitativa é fundamental para avaliar padrões e prever tendências no comportamento dos recursos hídricos.

Nesse sentido, a gestão eficaz de bacias hidrográficas requer múltiplos esforços que vão desde o conhecimento da hidrologia aplicada, ciências exatas e da terra até ciências sociais e políticas. Compreender a dinâmica dos processos de uso e ocupação no Bioma Caatinga e Mata Atlântica, nos quais está inserida a área de estudo, é de grande relevância para a manutenção da biodiversidade e manejo adequado dos recursos ambientais.

A abordagem inicial dessa pesquisa buscou identificar e analisar onde surgiram as principais publicações, os países e institutos de pesquisa que publicam sobre o tema abordado,



os autores com mais publicações, publicações mais citadas e como a literatura tem avançado em termos conceituais sobre a influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos. Na segunda abordagem desse estudo analisou-se como a evolução temporal do uso e cobertura da terra (1985 - 2021) pode influenciar a manutenção de corpos hídricos.

A bibliometria foi utilizada para demonstrar os fundamentos teóricos e as tendências em termos de produtividade científica em escala global, dados os impactos sofridos pelas bacias hidrográficas. Com base nas informações adquiridas buscou-se compreender a influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos na Bacia do rio Paraguaçu, situada no estado da Bahia, a partir de dados disponibilizados pelo projeto MapBiomas e Agência Nacional de Água e Saneamento (ANA), levando em consideração que o entendimento desse fenômeno é fundamental para orientar políticas públicas de ocupação e conservação do meio ambiente.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar as publicações científicas voltadas a investigação do uso e cobertura da terra e como a dinâmica desse processo pode gerar mudanças espaço/temporais na disponibilidade hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu, no período compreendido entre os anos de 1985 e 2021.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realçar as tendências e correntes das produções científicas de como o uso e cobertura da terra pode influenciar na manutenção de corpos hídricos;
- Realizar uma análise quantitativa dos principais autores, dos artigos mais citados, instituições, países e periódicos relacionados às publicações;
- Identificar os principais vetores responsáveis pela mudança de uso e cobertura da terra na Bacia do Paraguaçu através da análise de mapas multitemporais da dinâmica de uso e cobertura da terra na bacia, entre (1985 a 2021);
- Identificar quais as classes de cobertura vegetal nativa foram mais afetadas durante o período de tempo analisado;
- Caracterizar o comportamento hidrológico da Bacia do Rio Paraguaçu e sua disponibilidade hídrica, considerando as séries temporais de dados hidrometeorológicos oficiais;

- Comparar a variação anual das vazões com a dinâmica de uso e cobertura da terra nas bacias de contribuição selecionadas para verificar possíveis associações.

### **3. METODOLOGIA E ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

De acordo com os objetivos propostos, a pesquisa pode ser classificada como qualitativa, por envolver a integração de dois tipos de dados neste estudo: os dados bibliométricos e os dados de sensoriamento remoto (CRESWELL, 2021). A coleta dos diferentes tipos de dados tem por objetivo identificar respostas para as questões da pesquisa, incluindo dados estatísticos, vazão, espelho d'água, documentos e dados de sensoriamento remoto. Esta pesquisa também é baseada em um estudo de caso, que envolve estudos profundos e minuciosos, de maneira que contemporiza seu amplo e detalhado conhecimento, questionamentos, análises e proposições (GIL, 2008).

Esta dissertação está construída no formato de capítulos, uma alternativa que tem como objetivo facilitar a preparação para divulgação em formato de artigo científico.

O Capítulo 1 possui a apresentação geral, o objetivo geral e os específicos e a estruturação da dissertação.

O Capítulo 2 apresenta um estudo bibliométrico para caracterizar as publicações sobre mudanças de uso e cobertura da terra e a dinâmica dos recursos hídricos no mundo. Os dados foram obtidos da plataforma *Scopus* e analisados no pacote estatístico *Bibliometrix*, disponível na linguagem de programação estatística R e as redes de coocorrência foram construídas no software *VOSviewer*.

O Capítulo 3 traz uma análise de como a mudança de uso e cobertura da terra pode influenciar na manutenção dos corpos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu através da comparação de dados históricos do uso e ocupação da terra e da vazão em 2 bacias de contribuição de pontos de monitoramento da Agência Nacional de Água e Saneamento (ANA).

Para finalizar, o Capítulo 4 apresenta a compilação dos resultados obtidos neste trabalho e as considerações finais e gerais sobre a dissertação.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa. Métodos Qualitativo, Quantitativo e Misto.** Penso Editora, 2021.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa.** São Paulo: Atlas, 4a ed., 2008.

## CAPÍTULO 2

### **Mudanças de uso e cobertura da terra e a dinâmica dos recursos hídricos: uma análise bibliométrica**

**Adeid Rodrigues Santos Silva**

adeidrodrigues92@gmail.com

**Dr. Marcos Reis Rosa**

mrosa@arcplan.com.br

**Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos**

rnvuefsppgm@gmail.com

#### RESUMO

Com o crescente interesse em compreender o quanto as mudanças no uso da terra vêm afetando a manutenção dos corpos hídricos, muitos estudos científicos vêm sendo desenvolvido sobre o tema. Nesse sentido, é essencial a análise do conhecimento encontrado na área. Assim, a bibliometria representa um aporte à fundamentação teórica e ao diagnóstico do desenvolvimento do campo a ser estudado. O presente artigo teve como objetivo aplicar a bibliometria entre os anos de 1985 a 2021 para demonstrar as tendências e correntes das produções científicas globais realizadas sobre como o uso e cobertura da terra pode influenciar a manutenção de corpos hídricos. Foi adotado como aporte técnico científico as análises bibliométricas aplicadas a base de dados *Scopus*, do programa *VOSviewer* e por meio da extensão *Bibliometrix*, um pacote de análise estatística disponível na linguagem de programação estatística *R*, para assim, destacar a cronologia da evolução teórica das pesquisas realizadas e realçar os principais autores, áreas dos conhecimentos e países que publicaram sobre a temática. Foram selecionadas 392 publicações com o primeiro artigo em 1990 e o último em 2021, com um crescimento anual de 16,72 % ao ano. As revistas mais relevantes foram o *Hydrological Processes*, *Journal Of Hydrology*, *Hydrological Sciences Journal*, *Science Of The Total Environment* e *Hydrology And Earth System Sciences*. Os países que mais publicaram artigos foram China, seguido dos Estados Unidos, Brasil, Alemanha e Índia. Com a pesquisa foi possível observar que o aumento dos termos e abordagens foi gradativo e acentuado de acordo com o avanço das pesquisas, e que o tema é assunto de estudos a nível global e o conhecimento está sendo consolidado com colaboração entre diferentes países e organizações.

**Palavras-chave:** Bibliometria, Recursos Hídricos, Conhecimento Científico.

## ABSTRACT

With the growing interest in understanding how land use changes are affecting the maintenance of water bodies, many scientific studies have been developed on the subject. In this sense, it is essential to analyze the knowledge found in the area. Thus, bibliometry represents a contribution to the theoretical foundation and the diagnosis of the development of the field to be studied. The present article aimed to apply bibliometry between the years 1985 and 2021 to demonstrate the trends and currents of the global scientific productions carried out on how land use and land cover can influence the maintenance of water bodies. The bibliometric analyses applied to the Scopus database, the VOSviewer program, and through the Bibliometrix extension, a statistical analysis package available in the R statistical programming language, were adopted as technical scientific support, in order to highlight the chronology of the theoretical evolution of the research carried out and to highlight the main authors, areas of knowledge, and countries that published on the theme. A total of 392 publications were selected, with the first article in 1990 and the last in 2021, with an annual growth of 16.72 % per year. The most relevant journals were Hydrological Processes, Journal Of Hydrology, Hydrological Sciences Journal, Science Of The Total Environment and Hydrology And Earth System Sciences. The countries that published the most articles were China, followed by the United States, Brazil, Germany and India. With the research it was possible to observe that the increase in terms and approaches was gradual and accentuated according to the advancement of research, and that the theme is the subject of studies globally and knowledge is being consolidated with collaboration between different countries and organizations.

**Keywords:** Bibliometric, Water Resources, Scientific Knowledge.

## 1. INTRODUÇÃO

As mudanças ocorridas no uso e cobertura da terra são intensificadas pelas atividades antrópicas, o que representa uma das principais causas de mudança nos processos hidrológicos e nas bacias hidrográficas (ROGGER *et al.*, 2016). As alterações dos tipos de cobertura da terra e as práticas de gestão em uma bacia podem modificar significativamente o ciclo hidrológico, alterando o escoamento superficial, vazão, evapotranspiração (ET), capacidade de retenção de água do solo, interceptação e recarga de águas subterrâneas (BERIHUN *et al.*, 2019; BOSCH e HEWLETT, 1982; COSTA *et al.*, 2003; FOLEY *et al.*, 2005; GARG *et al.*, 2017; HAMMAN *et al.*, 2018; MAO; CHERKAUER, 2009; ROGGER *et al.*, 2016; ZHANG *et al.*, 2014).

No século XXI, trabalhos como o de Zhang *et al.* (2001), Brown *et al.* (2005), Zhao *et al.* (2010), Liang *et al.* (2015) e Buendia *et al.* (2016) corroboram com a ideia geral de que a diminuição da floresta resulta em maiores valores de escoamento superficial. Não obstante, estes trabalhos também mostram que a variabilidade da resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica está relacionada não só às características da superfície, mas também a outros elementos locais, como clima, solos e topografia.

A insegurança hídrica gera uma série de consequências físicas, mentais, sociais e econômicas para o bem estar do ser humano, especialmente em circunstâncias preocupantes, como a pandemia global de COVID 19. Para abordar questões relacionadas à escassez de água, é importante ter uma avaliação precisa dos recursos hídricos disponíveis no país para desenvolver uma estrutura de política sustentável (GOWRI; PANKAJ DEY; MUJUMDAR, 2021).

Os resultados obtidos em estudos sobre a influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos, com identificação de padrões e tendências, são úteis na tomada de decisão e no planejamento de políticas, visando minimizar os efeitos indesejáveis de futuras mudanças. Informações hidrológicas de pequena escala baseadas em sub-bacias, considerando mudanças no uso/cobertura da terra, são cruciais para a avaliação de processos hidrológicos para agricultura irrigada ou qualquer uso da água (TUBIELLO, 2007).

Dessa forma, há um grande interesse para o entendimento do quanto as mudanças no uso da terra vem afetando a manutenção de corpos hídricos e quais foram às alterações sofridas ao longo do tempo, de modo que ocorreu uma crescente nos estudos científicos sobre o tema, tornando-se essencial a análise do conhecimento encontrado na área por meio da bibliometria. A análise bibliométrica fornece dados de cunho estatístico para quantificar publicações e

pesquisas científicas em diversas áreas. Segundo Perez Matos (2002), a bibliometria é uma ferramenta capaz de determinar fenômenos e tendências que ocorrem no âmbito científico a partir de suas publicações.

A análise bibliométrica é fundamental para o entendimento de diferentes abordagens nas ciências, pois contribui para as análises das tendências temáticas, metodológicas e conceituais, levando em conta a sua variação no tempo e viabilizando a descoberta de padrões de comportamento de citações em produções científicas (WU, 2017).

Nesse sentido, esta pesquisa busca contribuir com reflexões acerca de como o uso e cobertura da terra pode influenciar para a manutenção de corpos hídricos. Para isso, utilizou-se do aporte metodológico da bibliometria, visto que, essa técnica tem potencial para analisar por técnicas estatísticas e matemáticas além de mapear, dimensionar e avaliar informações sobre a produtividade científica (GUEDES; BORSHIVER, 2005; CAFÉ; BRASCHER, 2008). Além disso, a análise bibliométrica é importante para o conhecimento do estado da arte sobre determinado conteúdo, com análises temporais, autorais e temáticas (JOB, 2018).

O presente trabalho visa avaliar o quanto o uso e cobertura da terra pode influenciar para a manutenção de corpos hídricos a partir da análise das publicações em artigos científicos indexados na base de dados da *Scopus* com o objetivo de identificar e analisar onde surgiram as principais publicações, quais os principais países e institutos de pesquisa que publicaram sobre o tema, quem são os autores que mais publicaram, quais as publicações mais citadas e como a literatura tem avançado em termos conceituais.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Base de dados**

Os dados bibliométricos foram adquiridos na *Scopus database* disponível no endereço eletrônico <www.scopus.com>, um dos maiores bancos de dados da literatura com revisão por pares: revistas científicas, livros e publicações em congressos (ELSEVIER, 2020).

### **2.2 Estratégia de busca**

A busca realizada na base da *Scopus* teve como fundamento principal a influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos. Para auxiliar na construção do conjunto de dados, empregou-se os operadores booleanos *OR* e *AND*. A busca foi restrita em artigos científicos publicados em periódicos, de forma a minimizar possíveis publicações duplicadas ou resultados falsos positivos.

As palavras-chave utilizadas na pesquisa objetivaram retornar aspectos fundamentais para auxiliar na compreensão da evolução científica relacionadas ao grau de influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos, bem como possíveis lacunas na ciência e de seus pesquisadores sobre o tema em questão. Sendo assim, depois de realizados diversos testes com palavras-chave diferentes, chegou-se aos termos da equação: TITLE-ABS-KEY ("lulc" OR "land use" OR "land cover" OR "land use dynamics" OR "land cover dynamics" AND "hydrolog\* processes") AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR < 2021. Estes termos foram localizados nos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, até o ano de 2021, tendo 1990 como o ano do primeiro artigo encontrado.

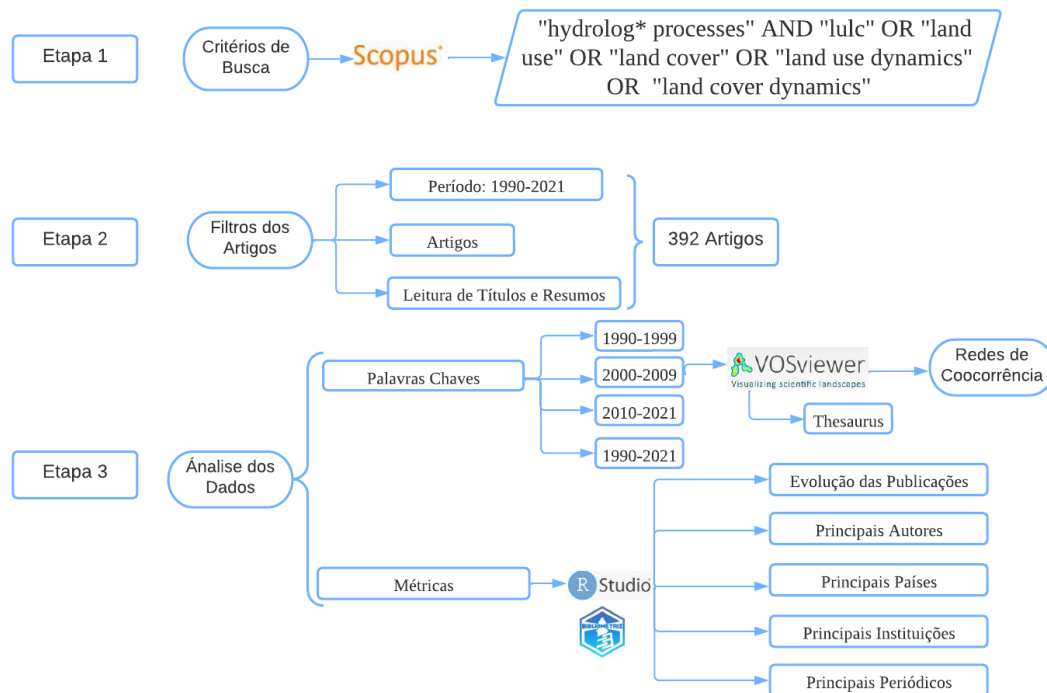
Em seguida foi realizado o filtro manual das subáreas dos conhecimentos relacionados ao tema da pesquisa, selecionando-as: *Environmental Science; Earth and Planetary Sciences; Agricultural and Biological Sciences; Engineering; Social Sciences; Energy; Multidisciplinary; Computer Science; Decision Sciences; Business, Management and Accounting; Chemical Engineering; Economics, Econometrics and Finance; Chemistry; Materials Science; Mathematics.*

A equação final dos filtros da pesquisa gerou a equação: TITLE-ABS-KEY ("lulc" OR "land use" OR "land cover" OR "land use dynamics" OR "land cover dynamics" AND "hydrolog\* processes") AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR < 2021 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA,"ENVI")OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "AGRI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "EART") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENGI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ENER") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "MULT") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "DECI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "ECON") OR LIMIT-TO (SUBJAREA , "MATH").

Após essas etapas, realizou-se o refinamento da busca, para a escolha final dos artigos que fazem parte do escopo da pesquisa, através a leitura de todos os títulos e resumos dos artigos gerados. Os artigos que não se enquadraram na temática deste estudo foram excluídos das análises. As métricas disponíveis de todos os artigos selecionados foram exportadas em um arquivo com formato CSV (valores separados por vírgula) para posterior análise. Esses dados auxiliaram no entendimento quanto à evolução do conhecimento científico, utilizando-se de análises qualitativas e quantitativas sobre as publicações além da distribuição geográfica (SANTANA *et al.*, 2021).

A fim de entender a evolução dos estudos nas últimas décadas, os dados textuais obtidos a partir das métricas na base da *Scopus* foram utilizados na criação de redes de coocorrências entre as palavras-chave citadas no título, no resumo e pelos autores para intervalos de tempo delimitados pelas décadas 1990 a 1999, 2000 a 2009 e 2010 a 2019 (como a década de 2020 retornou apenas dois anos de busca, estes foram inclusos aos dados da década anterior).

Após as análises realizadas, foram extraídas as métricas quantitativas para a elaboração dos gráficos e tabelas referentes ao número de artigos publicados em cada ano o número de artigo que cada instituição publicou, o número de publicações de cada autor e o país ao qual o mesmo pertence. Os procedimentos metodológicos desenvolvidos neste trabalho estão no fluxograma a seguir (Figura 1).



**Figura 1.** Fluxograma com os procedimentos metodológicos da pesquisa. Fonte: Autora (2022)

### 2.3 Mapeamento Bibliométrico

A construção das redes de termos foi realizada usando o programa *VOSviewer*, um *software* elaborado para análise bibliométrica de literatura científica (VAN ECK; WALTMAN, 2014) que utiliza a técnica de mapeamento VOS para a visualização de similaridades e permitir o desenvolvimento de mapas bibliométricos. O *software* foi



utilizado para a confecção de mapas baseados em dados de coocorrências entre os termos. O uso desse *software* baseou-se na possibilidade do mesmo ser executado em muitas plataformas de *hardware*, sistemas operacionais, ser gratuito e ainda a possibilidade de ser utilizado diretamente da internet (VAN ECK; WALTMAN, 2014; VAN NUNEN *et al.*, 2018).

Os mapas bibliométricos produzidos no *VOSviewer* utilizam de princípios relacionados a mineração de texto (ECK; WALTMAN, 2010). Nesta etapa, foram realizadas análises sobre as relações de cocitação entre publicações, pesquisadores e palavras-chave. A análise das palavras-chave mostra a conexão entre termos relacionados, proporcionando a divisão em grupos denominados *clusters*, que agrupa todos os termos considerados similares.

Para definir o método de contagem, a seleção padrão usa o *full counting*, correspondente à contagem total, onde cada link de coocorrências tem o mesmo peso, o que significa que todas as ocorrências do termo no documento serão contadas (palavras isoladas ou expressões), enquanto o *binary counting* apenas observa a presença ou não do termo existente no documento (ECK; WALTMAN, 2014). Para essa pesquisa utilizou-se o método de contagem *full counting*.

Para a criação dos *clusters* foi elaborado um arquivo *thesaurus*, que representa um dicionário de sinônimos no formato *txt*, onde tem a palavra da forma como está o *label* e *replace by* que é a maneira como é pra ficar o termo (WALTMAN; VAN ECK; NOYONS, 2010). O *thesaurus* é utilizado para realizar a limpeza dos termos, podendo ignorar alguns, excluir outros, alterar a forma de escrita de determinado termo e/ou unificar termos que tem significados semelhantes.

As representações gráficas expressas nos mapas relacionam a proporcionalidade de similaridades e coocorrências de termos nas publicações. No mapa, quanto menor for a distância entre dois termos, mais forte os termos são correlacionados (ECK; WALTMAN, 2010).

A sistematização dos dados bibliométricos foi realizada no pacote estatístico *Bibliometrix*, uma ferramenta de código aberto disponível na linguagem de programação estatística R *Studio*, utilizada para realização de análises abrangentes de mapeamento de publicações científicas (ARIA; CUCCURULLO, 2017). No aplicativo R *Studio* foram ativados os seguintes códigos de comando do *Bibliometrix*: *install.packages("bibliometrix")*

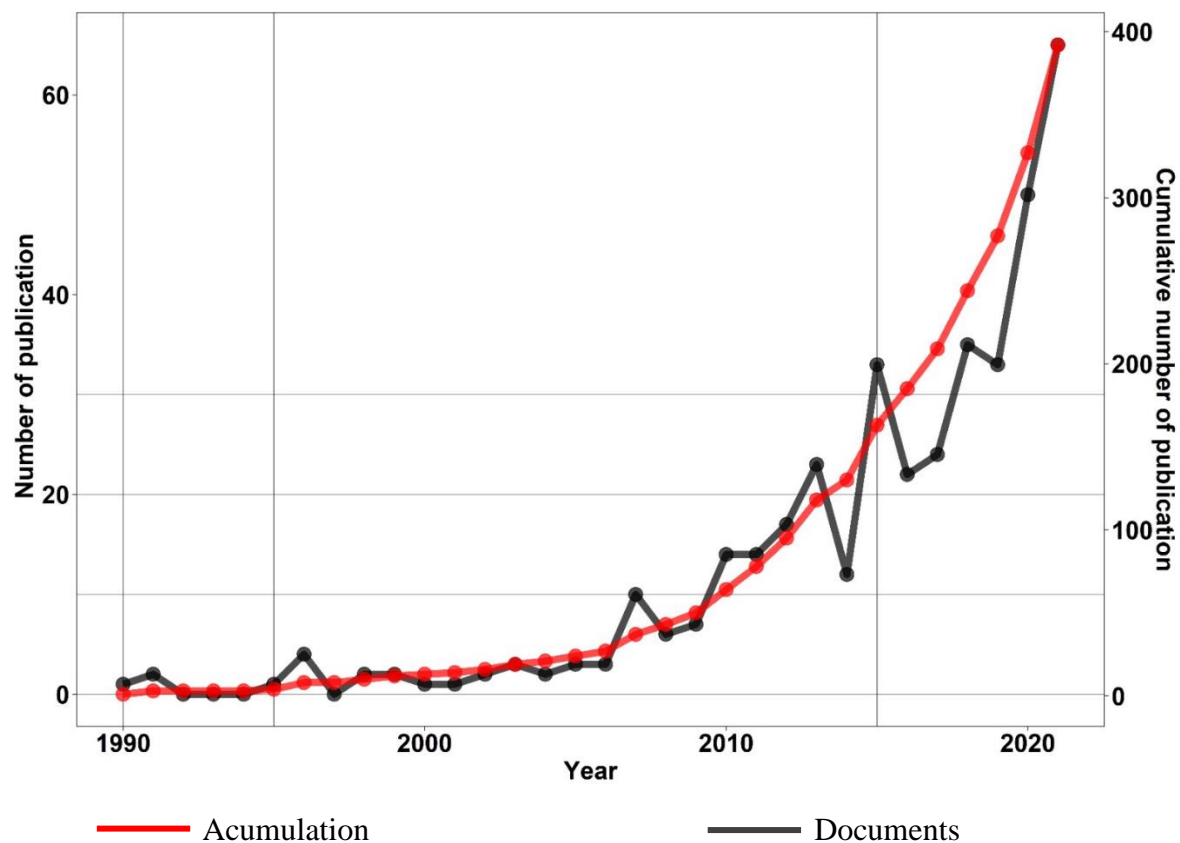
para instalar a biblioteca de dados e códigos de execução do *Bibliometrix*; e *library (bibliometrix), biblioshiny ()*. A tabela de resultados das publicações científicas foi inserida no pacote *Bibliometrix*, na qual foram analisadas as informações de afiliações, universidades, autores.

Com o aporte de um *software* R foram aplicados os dados referentes ao quantitativo de publicações por países, os quais foram classificados manualmente por ajuste do histograma de frequências, na tentativa de melhor apresentar os valores dispostos nos mapas temáticos. Foi criado também gráfico representativo da evolução anual das publicações e o acumulado de publicações.

Ao final das análises, selecionou-se 10% dos artigos mais citados de cada década para a realização da leitura completa, com o objetivo de compreender as principais metodologias utilizadas para relacionar a manutenção de corpos hídricos e as mudanças de uso e cobertura da terra. As informações obtidas da leitura foram fundamentais para compreender a evolução do objeto de estudo.

### **3. RESULTADOS**

Após as etapas de processamento dos dados bibliográficos e filtragem manual, a amostra final ficou com 392 artigos no período de 1990 a 2021, com um crescimento anual de 16,72% ao ano, sendo o pico máximo de publicação em 2021 com 65 artigos e o mínimo de 1 artigo nos anos 1990, 1995, 2000 e 2001. De acordo com o gráfico de acumulação apresentado na Figura 2, fica claro uma tendência crescente no número de publicações ao longo dos anos, demonstrando picos nos anos de 2015 e 2019 com 33 artigos, 2018 com 35 artigos e 2021 com 65 artigos.



**Figura 2.** Artigos publicados por ano. Fonte: Autora (2022)

Esse aumento significativo verificado no ano de 2021 demonstra a importância do tema a nível global, e uma crescente tendência na associação do estudo do uso e cobertura da terra com aplicação de geotecnologias.

Diversos pesquisadores corroboram com tema “influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos”, sendo um total de 1000 pesquisadores, o que corresponde a uma média de 2,5 autores por documento. A análise da produção científica mostra que o principal contribuinte acerca do tema (Figura 3) são autores com afiliações chinesas.

### Authors' Production over Time

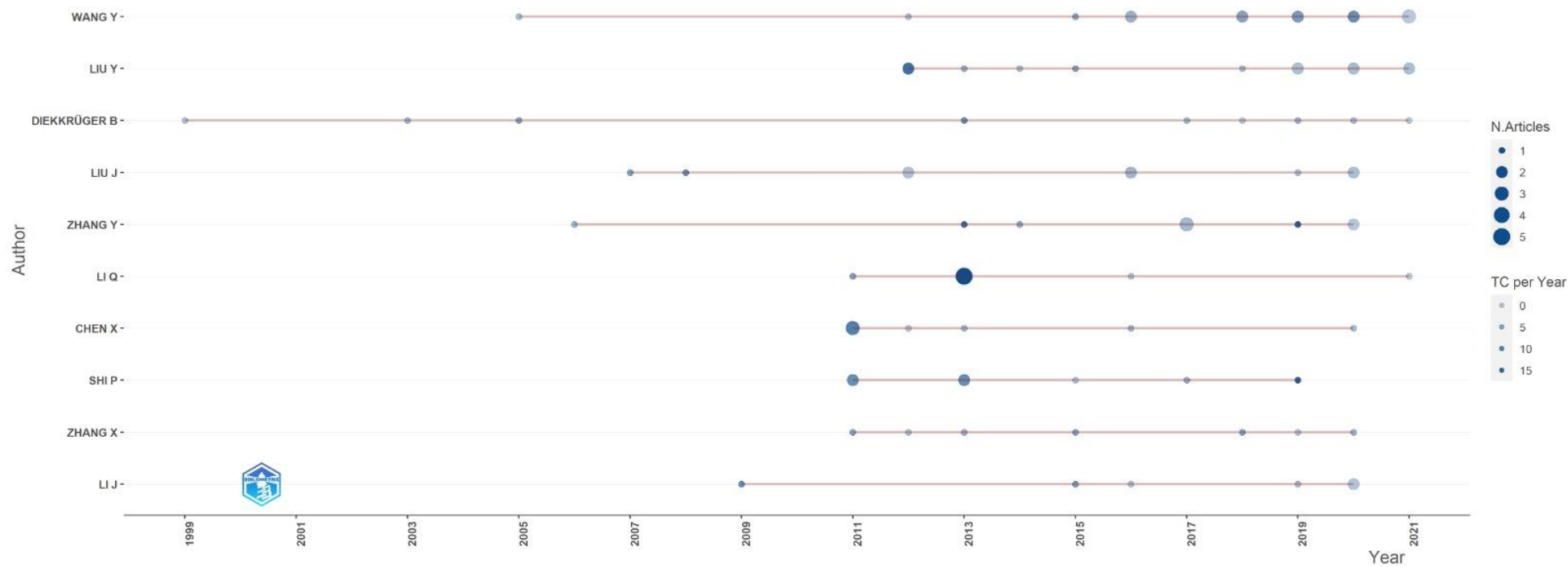
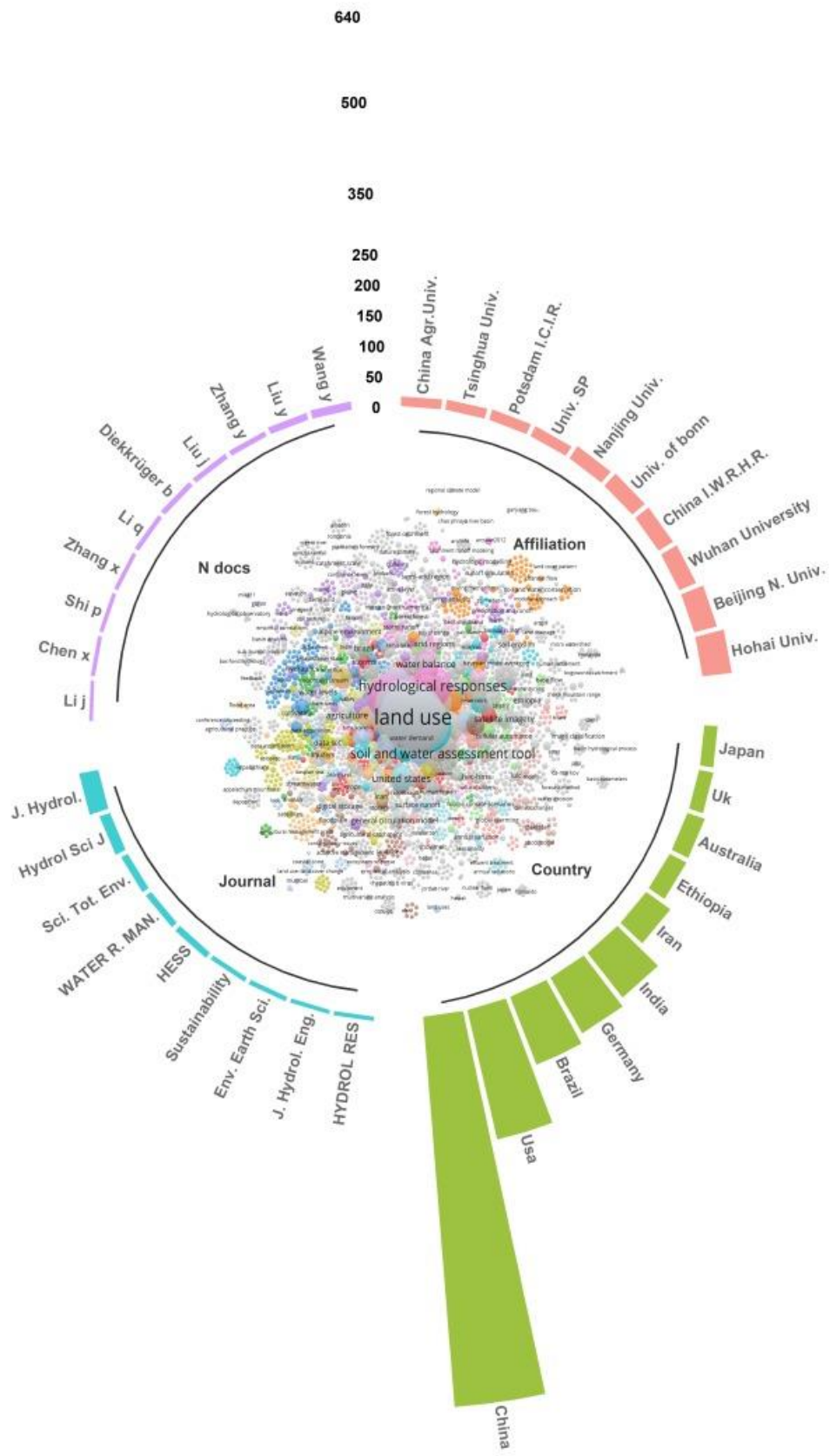


Figura 3. Principais autores. Fonte: Autora (2022)

A autora Wang Y. é a que possui uma maior quantidade de artigos publicados, desde a sua primeira publicação em 2005, o que ratifica sua contribuição sobre o tema. Destaque para o artigo mais citado “*Runoff sensitivity increases with land use/cover change contributing to runoff decline across the middle reaches of the Yellow River basin*” que aborda como grandes mudanças no clima e uso/cobertura da terra podem afetar os processos hidrológicos e o escoamento superficial (WANG, Y; WANG, S; WANG, C; ZHAO, 2021).

O autor Diekkrüger B é o que permaneceu mais tempo com publicações sobre o tema desde a sua primeira publicação em 1999, sua contribuição se mantém constante nos estudos relacionados ao tema, evidenciando o artigo que foi citado noventa e uma vezes “*A comparison of hydrological models for assessing the impact of land use and climate change on discharge in a tropical catchment*” e trata como adequar os diferentes tipos de modelos para simular cenários de comportamento futuro de descarga em uma bacia hidrográfica da África Ocidental, no contexto de mudanças climáticas e de uso da terra (CORNELISSEN; DIEKKRÜGER; GIERTZ, 2013).

Dentre os artigos publicados em 158 periódicos, a Figura 4 mostra os nove principais. Os periódicos com maior número de publicações estão relacionados à temas ligados a influência das mudanças do uso e cobertura da terra e a manutenção de corpos hídricos como: *Hydrological Processes* com 38 artigos, *Journal Of Hydrology* com 32, *Hydrological Sciences Journal* com 18, *Science Of The Total Environment* com 12 e *Hydrology And Earth System Sciences* com 11. O periódico *Hydrological Processes* possui publicações que trata sobre o uso e cobertura da terra desde 1990 até o ano de 2021.



**Figura 4.** Visualização em rede com os principais periódicos, países, afiliações e autores. Fonte: Autora (2022)

A amplitude de possibilidade de estudos atribuídos a influência do uso e cobertura para manutenção de corpos hídricos tem proporcionado produções científicas globais concentradas em áreas diversificadas das ciências. Dentre as pesquisas agregadas à base *Scopus*, observa que as publicações científicas estão inseridas, na sua maioria, no contexto das Ciências Ambientais, Ciências da Terra e Planetária, Ciências Agrárias e Biológicas, Engenharia e Ciências Sociais.

A distribuição geográfica das mais de trezentas publicações contou com a participação de 66 países, o que denota a relevância e o interesse dos cientistas na pesquisa em nível global. A Figura 4 mostra a distribuição geográfica das produções científicas, destacando o montante de publicações por países dos últimos trinta e um anos. Com isso foi possível constatar a liderança da China com 143 publicações, seguido dos Estados Unidos com 80. Destaca-se também o Brasil, Alemanha, Índia.

O artigo *“The impacts of climate change and land cover/use transition on the hydrology in the upper Yellow River Basin”* de autores chineses mostra que as atividades humanas, como agricultura, indústria e urbanização, é intensa no país e as mudanças na cobertura/uso da terra são inevitáveis, com isso a importância de realizar pesquisas para minimizar as ações antrópicas sobre o meio ambiente (CUO; ZHANG; GAO; HAO; CAIRANG, 2013).

A Figura 4 ratifica o entendimento do cenário das dez principais afiliações, ou seja, das associações científicas que possuem o maior quantitativo de publicações sobre a influência do uso e cobertura para a manutenção de corpos hídricos.

A China possui a maior representatividade nas afiliações, pois das dez principais afiliações, nove são de instituições e órgãos do país. Foram identificadas 614 instituições de ensino, totalizando 392 publicações de artigos, com uma média de 1,6, a máxima 23 artigos e a mínima de 1 publicação por instituição. Observa-se que na liderança das afiliações está o Universidade de Hohai com 23 publicações, que corresponde a agência promotora de pesquisas científicas na China, e contribui para que o país tenha posição de destaque em publicações, seguida da Universidade Normal de Beijing com 16 publicações. Foram identificadas, ainda, 449 instituições que possuem somente uma publicação cada.

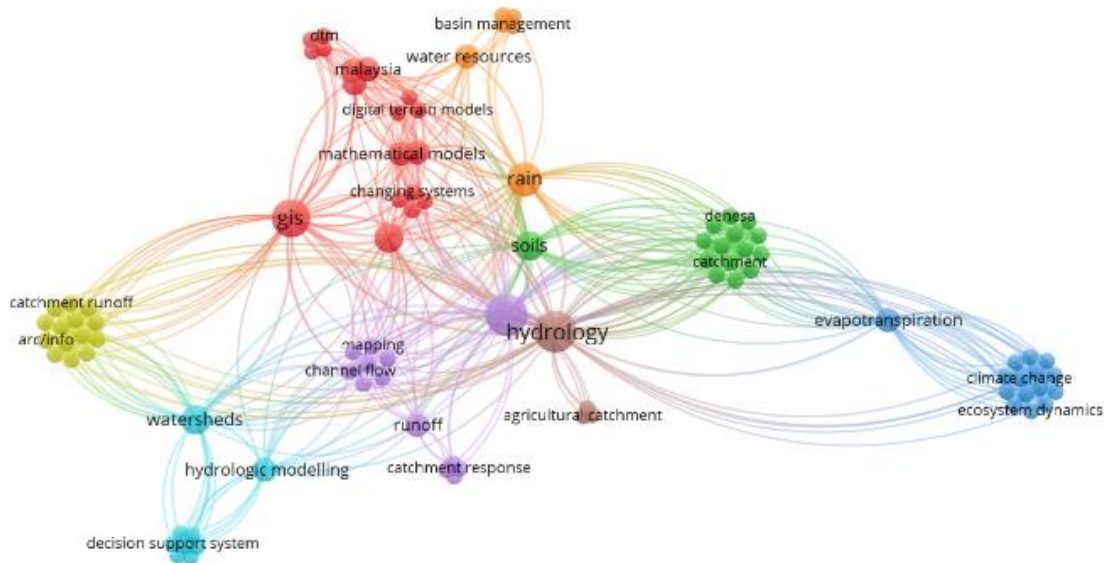
A análise de palavras-chave em contribuições científicas é fundamental para identificação de tendências num determinado campo (CHOI *et al.*, 2011). Palavras-chave são utilizadas para identificar o foco de uma investigação. Autores tendem a enumerar uma série

de palavras-chave que facilitam o enquadramento da ciência, contribuição dos assuntos mais estreitamente relacionado com o tema abordado no seu estudo. É também frequente que os revisores e especialmente os editores expandam essa informação com palavras-chave adicionais obtidas a partir de bases de dados baseadas no texto do tema da publicação (ZHUANG *et al.*, 2013).

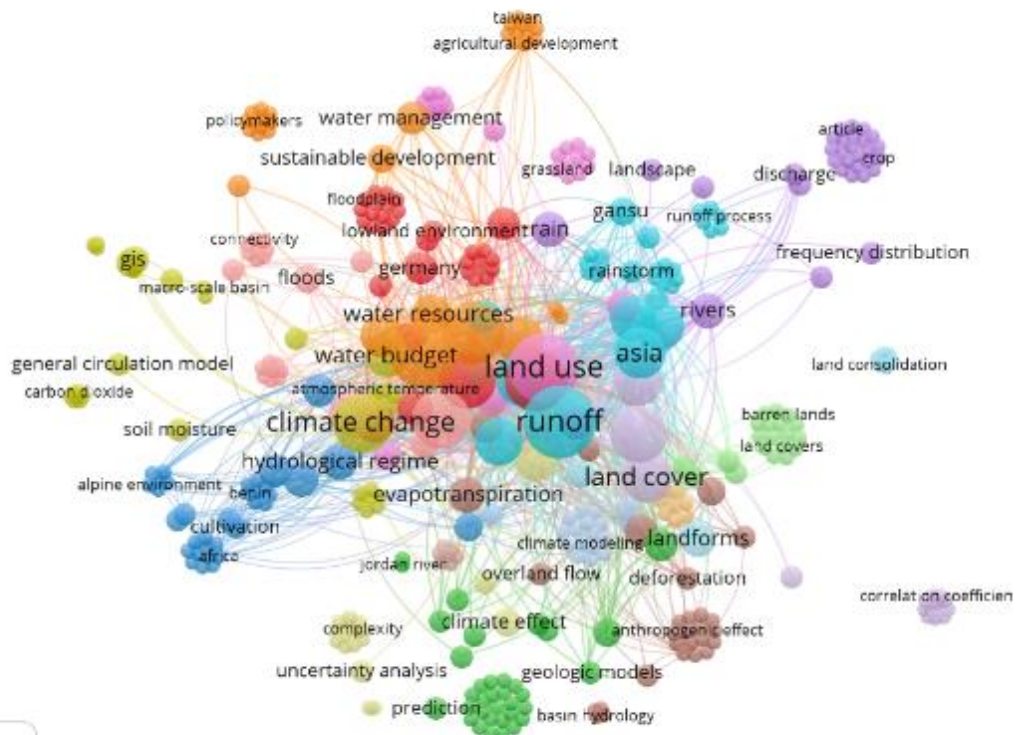
Os *clusters* são frequentemente as que têm maior probabilidade de interagir entre si do que com os membros de outros agrupamentos (DE LA CRUZ-LOVERA *et al.*, 2017). Segundo a análise de rede, os itens são representados por nós e arestas. Nesta pesquisa, os nós são objetos como coocorrências de palavras. Entre qualquer par de nós pode haver uma aresta. Uma aresta é uma conexão ou uma relação entre dois nós. A distância entre dois nós na visualização indica aproximadamente a relação dos termos de busca em termos de coocorrências. O tamanho de um rótulo em um nó é determinado pelo peso de um item em uma rede (VAN ECK; WALTMAN; NAYONS; BUTER, 2010). As redes de palavras para os períodos de 1990-1999, 2000-2009 e 2010-2019 estão representadas na Figura 5.



a)



b)





apresenta termos ligados a chuva como “gestão de bacia”, “uso da terra”, “sistema de informações geográficas”. E ao final o *cluster* 8 apresenta o termo “hidrologia” ligado a “prática agrícola “e “modelo hidrológico”.

A análise dessa rede reflete que na década analisada (1990-1999) iniciou-se o processo de utilização dos satélites como o Landsat MSS para monitoramento do uso e cobertura da terra e a relação com corpos hídricos, além da utilização do ArcInfo, um sistema de informações geográficas completo produzido pela ERSI. Compreender os efeitos do uso da terra, redistribuição da água e mudança climática é importante para desenvolver uma melhor avaliação dos limites ecológicos, sociais e econômicos da região. Embora haja influência a respostas ecológicas e hidrológicas diretas ao clima e uso da terra, não se sabe o suficiente sobre consequências mais sutis, como os processos da superfície da terra e a variabilidade climática (PIELKE *et al.*, 1997; STEYAERT *et al.*, 1997).

Na rede do período que corresponde de 2000 a 2009, houve 38 publicações e dezessete *clusters* (Figura 5b), sendo que os principais termos foram “uso do solo”, “mudanças climáticas”, “escoamento”, “hidrologia”, “cobertura da terra” e “recursos hídricos”. Nos *clusters* 1, 7, 11 e 17 os termos “modelagem hidrológica”, “alterações de uso da terra”, “bacia hidrográfica”, retratam os avanços dos estudos. À medida que as alterações climáticas e a cobertura do solo mudam ao longo do século XXI, dois grandes impulsionadores da mudança global (OLSON *et al.*, 2008), haverá uma preocupação crescente de que a sustentabilidade dos recursos de água doce estará ameaçada em muitas partes do mundo.

Em algumas partes do mundo, o estresse hídrico futuro será mais influenciado por fatores não climáticos, como o aumento da demanda de água alimentada pelo crescimento populacional e desenvolvimento econômico (VÖRÖSMARTY *et al.*, 2000; ALCAMO *et al.*, 2007). Os *clusters* 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15, relaciona “calibração”, “modelo hidrológico”, “bacias hidrográficas” com “mudança de uso/cobertura da terra”, “rios”, “intensidade de precipitação”. No *clusters* 6 os termos “escoamento”, “processos hidrológicos” estão interligados a “China” e “Ásia”. Os *clusters* 3 e 4 destaca estudos sobre “regime hidrológico”, “solos”, “infiltração”, “cultivo” e “sistema de informações geográfica” ligado as “mudanças globais”. O *cluster* 16 é composto por 6 itens e os mesmos estão mais restritos entre si com termos do tipo “análise espaço temporal”, “mudança de uso e cobertura da terra”. Para melhor compreender as mudanças no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é necessário o conhecimento da resposta natural do escoamento superficial às mudanças climáticas e a

quantificação dos impactos das atividades humanas no escoamento fluvial (XU *et al.*, 2008). Mudanças no uso da terra induzidas por atividades humanas, como desmatamento ou reflorestamento, desenvolvimento agrícola e construção urbana, têm efeitos diretos sobre os processos hidrológicos (FOHRER *et al.*, 2001).

Na rede 2010 a 2021 houve 342 publicações com cinquenta e cinco *clusters* (Figura 5c), nos quais os termos principais foram “bacias hidrográficas”, “processos hidrológicos”, “uso da terra”, “modelo hidrológico” e “mudança climática”. Nos *clusters* 1, 2, 4 e 7 os termos “modelagem hidrológica”, “uso da terra”, “bacia hidrográfica” e “SWAT” demonstram um avanço no uso de *softwares* para compreender os processos de mudanças. Os *clusters* 3, 4, 5, 6 relaciona termos como “hidrologia”, “captação”, “rios”, “mudança de uso da terra” ligados a “agricultura”.

Nas últimas décadas, as mudanças no uso e cobertura da terra são mais evidenciadas devido à urbanização, desmatamento e mudanças nas práticas agrícolas, que impactam os processos hidrológicos alterando taxa de infiltração, evapotranspiração e, portanto, os recursos hídricos (MAO; CHERKAUER, 2009; RIENTJES *et al.*, 2011; ROSE; PETERS, 2001).

A utilização de modelos como as Ferramentas de Avaliação de Solo e Água (SWAT), possuem diversas vantagens como a capacidade de simular processos hidrológicos usando plataformas do Sistema de Informações Geográficas (GIS), com o Modelo Digital de elevação (DEM), tipos de solo, LULC e dados meteorológicos (DIPAK; SHIRISH, 2021). Além disso, o modelo SWAT é amplamente utilizado e reconhecido como um dos principais modelos hidrológicos para abordar questões hidrológicas e ambientais em todo o mundo (AKOKO *et al.*, 2021).

A rede total de 1990 a 2021 engloba 3047 termos separados em cinquenta e dois *clusters* (Figura 4), nos quais estão evidenciados os termos “uso da terra”, “bacia hidrográfica”, “impacto da mudança climática”, “modelo hidrológico”, “SWAT”, “urbanização”, “agricultura” e “vegetação”. Esses termos estão no centro das redes de interação, mostrando a importância dos mesmos e de como a discussão sobre a influência do uso e cobertura da terra é necessária para a manutenção de corpos hídricos e dos diversos fatores que podem influenciar esse processo.

Em um estudo sobre a quantificação dos impactos na mudança da cobertura da terra nas respostas hidrológicas na bacia do rio Mahanadi, na Índia, os autores afirmam que eventos recorrentes de inundação que ocorrem na bacia podem ser influenciados pelas mudanças no

LULC na escala da bacia hidrográfica (NAHA; RICO-RAMIREZ; ROSOLEM; 2021). No entanto, o aumento projetado na precipitação devido às mudanças climáticas pode ter um efeito mais pronunciado sobre o fluxo nesta bacia, especialmente os fluxos extremos (ASOKAN; DUTTA, 2008; GHOSH *et al.*, 2010; JIN *et al.*, 2018), ocultando assim os impactos hidrológicos das mudanças LULC.

O *cluster* 3 relaciona “modelo hidrológico”, “bacias hidrográficas” com “mudança de uso/cobertura da terra”, “rios”, “intensidade de precipitação”. No *cluster* 6 os termos “escoamento”, “processos hidrológicos” estão interligados a “China” e “Ásia”. Os *clusters* 5 e 4 destacam estudos sobre “regime hidrológico”, “solos”, “infiltração”, “cultivo” e “sistema de informações geográfica” ligados as mudanças globais. O *cluster* 16 é composto por 6 itens e os mesmos estão mais restritos entre si com termos do tipo “análise espaço temporal”, mudança de uso e cobertura da terra. Para melhor compreender as mudanças no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é necessário o conhecimento da resposta natural do escoamento superficial às mudanças climáticas e a quantificação dos impactos das atividades humanas no escoamento fluvial (XU *et al.*, 2008).

Nos demais *clusters* destaca-se termos como “intensificação da agricultura”, “resposta hidrológica”, “atividades humanas”, “alterações climáticas”. De acordo com estudos sobre as mudanças no uso da terra induzidas por atividades humanas, como desmatamento, reflorestamento, desenvolvimento agrícola e construção urbana, têm efeitos diretos sobre os processos hidrológicos (FOHRER *et al.*, 2001).

#### **4. DISCUSSÃO**

Com base nas análises bibliométricas realizadas é possível notar uma crescente no número de publicações de artigos científicos ao longo do período de 1990 a 2021, indicando ainda uma tendência de crescimento para os próximos anos. O comportamento do crescimento durante a série temporal analisada pode ser explicado frente ao cenário atual de alterações do uso e ocupação da terra e de eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes e intensos e a indicação de que sejam criados e aprimorados mecanismos para a gestão de bacias hidrográficas, de modo a aliar as preocupações acerca dos impactos ambientais com a conservação dos mananciais, a sua utilização racional e a garantia de acesso a água, para promover efetivamente o bem estar de todos, a preservação do meio ambiente e resolução dos conflitos relacionados à questão hídrica (AMARAL; RIOS, 2012).

A primeira década analisada, que corresponde aos anos de 1990 a 1999, possui uma quantidade pequena de artigos (total de doze), o que corresponde a 1,2 artigos anuais, e as pesquisas realizadas nesse período eram bem restritas com uma abordagem mais conceitual e descritiva sobre o tema. Isso pode ser explicado devido à incerteza dos fatores que mais influenciavam os processos hidrológicos, tais como: a variabilidade espacial dos solos, topografia, uso e cobertura da terra, clima e mudanças no manejo induzidos pelo homem. Com o passar dos anos e o aprimoramento dos estudos sobre o tema, destaca-se o período de 2015 a 2021 que corresponde a aproximadamente 80% das publicações.

Outra abordagem da pesquisa que se deve levar em consideração é o início da modelagem de recursos hídricos usando entradas de dados espaciais. Os dados de satélites do Landsat MSS com 80 m de resolução, utilizados para monitoramento do uso e cobertura da terra e dos processos hidrológicos, podem ter dificultado alguns processos não visíveis com essa resolução. Quanto a disponibilidade de dados, um dos tradicionais problemas com relação aos estudos hidrológicos em ambientes áridos e semiáridos é a escassez dos mesmos, pois na maioria dos casos o monitoramento das bacias começaram apenas recentemente, dando origem a curtos períodos de registro de dados (EL-HAMES; RICHARDS, 1994).

No segundo período de análise entre 2000 e 2009, foram produzidos 38 artigos, uma média de 3,8 artigos por ano, com abordagens mais voltadas aos efeitos das mudanças climáticas para a manutenção de corpos hídricos, combinando as alterações do clima com o acelerado desenvolvimento urbano e as atividades antrópicas; a partir da utilização das geotecnologias, com integração da técnica GIS com a modelagem de modificações na terra ao longo dos anos.

Os benefícios associados à utilização de SIG na análise de bacias hidrográficas e hidrológica incluem melhorias na precisão, armazenamento facilitado de mapas, flexibilidade, facilidade de partilha de dados, maior eficácia e maior complexidade do produto (OGDEN *et al.*, 2001). Um dos artigos do período, do autor Eldho, Ti (2009) do Instituto Indiano de Tecnologia Bombaim, utiliza modelagem e caracterização integradas de bacias hidráulicas usando SIG e técnicas de detecção remota para identificação de mudanças no uso e cobertura da terra em bacias hidrográficas.

Segundo Giertz *et al.* (2005), os estudos realizados avaliando os efeitos da mudança do uso da terra nas propriedades físicas do solo e processos hidrológicos no ambiente tropical subúmido da África Ocidental confirmaram que a redução da permeabilidade em razão de

processo erosivos fez com que, nos campos, ocorresse maior escoamento superficial em comparação com a vegetação natural. As medidas de escoamento superficial e perda de solo em parcelas de erosão mostram diferenças significativas entre diferentes culturas e sistemas de preparo do solo.

No último período analisado, entre 2010 e 2021, foram produzidos 342 artigos, uma média de 28,5 artigos por ano. Os temas estão mais voltados para os efeitos das mudanças climáticas, atividades antrópicas e influências desses fatores nas mudanças de uso e cobertura da terra, aliado a isso tem sido empregado modelos para simulação e imagens de satélites com resoluções espaciais mais apuradas.

Os processos hidrológicos mudam a partir dos impactos da variabilidade climática e das atividades humanas (ZHANG, Y *et al.*, 2014). Com o aumento da variabilidade da precipitação e da temperatura do ar, a água se move em diferentes taxas e quantidades em vários períodos do ciclo hidrológico. Mudanças espaciais e temporais no regime de escoamento potencialmente ameaçarão a sustentabilidade dos recursos hídricos regionais (CHANG; JUNG, 2010).

As mudanças no uso e cobertura da terra e as alterações climáticas causam, de forma individual, modificações no balanço hídrico, mas são mais significativas quando vários fatores são combinados, em particular para a produção/descarga anual de água, escoamento superficial e recarga de aquíferos (GABIRI *et al.*, 2020). Segundo os mesmos autores, o aumento na evapotranspiração é impulsionado pelo efeito combinado da mudança de precipitação anual e da gestão da LULC em níveis de conservação.

Com relação aos países com maior número de publicações, a China ocupa o primeiro lugar, seguida pelos Estados Unidos, Brasil, Alemanha e Índia sendo o Brasil o terceiro país com maior número de artigos publicados e indexados na base da *Scopus*. Esse *ranking* sobre o número de publicações por países pode estar relacionado ao investimento aplicado em educação, ciência e tecnologia.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Esta pesquisa bibliométrica traz como grande elemento científico os padrões e tendências de crescimento exponencial acerca de estudos que abordam a temática, visando compreender como os estudos sobre o uso e cobertura da terra e a influência nos corpos hídricos tem evoluído ao longo dos anos.

Com essa pesquisa foi possível determinar os padrões encontrados nas publicações

científicas relacionados com a temática da influência do uso e cobertura da terra para a manutenção de corpos hídricos. Observou-se que o aumento dos termos e abordagens foi gradativo e acentuado de acordo com o avanço das pesquisas, do uso e evolução das geotecnologias, dos modelos de simulação, bem como com a mudança da visão ambiental e a importância de compreender como o meio ambiente tem sido impactado em razão das atividades antrópicas.

Com relação aos pesquisadores e a distribuição espacial entre eles, pode-se afirmar que o tema é assunto de pesquisa global e o conhecimento está sendo consolidado com colaboração entre diferentes países e organizações. Para isso, diversos tipos de dados e abordagens teóricas e metodológicas foram utilizadas para relacionar as mudanças de uso da terra e a influência para a manutenção de corpos hídricos.

Vale ressaltar ainda que, apesar da importância e do volume de publicações encontradas acerca do tema, ainda existem lacunas do conhecimento científico. Ao longo da presente análise bibliométrica constatou-se que se faz necessário um maior número de estudos relacionados a dinâmica de uso e cobertura da terra em domínios morfoclimáticos da Caatinga, Mata Atlântica e Cerrado no Brasil. Além disso, é imprescindível ampliar o número de pesquisas que relacionem, nos biomas supracitados, outros fatores ao processo de manutenção dos recursos hídricos, como o efeito das mudanças climáticas; auxiliando assim na elaboração de políticas públicas que visam a gestão de bacias hidrográficas, sobretudo, a conservação do meio ambiente.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AMARAL, A. B.; RIOS, A. S. **Geoprocessamento: mapeamento do uso e ocupação do solo no alto curso do rio Piedade**. Revista de Geografia, v. 02, n. 01, p. 1-8, 2012.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis**, Journal of Informetrics, 11(4), pp 959-975, Elsevier, 2017.

AKOKO, G.; LE, TH; GOMI, T.; KATO, T. **A Review of SWAT Model Application in Africa**. *Water* 2021, 13, 1313. <https://doi.org/10.3390/w13091313>

ALCAMO, J., FLÖRKE, M. AND MÄRKER, M. 2007: **Future long-term changes in global water resources driven by socio-economic and climatic changes**. Hydrological Sciences 52, 247–75.

AS EL-HAMES, KS RICHARDS **Progresso na modelagem de chuva-escoamento em terras áridas** Programa Física Geogr., 18 (3) (1994), pp. 343-365.



ASOKAN, S. M.; DUTTA, D.: **Analysis of water resources in the Mahanadi River Basin, India under projected climate conditions**, Hydrol. Process. An Int. J., 22, 3589–3603, 2008.

BERIHUN, ML, TSUNEKAWA, A., HAREGEWEYN, N., MESHESHA, DT, ADGO, E., TSUBO, M., MASUNAGA, T., FENTA, AA, SULTAN, D., YIBELTAL, M. E EBABU, K.: **Hydrological responses to land use/land cover change and climate variability in contrasting agroecological environments of the Upper Blue Nile basin, Ethiopia**, Sci. Total Environ., 689, 347–365, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.338> , 2019.

BOSCH, JM E HEWLETT, JD: **A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water production and evapotranspiration**, J. Hydrol., 55, 3–23, [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(82\)90117-2](https://doi.org/10.1016/0022-1694(82)90117-2) , 1982.

BROWN, A. E.; ZHANGB, L.; MCMAHONC, T. A.; WESTERNC, A. W.; VERTESSYB, R. A. **A review of paired catchment studies for determining changes in water yield resulting from alteration**. Journal of Hydrology, v. 310, n. 1-4, p. 28-61, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.12.010>.

BUENDIA, C.; BUSSI, G.; TUSET, J.; VERICAT, D.; SABATER, S.; PALAU, A.; BATALLA, RJ. **Effects of afforestation on runoff and sediment load in an upland Mediterranean catchment**. Science of Total Environment, v. 540, p. 144-157, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.005>.

CAFÉ, L.; BRASCHER, M. **Organização da informação e bibliometria**. Encontros Bibli:Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação, Florianópolis, n. esp., 1ºsem.2008.

CORNELISSEN, T.; DIEKKRÜGER, B.; GIERTZ, S. **A comparison of hydrological models for assessing the impact of land use and climate change on discharge in a tropical catchment**, Journal of Hydrology, Volume 498, 2013, Pages 221-236, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.016>.

CHOI, J., YI, S., LEE, K.C., 2011. **Analysis of keyword networks in MIS research and implications for predicting knowledge evolution**. Inf. Manag. 48:371–381. <https://doi.org/10.1016/J.IM.2011.09.004>.

COSTA, MH, BOTTA, A., E CARDILLE, JA: **Efeitos de mudanças em grande escala na cobertura da terra na descarga do rio Tocantins, sudeste da Amazônia**, J. Hydrol., 283, 206–217, [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(03\)00267-1](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(03)00267-1) , 2003.

CUO, L.; ZHANG, Y.; GAO, Y.; HAO, Z.; CAIRANG, L. (2013). **The Impacts of Climate Change and Land Cover/Use Transition on the Hydrology in the Upper Yellow River Basin, China**. Journal of Hydrology. 502. 37-52. [10.1016/j.jhydrol.2013.08.003](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.08.003).

DE LA CRUZ-LOVERA, C., PEREA-MORENO, A.J., DE LA CRUZ-FERNÁNDEZ, J.L., ALVAREZ-BERMEJO, J.A., MANZANO-AGUGLIARO, F., 2017. **Worldwide research on energy efficiency and sustainability in public buildings**. Sustainability 9. <https://doi.org/10.3390/su9081294>.

DIPAK R. S, SHIRISH S. G, **Assessing the impacts of land use and land cover change on water resources in the Upper Bhima river basin, India**, Environmental Challenges, Volume 5, 2021, 100251, ISSN 2667-0100, <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100251>.

ELSEVIER. 2020. Disponível em: < <https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>> Acesso em março 2020.

FOHRER N, HAVERKAMP S, ECKHARDT K, FREDE HG. 2001. **Resposta hidrológica às mudanças de uso da terra na escala de captação. Física e Química da Terra (B) 26: 577 – 582.**

FOLEY, JA, DEFRIES, R., ASNER, GP, BARFORD, C., BONAN, G., CARPENTER, SR, CHAPIN, FS, COE, MT, DAILY, GC, GIBBS, HK, HELKOWSKI, JH, HOLLOWAY, T., HOWARD, EA, KUCCHARIK, CJ, MONFREDA, C., PATZ, JA, PRENTICE, IC, RAMANKUTTY, N., AND SNYDER, PK: **Global consequences of land use**, Ciência, 309, 570–574, <https://doi.org/10.1126/science.1111772>, 2005.

GABIRI, G.; DIEKKRÜGER, B.; NÄSCHEN, K.; LEEMHUIS, C.; VAN DER LINDEN, R.; MAJALIWA, J.-G.M.; OBANDO, J.A. **Impact of Climate and Land Use/Land Cover Change on the Water Resources of a Tropical Inland Valley Catchment in Uganda, East Africa. Climate 2020, 8, 83.** <https://doi.org/10.3390/cli8070083>.

GARG, V., AGGARWAL, SP, GUPTA, PK, NIKAM, BR, THAKUR, PK, SRIVASTAV, SK, E SENTHIL KUMAR, A.: **Assessing the impact of land cover change on the hydrological regime of a watershed, Environ. Earth Sci.**, 76, 1–17, <https://doi.org/10.1007/s12665-017-6976-z>, 2017.

GIERTZ, B. JUNGE, B. DIEKKRÜGER, **Assessing the effects of land use change on soil physical properties and hydrological processes in the sub-humid tropical environment of West Africa, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, Volume 30, Issues 8–10, 2005, Pages 485-496, ISSN 1474-7065, https://doi.org/10.1016/j.pce.2005.07.003.**

GHOSH, S., RAJE, D., MUJUMDAR, P. P.: **Mahanadi streamflow: climate change impact assessment and adaptive strategies**, Curr. Sci. India, 98, 1084–1091, 2010.

GOWRI, R; PANKAJ DEY, P.P. MUJUMDAR, A. **hydro-climatological outlook on the long-term availability of water resources in Cauvery river basin**, Water Security, Volume 14, 2021, 100102, ISSN 2468-3124, <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2021.100102>.

GUEDES, V. L. S.; BORSCHIVER, S. **Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica.** In: CINFOM – Encontro Nacional de Ciência da Informação, 6., 2005, Salvador. Anais... Salvador: ICI/UFBA, 2005.

HAMMAN, JJ, NIJSSEN, B., BOHN, TJ, GERGEL, DR E MAO, Y.: **The Variable Infiltration Model Version 5 (VIC-5): Infrastructure improvements for new applications and reproducibility**, Geosci. Model Dev., 11, 3481–3496, <https://doi.org/10.5194/gmd-11-3481-2018>, 2018.

JIN, L., WHITEHEAD, P. G., RODDA, H., MACADAM, I., AND SARKAR, S.: **Simulating climate change and socio-economic change impacts on flows and water quality in the Mahanadi River system, India**, *Sci. Total Environ.*, 637–638, 907–917, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.349>, 2018.

JOB, I. **Bibliometria aplicada aos estudos do campo da Educação Física: confiabilidade, qualidade e relevância nas publicações**. *Motrivivência*, Florianópolis/SC, v. 30, n. 54, p. 18–34, 2018.

LIANG, W.; BAI, D.; WANG, F.; FU, B.; YAN, J.; WANG, S.; YANG, Y.; LONG, D **Quantifying the impacts of climate change and ecological restoration on streamflow changes based on a Budyko hydrological model in China's Loess Plateau**. *Water Resources Research*, v. 51, n. 8, p. 6500–6519, 2015. <https://doi.org/10.1002/2014wr016589>.

MAO, D., CHERKAUER, K. A **Impacts of land-use change on hydrologic responses in the Great Lakes region**, *Journal of Hydrology*, Volume 374, Issues 1–2, 2009, Pages 71–82, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.06.016>.

NAHA, S., RICO-RAMIREZ, M. A., ROSOLEM, R.: **Quantifying the impacts of land cover change on hydrological responses in the Mahanadi river basin in India**, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 6339–6357, <https://doi.org/10.5194/hess-25-6339-2021>, 2021.

OGDEN, F.L., GARBRECHT, J., DEBARRY, P.A., JOHNSON, L.E. (2001). **GIS and distributed watershed models**. II: Modules, Interfaces and Models. *J. Hydrologic Engineering*, ASCE, Vol6, No.6, pp.515–523.

OLSON, J.M., ALAGARSWAMY, G., ANDRESEN, J.A., CAMPBELL, D.J., DAVIS, A.Y., GE, J.J., HUEBNER, M., LOFGREN, B.M., LUSCH, D.P., MOORE, N.J., PIJANOWSKI, B.C., QI, J.G., THORNTON, P.K., TORBICK, N.M., WANG, J. 2008: **Integrating diverse methods to understand climate–land interactions in East Africa**. *Geoforum* 39, 898–911.

PEREZ MATOS, N. E. **La bibliografía, bibliometría y las ciencias afines**. *ACIMED*, v. 10, n. 3, p. 1–2, 2002.

PIELKE, R. A., T. J. LEE, J. H. COPELAND, J. L. EASTMAN, C. L. ZIEGLER, AND C. A. FINLEY. 1997. **Use of USGS-provided data to improve weather and climate simulations**. *Ecological Applications* 7: 3–21.

RIENTJES, T. H. M., HAILE, A. T., KEBEDE, E., MANNAERTS, C. M. M., HABIB, E., STEENHUIS, T. S.: **Changes in land cover, rainfall and stream flow in Upper Gilgel Abbay catchment, Blue Nile basin – Ethiopia**, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 15, 1979–1989, <https://doi.org/10.5194/hess-15-1979-2011>, 2011.

ROSE, S. AND PETERS, N.E. (2001), **Effects of urbanization on streamflow in the Atlanta area (Georgia, USA): a comparative hydrological approach**. *Hydrol. Process.*, 15: 1441–1457. <https://doi.org/10.1002/hyp.218>.

ROGGER, M., AGNOLETTI, M., ALAOU, A., BATHURST, J.C., BODNER, G., BORGA, M., CHAPLOT, V., GALLART, F., GLATZEL, G., HALL, J., HOLDEN, J., HOLKO, L.,

HORN, R., KISS, A., QUINTON, JN, LEITINGER, G., LENNARTZ, B., PARAJKA, J., PETH, S., ROBINSON, M., SALINAS, JL, SANTORO, A., SZOLGAY, J., TRON, S., E VIGLIONE, A.: *Water Resour. Res.*, 53, 5209-5219, <https://doi.org/10.1002/2017WR020723> , 2016.

SANTANA, M. M. M.; MARIANO-NETO, E.; DE VASCONCELOS, R.; DODONOV, P. (2021). **Mapping the research history, collaborations and trends of remote sensing in fire ecology**. *Scientometrics*. 126. 10.1007/s11192-020-03805-x.

SCANLON, B. R.; JOLLY, I.; SOPHOCLEOUS, M.; ZHANG, L. (2007), **global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources**: Quantit. versus quality, *Water Resour. Res.*, 43, W03437, doi:10.1029/2006WR005486.

STEYAERT, L. T., T. R. LOVELAND., W. J. PARTON. 1997. **Land cover characterization and land surface parameterization research**. *Ecological Applications* 7: 1– 3.

TUBIELLO FN VAN DER VELDE M. 2007: **Opções de uso da terra e da água para adaptação e mitigação das mudanças climáticas na agricultura**. Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação, Nova York, NY.

VAN ECK, NJ; WALTMAN, L.; NOYONS, ECM; Buter, RK **Identificação automática de termos para mapeamento bibliométrico**. *Scientometrics* 2010.

VAN NUNEN, K. LI, J. RENIERS, G. PONNET, K **Bibliometric analysis of safety culture research**. *Safety Science*, v. 108, n. August, p. 248–258, 2018.

VÖRÖSMARTY, C.J., GREEN, P., SALISBURY, J. AND LAMMERS, R.B. 2000: **Global water resources: vulnerability from climate chan.**

WALTMAN, L.; VAN ECK, N. J.; NOYONS, E. C. M. A unified approach to mapping and *clustering* of bibliometric networks. *Journal of Informetrics*, v. 4, n. 4, p. 629–635, 2010.

WANG, Y.; WANG, S.; WANG, C.; ZHAO, W. **Runoff sensitivity increases with land use/cover change contributing to runoff decline across the middle reaches of the Yellow River basin**, *Journal of Hydrology*, Volume 600, 2021, 126536, ISSN 0022-1694, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126536>.

WU, J. Thirty years of Landscape Ecology (1987–2017): retrospects and prospects. *Landscape Ecology*, v. 32, n. 12, p. 2225–2239, 2017.

XU J, YANG D, YI Y, LEI Z, CHEN J, YANG W. 2008. **Variação espacial e temporal do escoamento na bacia do rio Yangtze durante os últimos 40 anos**. *Quaternário Internacional* 186: 32 – 42.

ZHANG, T., ZHANG, X., XIA, D., E LIU, Y.: **Uma análise da dinâmica de mudança do uso da terra e seus impactos nos processos hidrológicos na Bacia do Rio Jialing**, *Water*, 6, 3758–3782, <https://doi.org/10.3390/w6123758> , 2014.

ZHANG, X. HARVEY, D. K. HOGG, W. D. YUZYK, R. **Trends in Canadian streamflow.** Water Resources Research, v. 37, n 4, p. 987-998, 2001.

ZHAO, G.; HÖRMANN, G.; FOHRER, N.; ZHANG, Z.; ZHAI, J. **Streamflow trends and climate variability impacts in Poyang Lake Basin, China.** Water Resources Management, v. 24, n. 4, p. 689-706, 2010. <https://doi.org/10.1007/s11269-009-9465-7>.

ZHUANG, Y.; LIU, X.; NGUYEN, T.; HE, Q.; HONG, S. et al. **Global remote sensing research trends during 1991-2010: A bibliometric analysis.** *Scientometrics*, v. 96, n. 1, p. 203–219, 2013

ZHANG, Y., GUAN, D., JIN, C., WANG, A., WU, J. AND YUAN, F. (2014), **Impacts of climate change and land use change on runoff of forest catchment in northeast China.** Hydrol. Process., 28: 186-196. <https://doi-org.ez77.periodicos.capes.gov.br/10.1002/hyp.9564>

## CAPÍTULO 3

### **Como a mudança de uso e cobertura da terra influencia na manutenção de corpos hídricos na bacia hidrográfica do Paraguaçu**

**Adeid Rodrigues Santos Silva**

adeidrodrigues92@gmail.com

**Dr. Marcos Reis Rosa**

mrosa@arcplan.com.br

**Dr. Rodrigo Nogueira de Vasconcelos**

rnuviefspg@gmail.com

#### **RESUMO**

Frente ao cenário atual de alterações do uso e cobertura da terra e os impactos ambientais negativos decorrentes dessas mudanças, é indispensável que sejam criados e aprimorados mecanismos para a gestão de bacias hidrográficas. O objetivo do presente trabalho foi identificar como as alterações do uso e cobertura da terra na bacia do rio Paraguaçu influenciam nas mudanças espaço/temporais da disponibilidade hídrica. A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu está situada no centro leste do estado da Bahia. Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do MapBiomias, no qual utilizou-se as informações dos anos de 1985 a 2021. As séries históricas de vazão foram obtidas das estações fluviométricas da rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da ANA. Visando uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorreram na área de estudo, a bacia foi dividida em bacias de contribuição. De maneira geral, a expansão da agricultura irrigada, o aumento nas áreas de pastagem e a diminuição das florestas podem estar diretamente relacionadas com a depleção dos recursos hídricos na região. Devido às condições atuais de degradação ambiental da bacia, é urgente a implantação de ações que visem à recuperação da sua qualidade ambiental. A redução nos valores de vazão é um fato que requer bastante atenção, pois pode ser um indicativo de déficit hídrico, o que evidencia a necessidade de intervenções que garantam o adequado manejo dos recursos naturais na área da bacia do Paraguaçu.

**Palavras-chave:** Geoprocessamento, MapBiomias, Recursos Hídricos

## ABSTRACT

In view of the current scenario of land use and land cover changes and the negative environmental impacts resulting from these changes, it is essential to create and improve mechanisms for watershed management. The objective of the present work was to identify how land use and land cover changes in the Paraguaçu river basin influence spatial/temporal changes in water availability. The Paraguaçu river basin is located in the central eastern part of the state of Bahia. The land use and land cover data were obtained from MapBiomas, which used information from 1985 to 2021. The historical flow series were obtained from the fluviometric stations of the hydrometeorological network of ANA's Hydrological Information System (Hidroweb). Aiming at a better understanding of the phenomena that occurred in the study area, the basin was divided into contributing basins. In general, the expansion of irrigated agriculture, the increase in pasture areas and the decrease of forests can be directly related to the depletion of water resources in the region. Due to the current conditions of environmental degradation of the basin, it is urgent to implement actions aimed at the recovery of its environmental quality. The reduction in flow values is a fact that requires close attention, as it may be an indication of water deficit, which highlights the need for interventions that ensure the proper management of natural resources in the Paraguaçu basin area.

**Keywords:** Geoprocessing, MapBiomas, Water Resources

## 1. INTRODUÇÃO

Frente ao cenário atual de alterações do uso e cobertura da terra e de eventos climáticos extremos cada vez mais frequentes e intensos, é indispensável que sejam criados e aprimorados mecanismos para a gestão de bacias hidrográficas. Dessa forma, visando garantir o direito de acesso e o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos, promulgou-se em 1997 a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433, que dispõe sobre consolidação da gestão dos recursos hídricos no Brasil, com o propósito de assegurar disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados para as presentes e futuras gerações.

Esse foi um grande avanço para o gerenciamento dos recursos hídricos no país, de modo que foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), o qual passou a considerar as bacias hidrográficas como unidades territoriais básicas para planejamento e gestão dos recursos hídricos, e reconhecer a água como bem finito, de uso público, vulnerável e dotado de valor econômico (BRASIL, 1997).

A gestão eficaz de bacias hidrográficas requer múltiplos esforços que vão desde o conhecimento da hidrologia aplicada, ciências exatas e da terra até ciências sociais e políticas. Variáveis como clima, características geomorfológicas e cobertura da terra podem influenciar o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas. As mudanças de uso da terra, principalmente para fins extrativistas, na qual não dispõem de manejo adequado, podem comprometer a disponibilidade hídrica (REBOUÇAS *et al.*, 1999; LATUF, 2007; TUCCI, 2012; SOUZA *et al.*, 2017).

Diante dos desafios globais para alcançar a sustentabilidade ambiental, a inserção de novas tecnologias e a implementação de políticas e planos de gestão dos recursos hídricos estão em pauta nas políticas e legislações mundiais. Segundo Alcântara *et al.* (2020), as grandes discussões sobre as recentes mudanças climáticas mostram que seus impactos não se refletem apenas nos grandes desastres ocasionados por eventos extremos, mas também no contexto socioeconômico.

Além disso, os efeitos e consequências do processo de ocupação nos ecossistemas precisam ser compreendidos através da análise do mapeamento histórico do uso e ocupação da terra. A utilização das geotecnologias, permite análises integradas dos aspectos ambientais e espaciais de modo que o objeto de estudo seja entendido como um todo (PIRES *et al.*, 2012). Diversas ferramentas geotecnológicas podem auxiliar o levantamento de dados e gerar informações espaciais, tais como cobertura vegetal, rede hidrográfica, malha viária, relevo e



altimetria, delimitações de área e localização georreferenciada de atividades agropecuárias com potencialidades de causar degradação ambiental, viabilizando diagnósticos e prognósticos que facilitem o monitoramento e manejo das bacias hidrográficas, pois os fatores que desencadeiam a degradação do meio natural podem ser identificados para tornar a tomada de decisão mais eficiente (LEITE *et al.*, 2013).

Segundo Aquino *et al.* (2012), os métodos de levantamento de dados referentes ao uso da terra e à evolução da cobertura vegetal, desde a década de 1970, contam com a utilização de técnicas de sensoriamento remoto, as quais possibilitam o estudo de espaços geográficos de dimensões significativas e de forma temporal. Nesse sentido, uma iniciativa no âmbito nacional é o Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso da Terra do Brasil - MapBiomas, que tem desenvolvido e publicado um banco de dados com informações anuais de uso e cobertura da terra desde 1985, por meio de técnicas de sensoriamento remoto e do processamento digital de imagens em nuvem, na plataforma Google Earth Engine, com qualidade nos mapas produzidos e informações de acesso livre (MAPBIOMAS, 2021).

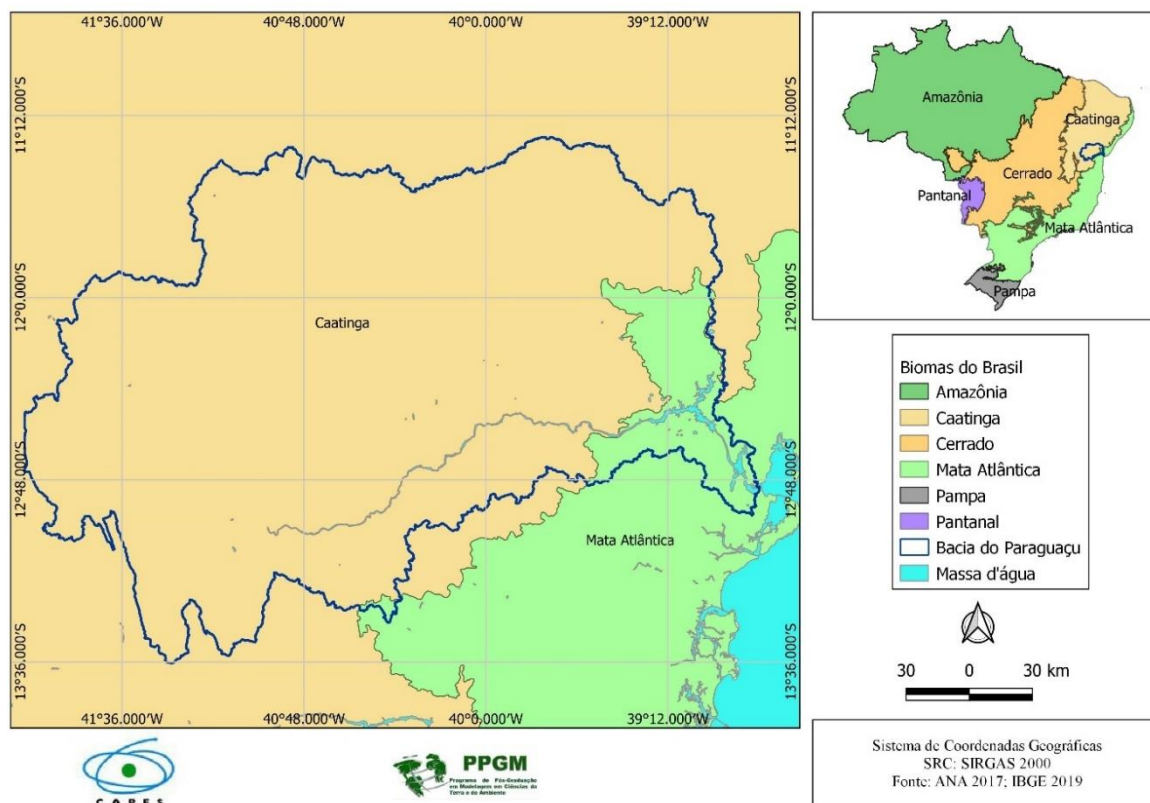
Com o propósito de mitigar os impactos ambientais em razão das atividades antrópicas, a agenda para o desenvolvimento sustentável proposta pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015, incluindo a Agenda 2030, assumiu o compromisso de tomar medidas urgentes para combater a mudança do clima e seus impactos, fortalecer e implementar padrões de produção e de consumo sustentáveis (ONU, 2015).

Diante do exposto, essa pesquisa buscou identificar como as alterações do uso e cobertura da terra na bacia do Paraguaçu, podem gerar mudanças espaço/temporais na disponibilidade hídrica entre 1985-2021.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Área de Estudo**

A bacia hidrográfica do rio Paraguaçu (ottobacia 754) está situada no centro leste do estado da Bahia, entre os paralelos 11°17' e 13°36' e entre os meridianos 38°50' e 42°01' (Figura 6).



**Figura 6.** Localização da área de estudo. Fonte: Autora (2022)

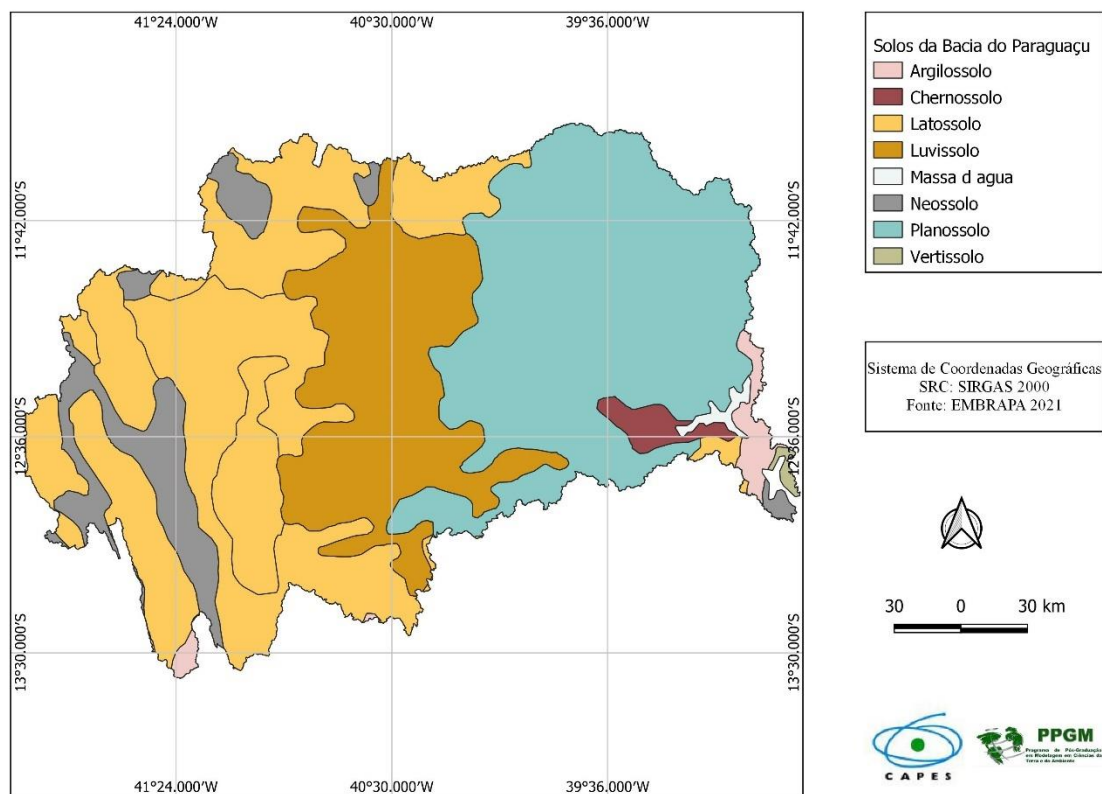
A bacia é composta por mais de 150 rios, que nutrem 86 municípios baianos. A área banhada por ela é de 54.877 quilômetros quadrado (km<sup>2</sup>) (INEMA, 2022), cerca de 10% do território do Estado. O rio Paraguaçu nasce numa altitude de aproximadamente 1.200 m, no Município de Barra da Estiva e percorre cerca de 500 quilômetros (km) até sua foz na Baía de Todos os Santos (SOUSA *et al.*, 2016). Essa bacia é a mais importante do estado, sendo responsável pelo abastecimento de 60% da população da região metropolitana de Salvador, que atualmente é a quarta maior cidade do Brasil (GENZ *et al.*, 2012; CIB, 2020).

Devido à grande extensão, o rio Paraguaçu é dividido em três partes: Alto Paraguaçu, trecho a montante da confluência do rio Santo Antônio; Médio Paraguaçu, entre a foz do Santo Antônio e a barragem da Pedra do Cavalo; e Baixo Paraguaçu, trecho a jusante dessa barragem (ANA, 2010). Apesar da relevância econômica, essa bacia hidrográfica está inserida no semiárido baiano, que constitui uma região crítica no que se refere a gestão de recursos hídricos, sendo altamente vulnerável às secas (SILVA, 2012).

De acordo a classificação de Köppen, a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu apresenta

três tipos de clima: clima semiárido (BSh), predominante na parte central da bacia; clima subúmido a seco (Aw), na parte superior da bacia, na região da Chapada Diamantina; e clima úmido a subúmido (Af), no terço inferior da bacia do rio Paraguaçu (GENZ *et al.*, 2012). O período chuvoso se concentra entre os meses de novembro a janeiro e a pluviometria anual varia de 400 mm a 1600 mm.

Os biomas presentes na bacia variam desde a transição entre caatinga e mata atlântica a caatinga com manchas de floresta estacional (CARELLI; SANTO, 2016). A cobertura vegetal é de florestas estacionais e campos rupestres e um substrato geológico composto por rochas magmáticas e metamórficas (INEMA, 2021). Segundo a EMBRAPA (2011), os principais solos presentes na área são: latossolos (37%) e planossolos (33%), conforme a Figura 7.

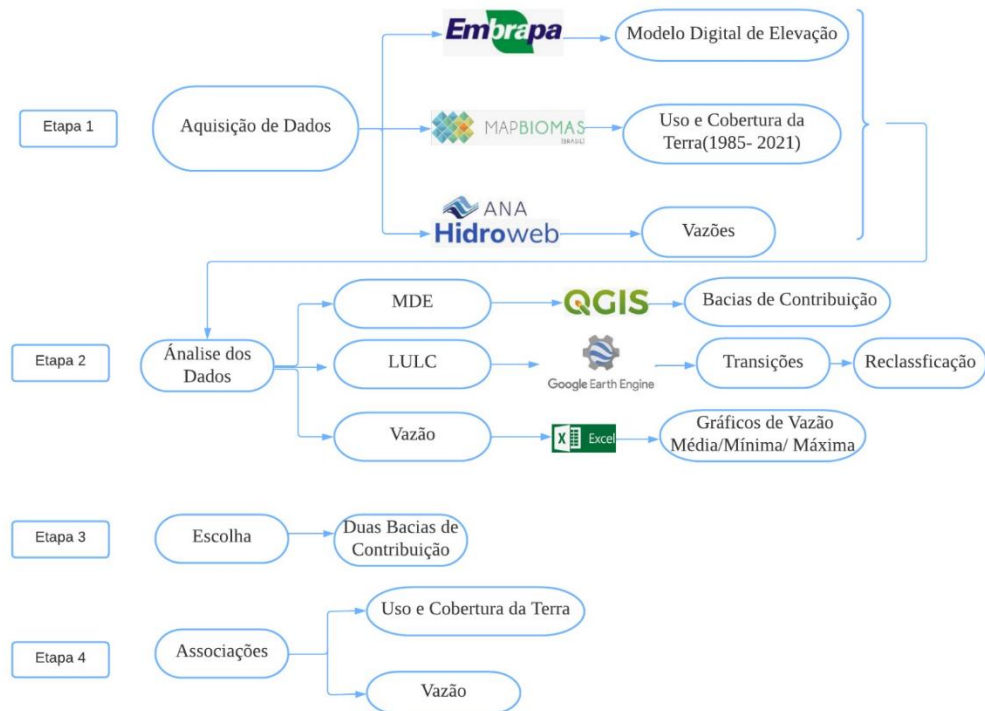


**Figura 7.** Tipos de Solo na Bacia do Paraguaçu. Fonte: Autora (2022)

Vale ressaltar a aptidão agrícola da bacia, sendo que a região da Chapada Diamantina se destaca neste sentido. Na bacia, são registradas as classes de baixa a média e de média a alta aptidão agrícola, nas quais tem-se uma taxa de precipitação um pouco maior do que nas outras regiões da mesma, onde há o predomínio de clima semiúmido a úmido (SANTOS, 2013). Segundo a mesma autora, a união destes elementos torna a região um polo de atração para a

agroindústria.

A figura 8 ilustra o passo a passo utilizado no processo de aquisição e análise dos dados necessários para a elaboração do presente estudo (etapas descritas ao longo da metodologia).



**Figura 8.** Fluxograma com os procedimentos metodológicos da pesquisa. Fonte: Autora (2022)

## 2.2 Obtenção dos Dados de Uso e Cobertura da Terra

O MapBiomias é composto por uma rede colaborativa formada por ONGs, universidades e empresas de tecnologia cujo objetivo é gerar mapas anuais de uso e cobertura da terra. Os mapas são produzidos a partir de imagens do satélite Landsat, que possui uma resolução espacial de 30 m. A classificação é realizada pixel a pixel e todo o processamento é em nuvem, executado através da plataforma Google Earth Engine - GEE (MAPBIOMAS, 2021).

A partir de scripts pré-definidos, desenvolvidos pelo editor de código da plataforma GEE, são gerados mosaicos temporais, modelagem espectral de mistura e a classificação da cobertura da terra, gerando assim uma base de dados eficiente para analisar as modificações e transições do uso e ocupação da terra, bem como observar as variações no tempo para a bacia do rio Paraguaçu.

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do Projeto de Mapeamento Anual

do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MAPBIOMAS, 2021). Utilizou-se as informações dos anos de 1985 a 2021, que correspondem aos dados da Coleção 7. Com isso, torna-se possível gerar mapas para estudar as alterações do uso e ocupação da terra e analisar as variações temporais na área de estudo. Para a exportação dos dados foi utilizado o seguinte código no GEE com:

<https://code.earthengine.google.com/7bcd070022cc0430859a673433fc45b>

### **2.3 Análise de Transições de Uso da Terra**

Com o objetivo de compreender as mudanças no uso e cobertura da terra, foi realizada uma reclassificação dos mapas do MapBiomias a fim de unir classes semelhantes, conforme o Quadro 1.

**Quadro 1.** Reclassificação das classes de cobertura da terra com base na coleção 7 do projeto MAPBIOMAS.

CLASSIFICAÇÃO MAPBIOMAS	RECLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
Formação Florestal	Floresta	Tipos de vegetação com predomínio de dossel contínuo - Savana-Estépica Florestada, Floresta Estacional Semi-Decidual e Decidual
Formação Savânica		Tipos de vegetação com predomínio de espécies de dossel semi-contínuo - Savana-Estépica Arborizada, Savana Arborizada.
Formação Campestre	Formação Natural Não Florestal	Tipos de vegetação com predomínio de espécies herbáceas (Savana-Estépica Parque, Savana-Estépica Gramíneo-Lenhosa, Savana Parque, Savana Gramíneo-Lenhosa) + (Áreas inundáveis com uma rede de lagoas interligadas, localizadas ao longo dos cursos de água e em áreas de depressões que acumulam água, vegetação predominantemente herbácea a arbustiva).
Afloramento Rochoso		Rochas naturalmente expostas na superfície terrestre sem cobertura de solo, muitas vezes com presença parcial de vegetação rupícola e alta declividade.
Pastagem	Pastagem	Área de pastagem, predominantemente plantadas, vinculadas à atividade agropecuária. As áreas de pastagem natural são predominantemente classificadas como formação campestre que podem ou não ser pastejadas.
Mosaico de Usos		Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
Agricultura Temporária	Agricultura	Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de curta ou média duração, geralmente com ciclo vegetativo inferior a um ano, que após a colheita necessitam de novo plantio para produzir.
Café		Áreas cultivadas com a cultura do café.
Agricultura Perene		Áreas ocupadas com cultivos agrícolas de ciclo vegetativo longo (mais de um ano), que permitem colheitas sucessivas, sem necessidade de novo plantio. Nessa versão, o mapa abrange majoritariamente áreas de caju, no litoral do nordeste e dendê na região nordeste do Pará, porém sem distinção entre eles.
Área Urbanizada	Área Urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.
Corpo d'Água	Corpo d'Água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.
Áreas Não Vegetadas	Áreas Não Vegetadas	Áreas de superfícies não permeáveis (infraestrutura, expansão urbana ou mineração) não mapeadas em suas classes.

Fonte: Adaptado de MapBiomias (2021)

Essa junção entre as classes foi feita de modo a identificar as transições que aconteceram e quais as mudanças mais expressivas entre as áreas de formação natural e outros usos durante o período de análise, sendo possível a obtenção das áreas que sofreram alterações entre os anos de 1985 e 2021.

## 2.4 Obtenção das Séries Hidrológicas Históricas

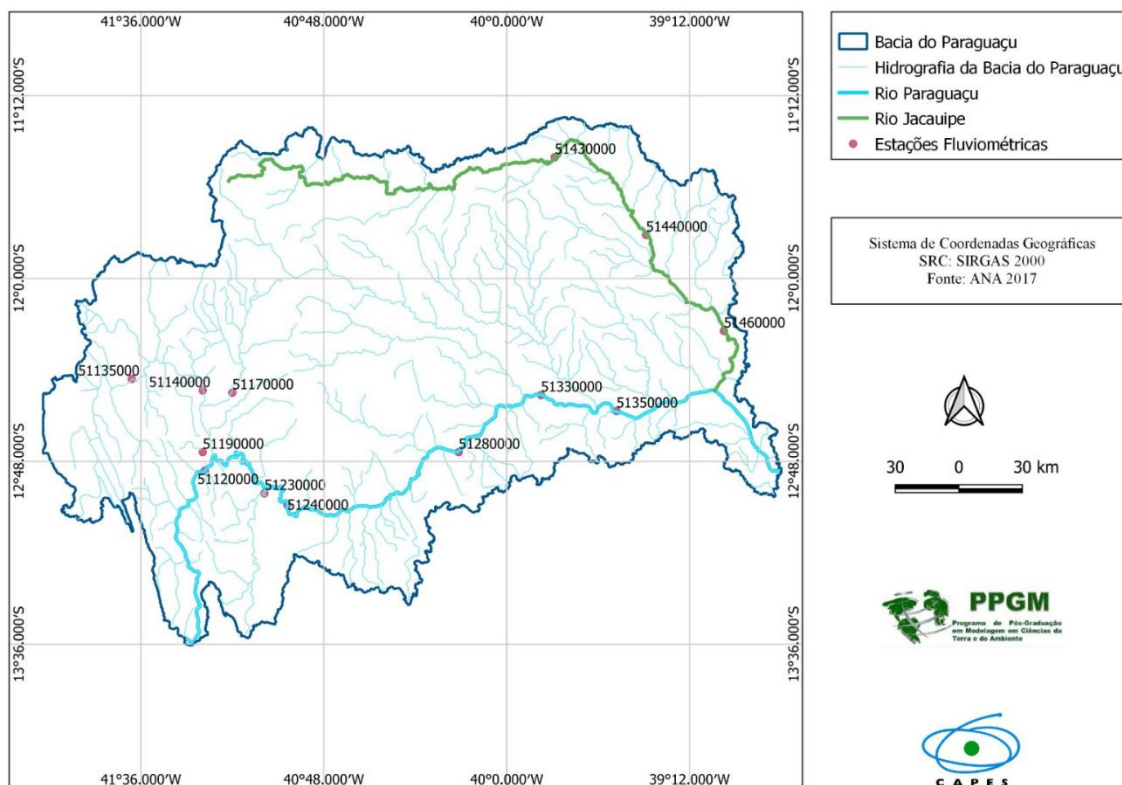
As séries históricas de vazão foram obtidas das estações fluviométricas da rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb) da ANA (Tabela 1), selecionadas de acordo com a disponibilidade dos dados (ANA, 2021).

**Tabela 1.** Estações fluviométricas localizadas na área de estudo

Município (Código)	Anos da Série	Latitude	Longitude	Nome da estação	Altitude (m)
Andaraí (51190000)	1947 - 2021	-12.7572	-41.3289	Fertém	320
Andaraí (51120000)	1934 - 2021	-12.8406	-41.3222	Andaraí	328
Lençóis (51140000)	1935 - 2021	-12.4911	-41.3289	Porto	338
Itaeté (51240000)	1935-2021	-12.9861	-40.9581	Itaeté	286
Itaeté (51230000)	1952 - 2021	-12.9361	-41.0644	Fazenda Iguaçu	300
Seabra (51135000)	1984 - 2019	-12.4428	-41.6394	Malheiros	700
Utinga (51170000)	1949 - 2021	-12.5008	-41.2058	Utinga	357
Iaçu (51280000)	1930-2021	-12.7622	-40.2136	Iaçu	222
Gavião (51430000)	1973-2019	-11.47	-39.7883	Gavião II	288
Rafael Jambeiro (51330000)	1966-2021	-12.5156	-39.8481	Fazenda Santa Fé	173
Rafael Jambeiro (51350000)	1946-2021	-12.5856	-39.5222	Argoim	140
Riachão do Jacuípe (51440000)	1971-2021	-11.8072	-39.3864	Riachão do Jacuípe	206
Feira de Santana (51460000)	1929-2021	-12.2331	-39.0461	Ponte Rio Branco	119

Fonte: Adaptado de ANA (2021).

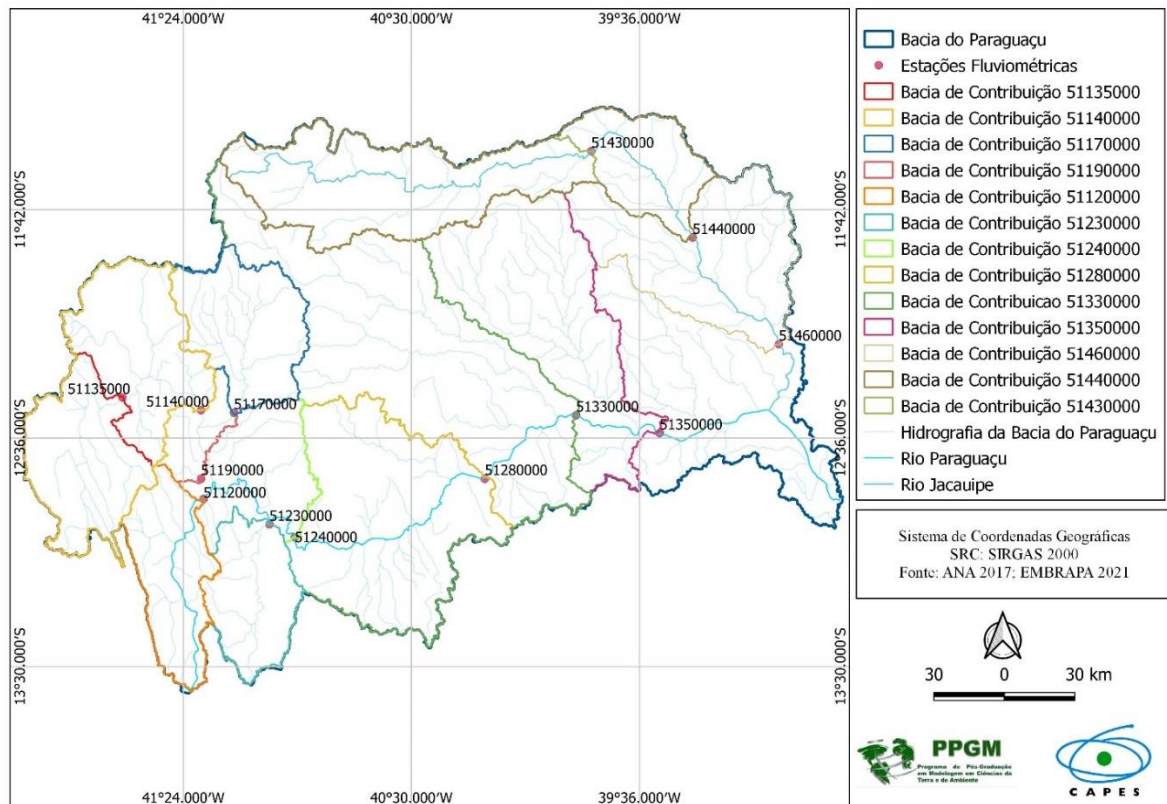
Os dados da tabela acima mostram as estações que estão distribuídas na Bacia do Paraguaçu, sendo analisadas 13 estações fluviométricas que possuíam série de dados atuais e com mais de 30 anos, conforme ilustrado na Figura 9.



**Figura 9.** Hidrografia e principais estações fluviométricas. Fonte: Autora (2022)

Visando uma melhor compreensão dos fenômenos que ocorreram na área de estudo e uma relação entre a dinâmica das mudanças do uso e cobertura da terra sobre os recursos hídricos, foi gerada a bacia de contribuição de cada uma das 13 estações de monitoramento fluviométrico (Figura 10), utilizando o Modelo Digital de Elevação (DEM), disponível na plataforma da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), e através do software QGIS 3.16 'Hannover'. Ressalta-se, que para o processamento e elaboração dos mapas foi adotado o Datum SIRGAS - 2000.





**Figura 10.** Bacias de contribuição. Fonte: Autora (2022)

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Dinâmica do Uso e Cobertura da terra as Bacias de contribuição

De um modo geral, a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu apresentou perdas nas áreas de floresta das bacias de contribuição analisadas, com exceção da bacia 51230000, localizada no município de Itaeté, que mostrou um aumento da classe floresta, conforme detalhado na Tabela 2.

**Tabela 2.** Evolução dos dados de formação florestal nas bacias de contribuição

FLORESTA					
Bacia de Contribuição	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Varição (%)
51120000	133.818	57,17	110.085	47,04	-10,13
51190000	698.788	72,36	636.675	65,93	-6,43
51170000	208.025	75,90	174.171	63,55	-12,35
51140000	427.968	69,89	396.265	64,71	-5,18
51135000	206.127	70,82	187.540	64,43	-6,38
51230000	142.730	67,70	150.667	71,47	3,76
51240000	1.113.074	67,81	1.015.582	61,87	-5,94
51280000	1.523.140	67,00	1.327.563	58,40	-8,60
51330000	2.132.258	66,93	1.770.342	55,58	-11,36
51350000	2.264.013	60,29	1.880.049	50,07	-10,22
51460000	350.173	30,40	251.424	21,83	-8,57
51440000	281.591	39,75	206.256	29,12	-7,78
51430000	240.285	47,82	194.339	38,68	-9,15

Sobre a classe floresta, foi possível constatar, também, que a maior perda de área florestal foi registrada na bacia de contribuição 51170000, em Utinga, na região do Alto Paraguaçu, apresentando uma perda de 33,85 hectares (ha) entre os anos de 1985 a 2021, o que corresponde a cerca de 12% de supressão florestal.

Observou-se uma diminuição nas áreas de formação florestal não natural em quase todos as bacias de contribuição com destaque para a bacia 51120000 (Andaraí) com cerca de 5,5 % de redução entre os anos de 1985 e 2021.

Com base nos dados dispostos na Tabela 3, verificou-se que 77% das bacias de contribuição analisadas apresentaram redução para a classe de formação natural não florestal.

**Tabela 3.** Evolução dos dados de formação natural não florestal nas bacias de contribuição

<b>FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL</b>					
<b>Bacia de Contribuição</b>	<b>1985</b>		<b>2021</b>		<b>1985 - 2021</b>
	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Variação (%)</b>
51120000	61.384	26,2	48.605,5	20,8	-5,5
51190000	46.838	4,85	41.815	4,33	-0,52
51170000	7.113	2,60	5.115	1,87	-0,73
51140000	31.660	5,17	28.770	4,70	-0,47
51135000	10.799	3,71	11.326	3,89	0,18
51230000	31.295	14,84	30.851	14,63	-0,21
51240000	150.576	9,17	131.404	8,01	-1,17
51280000	165.092	7,26	139.629	6,14	-1,12
51330000	186.249	5,85	159.501	5,01	-0,84
51350000	193.334	5,15	166.358	4,43	-0,72
51460000	15.751	1,37	17.915	1,56	0,19
51440000	14.039	57,25	16.783	2,37	-1,50
51430000	13.120	2,61	16.106	3,21	0,59

Analisando-se a classe pastagem (Tabela 4), os números evidenciaram que apenas uma das treze bacias de contribuição apresentou diminuição. A bacia 51120000 (Andaraí) teve uma redução na porcentagem de áreas de pastagem da ordem de 6,8%. O oposto pôde ser observado para as bacias 51170000 (Utinga) e 51330000 (Rafael Jambeiro), que apresentaram um aumento expressivo na área de pastagem. Os dados obtidos nas bacias 51170000 e 51330000 evidenciaram um aumento da ordem de 12,38% e 9,88%, respectivamente, fato que pode estar relacionado com a redução da área de floresta observado na Tabela 2.

**Tabela 4.** Evolução dos dados de pastagem nas bacias de contribuição

<b>PASTAGEM</b>					
<b>Bacia de Contribuição</b>	<b>1985</b>		<b>2021</b>		<b>1985 - 2021</b>
	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentagem (%)</b>	<b>Variação (%)</b>
51120000	37.288	15,9	21.425,5	9,2	-6,8
51190000	217.526	22,52	276.448	28,63	6,10
51170000	58.734	21,43	92.672	33,81	12,38
51140000	150.716	24,61	178.920	29,22	4,61
51135000	72.564	24,93	87.101	29,93	4,99
51230000	36.588	17,35	28.472	13,51	-3,85
51240000	372.148	22,67	427.529	26,05	3,37
51280000	576.165	25,34	730.582	32,14	6,80
51330000	855.314	26,85	1.169.830	36,72	9,88
51350000	1.282.815	34,16	1.614.002	42,99	8,82
51460000	777.081	67,46	856.133	74,32	6,87
51440000	405.569	35,87	466.288	65,82	9,46
51430000	244.166	48,60	281.033	55,93	7,33

Para a classe área urbanizada (Tabela 5), houve um aumento geral nas bacias de contribuição, com destaque para a bacia 51440000 (Riachão do Jacuípe) que em 1985 tinha 507

ha de área urbanizada e em 2021 essa taxa de urbanização atingiu 2.704 ha.

**Tabela 5.** Evolução dos dados de área urbanizada nas bacias de contribuição

Bacia de Contribuição	ÁREA URBANIZADA				
	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Variação (%)
51120000	8	0,00	328	0,1	0,1
51190000	536	0,06	2.573	0,27	0,21
51170000	71	0,03	631	0,23	0,20
51140000	456	0,07	1.833	0,30	0,22
51135000	321	0,11	1.179	0,41	0,29
51230000	42	0,02	89	0,04	0,02
51240000	685	0,04	3.397	0,21	0,17
51280000	1.060	0,05	4.407	0,19	0,15
51330000	1.545	0,05	6.793	0,21	0,16
51350000	1.874	0,05	8.476	0,23	0,18
51460000	704	0,06	4.401	0,38	0,32
51440000	507	0,13	2.704	0,38	0,35
51430000	270	0,05	1.402	0,28	0,23

O contrário pôde ser observado para o dado referente a bacia de contribuição 51230000, visto que a mesma apresentou a menor variação para essa classe, sendo, dentre todas as bacias analisadas a com menor taxa de urbanização.

Com base nos dados apresentados na Tabela 6 é possível constatar que todas as bacias, exceto a 51440000 (Riachão do Jacuípe) e a 51120000 (Andaraí), apresentaram uma redução da área não vegetada.

**Tabela 6.** Evolução dos dados de área não vegetada nas bacias de contribuição

Bacia de Contribuição	ÁREA NÃO VEGETADA				
	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Variação (%)
51120000	445	0,19	318	0,1	-0,1
51190000	796	0,08	2.428	0,25	0,17
51170000	12	0,00	576	0,21	0,21
51140000	719	0,12	1.781	0,29	0,17
51135000	492	0,17	1.036	0,36	0,19
51230000	6	0,00	19	0,01	0,01
51240000	1.363	0,08	3.024	0,18	0,10
51280000	2.175	0,10	6.875	0,30	0,21
51330000	3.180	0,10	13.432	0,42	0,32
51350000	4.640	0,12	19.982	0,53	0,41
51460000	5.904	0,51	20.452	1,78	1,26
51440000	4.789	0,89	15.211	2,15	-0,57
51430000	2.961	0,59	8.508	1,69	1,10

Considerando a classe agricultura, verificou-se um aumento em todas as bacias de contribuição de acordo com os dados ilustrados na Tabela 7. Observa-se um crescimento expressivo, em termos de área com aptidão agrícola, nas bacias 51120000 (Andaraí), com 52.223 ha; 51240000 (Itaeté), com 58.994 ha; 51280000 (Iaçu), com 59.798 ha; 51330000 e 51350000 (ambas em Rafael Jambeiro), com 60.710 e 60.712 ha, respectivamente.

**Tabela 7.** Evolução dos dados de agricultura nas bacias de contribuição

AGRICULTURA					
Bacia de Contribuição	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Varição (%)
51120000	713	0,30	52.223	22,3	22,0
51190000	710	0,07	5.637	0,58	0,51
51170000	52	0,02	861	0,31	0,30
51140000	629	0,10	4.737	0,77	0,67
51135000	612	0,21	2.833	0,97	0,76
51230000	41	0,02	713	0,34	0,32
51240000	1.468	0,09	58.994	3,59	3,50
51280000	1.681	0,07	59.798	2,63	2,56
51330000	1.771	0,06	60.710	1,91	1,85
51350000	1.800	0,05	60.712	1,62	1,57
51460000	111	0,01	381	0,03	0,02
51440000	76,31	0,01	140,18	0,02	0,02
51430000	65	0,01	136	135,98	135,97

Esses dados refletem o potencial agrícola verificado em algumas regiões da bacia do rio Paraguaçu, que, pela disponibilidade de água, possibilita altas produções através de agricultura irrigada. Tais índices analisados podem também estar relacionados com a redução da área florestal, ilustrado na Tabela 2.

Quanto a área destinada para agricultura, entre os anos de 1985 e 2021, verificou-se um aumento significativo na bacia de contribuição 51430000 (Gavião), com variação de aproximadamente 136%, que dobrou a área de exploração agrícola.

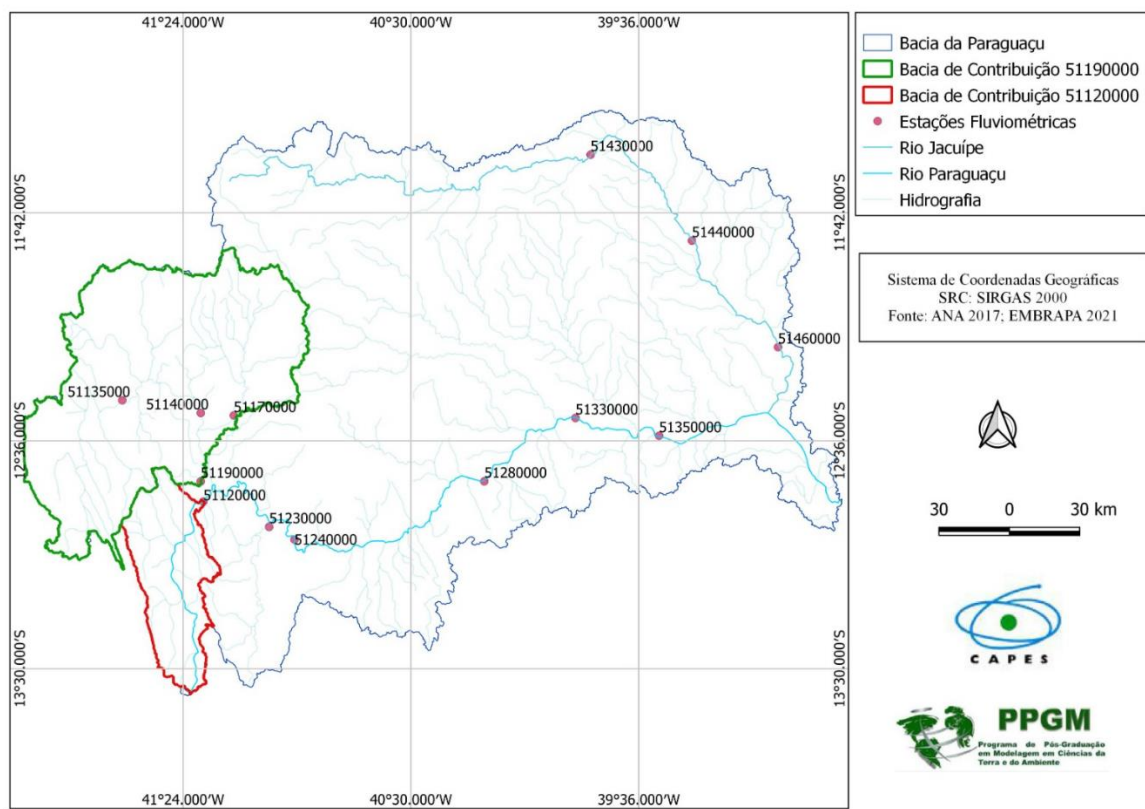
Para a classe água (Tabela 8), apenas as bacias 51120000 (Andaraí), 51280000 (Iaçu) e 51440000 (Riachão do Jacuípe) não tiveram redução do espelho d'água, o que pode estar vinculado à presença de barragens em vários pontos da bacia do Paraguaçu. A redução do espelho d'água nas outras bacias de contribuição pode estar ligado ao aumento das áreas de pastagem, agricultura, área urbanizada e redução de floresta.

**Tabela 8.** Evolução dos dados de água nas bacias de contribuição

CORPO D'ÁGUA					
Bacia de Contribuição	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Variação
51120000	417	0,18	1040	0,4	0,3
51190000	550	0,06	162	0,02	-0,04
51170000	76	0,03	56	0,02	-0,01
51140000	221	0,04	56	0,01	-0,03
51135000	149	0,05	45	0,02	-0,04
51230000	124	0,06	14	0,01	-0,05
51240000	2.182	0,13	1.511	0,09	-0,04
51280000	4.035	0,18	4.300	0,19	0,01
51330000	5.369	0,17	4.886	0,15	-0,02
51350000	6.510	0,17	5.214	0,14	-0,03
51460000	2.231	0,19	1.183	0,10	-0,09
51440000	1.832	0,13	957	0,14	0,02
51430000	1.564	0,31	846	0,17	-0,14

### 3.2 Escolha das bacias de contribuição

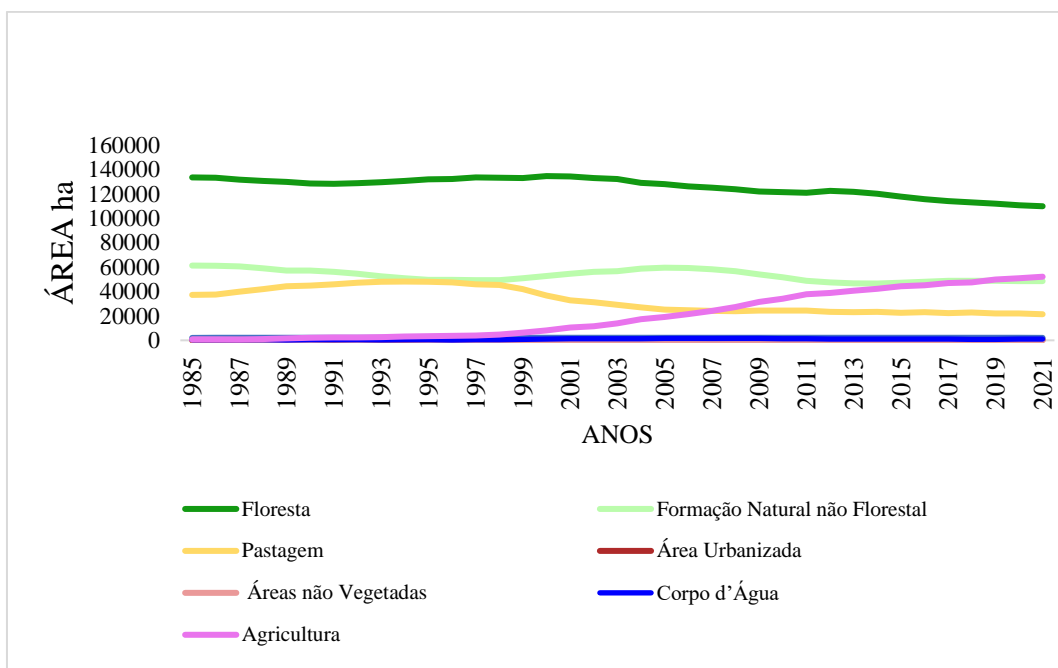
Com base na análise da dinâmica de uso e cobertura da terra em cada bacia de contribuição foram selecionadas 2 bacias de contribuição, a 51120000 (Andaraí) e 51190000 (Andaraí) (Figura 11), que, mesmo muito próximas, possuem cenários distintos com relação a dinâmica de uso e ocupação da terra. A seleção de tais bacias pode ajudar na compreensão de como a evolução temporal do uso e cobertura da terra (1985 - 2021) pode influenciar na manutenção dos corpos hídricos.



**Figura 11.** Bacias de contribuição escolhidas para análise. Fonte: Autora (2022)

### 3.3 Dinâmica de uso e cobertura nas bacias de contribuição

Dentre os principais usos da terra na bacia 51120000 (Andaraí) (Figura 12) destaca-se um aumento da classe agricultura e uma diminuição da classe floresta.



**Figura 12.** Principais usos na bacia de contribuição 51120000 (1985-2021). Fonte: Autora (2022)

Em 1985, a região praticamente não tinha atividade agrícola, entretanto, dados de 2021 mostram que mais de 22% de sua área estava em uso com agricultura (Tabela 9), inclusive desenvolvida por meio de sistemas de irrigação com pivôs centrais.

**Tabela 9.** Uso e cobertura da terra na bacia de contribuição 51120000 (Andaraí)

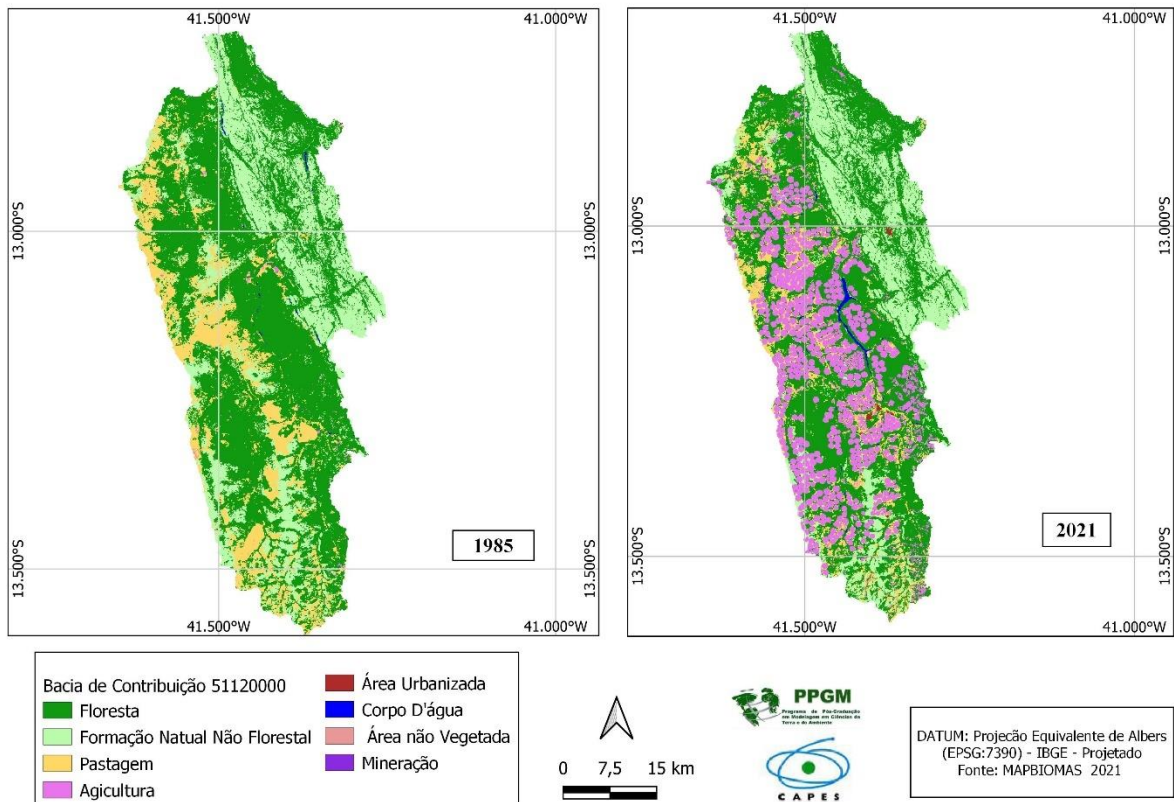
Classe	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Variação (%)
FLORESTA	133.818	57,17	110.085	47,04	-10,13
FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL	61.384	26,2	48.605,5	20,8	-5,5
PASTAGEM	37.288	15,9	21.425,5	9,2	-6,8
ÁREA URBANIZADA	8	0,00	328	0,1	0,1
ÁREA NÃO VEGETADA	445	0,19	318	0,1	-0,1
AGRICULTURA	713	0,30	52.223	22,3	22,0
CORPO D'ÁGUA	417	0,18	1040	0,4	0,3

De acordo com Sarmiento-Soares, Santos e Martins-Pinheiro (2020), na região do Alto Paraguaçu, onde se concentram as sub-bacias com foz igual a 1.000 metros (m) ou acima, há um grande número de barragens para captação de água, o que caracteriza a aptidão dessa área



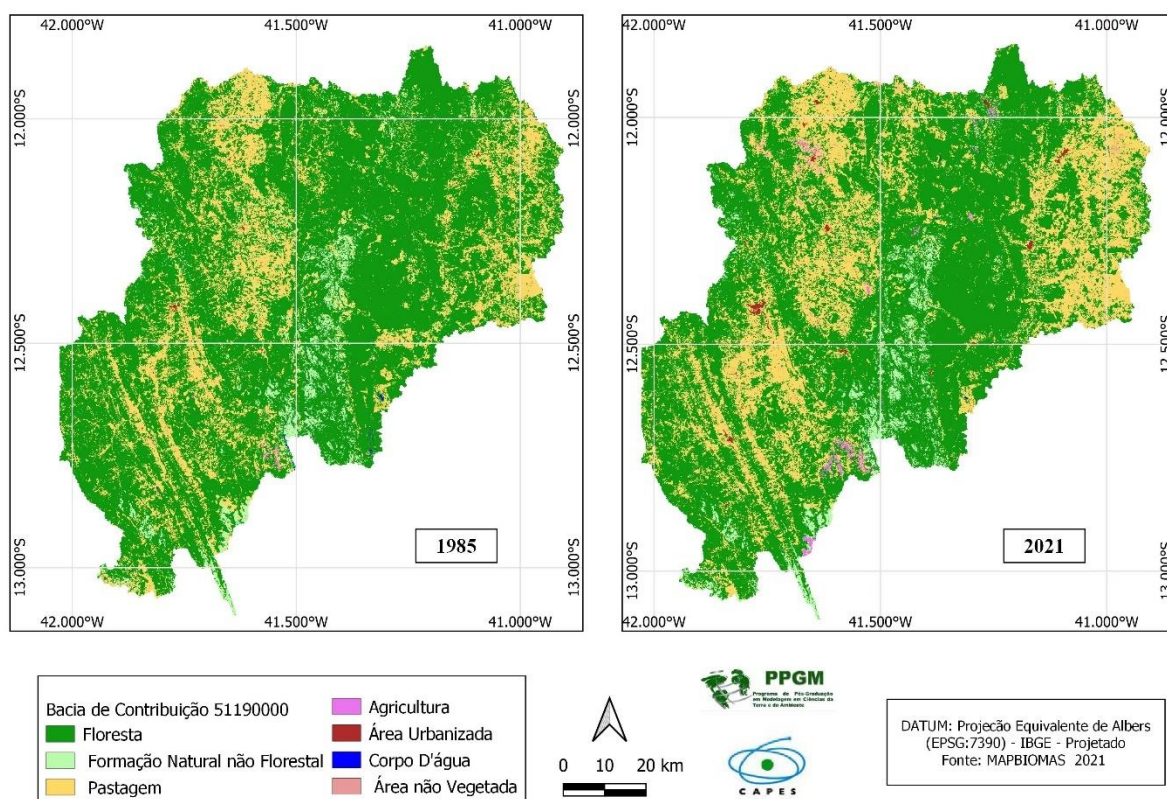
para o uso agrícola.

Segundo os mesmos autores, entre as décadas de 1980 e 1990, houve uma grande supressão da área de Campos Gerais, vegetação característica da região, para a implantação de atividade agrícola mecanizada, marcada principalmente pelo uso de pivôs centrais; a agricultura, desde então, passou a ser uma das bases da economia local. A Figura 13 ilustra os usos e cobertura da terra na bacia de contribuição 51120000 para o ano de 1985 e 2021, com destaque para o avanço da agricultura na região.



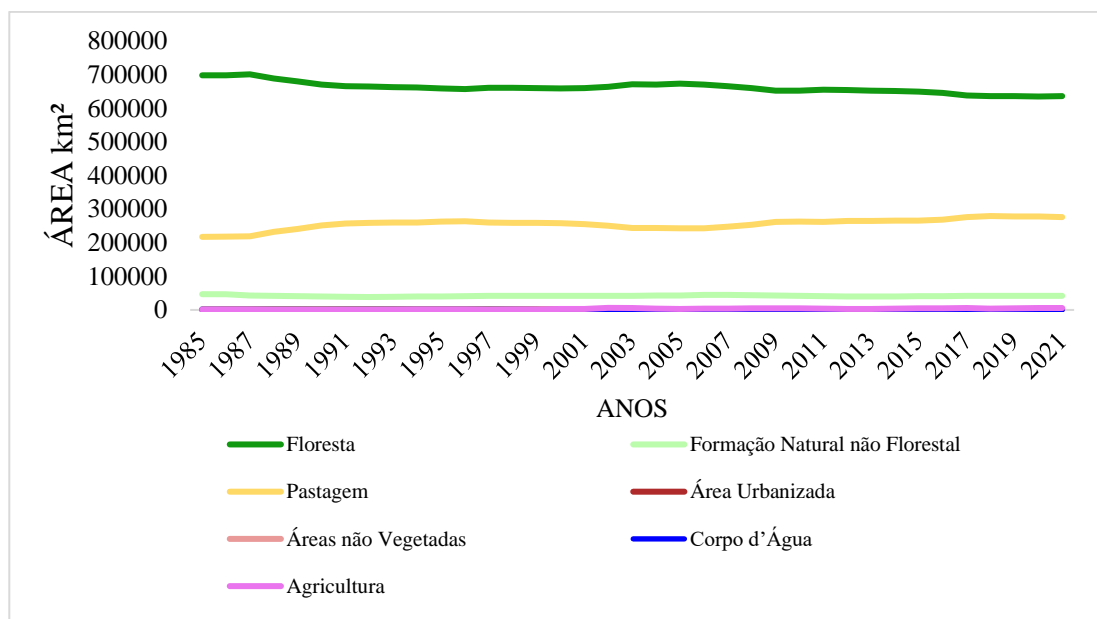
**Figura 13.** Principais usos na bacia de contribuição 51120000 (Andaraí) (1985-2021).  
Fonte: Autora (2022)

Para a bacia de contribuição 51120000 (Andaraí) ocorreu uma redução de aproximadamente de 15.862,5 ha de área de pastagem. No entanto, para a bacia 51190000 (Andaraí) ocorreu um aumento expressivo, de cerca de 58.922 ha, na classe de pastagem, como ilustrado na Figura 14.



**Figura 14.** Principais usos na bacia de contribuição 51190000 (Andaraí) (1985-2021).  
Fonte: Autora (2022)

A bacia 51190000 (Andaraí), apresenta uma dinâmica de uso muito distinta (Figura 15) com relação a bacia 51120000 (Andaraí). Em 2021, a bacia 51190000 apresentou um aumento de 4.927 ha de área utilizada para agricultura e uma redução de 388 ha de superfície de água mapeada no MapBiomias.



**Figura 15.** Principais usos na bacia de contribuição 51190000 (1985-2021). Fonte: Autora (2022)

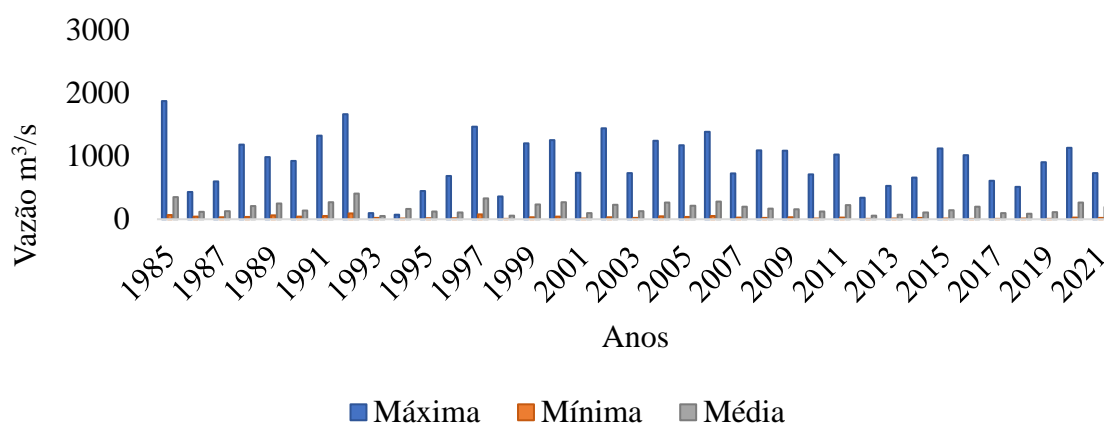
A diminuição da superfície de água observada na bacia de contribuição 51190000 pode estar relacionada ao aumento significativo de área utilizada para atividades como agricultura e pecuária (Tabela 10), uma vez que, o intenso desenvolvimento de áreas agrícolas e pecuárias estão estritamente ligados a disponibilidade e a qualidade dos recursos naturais (MENDOZA *et al.*, 2011). Essas atividades podem levar à perda de biodiversidade, redução da fertilidade do solo, aumento dos processos erosivos e diminuição dos recursos hídricos (VANZELA *et al.*, 2010).

**Tabela 10.** Uso e cobertura da terra na bacia de contribuição 51190000 (Andaraí)

Classe	1985		2021		1985 - 2021
	Área (ha)	Porcentagem (%)	Área (ha)	Porcentagem (%)	Varição (%)
FLORESTA	698.788	72,36	636.675	65,93	-6,43
FORMAÇÃO NATURAL NÃO FLORESTAL	46.838	4,85	41.815	4,33	-0,52
PASTAGEM	217.526	22,52	276.448	28,63	6,10
ÁREA URBANIZADA	536	0,06	2.573	0,27	0,21
ÁREA NÃO VEGETADA	796	0,08	2.428	0,25	0,17
AGRICULTURA	710	0,07	5.637	0,58	0,51
CORPO D'ÁGUA	550	0,06	162	0,02	-0,04

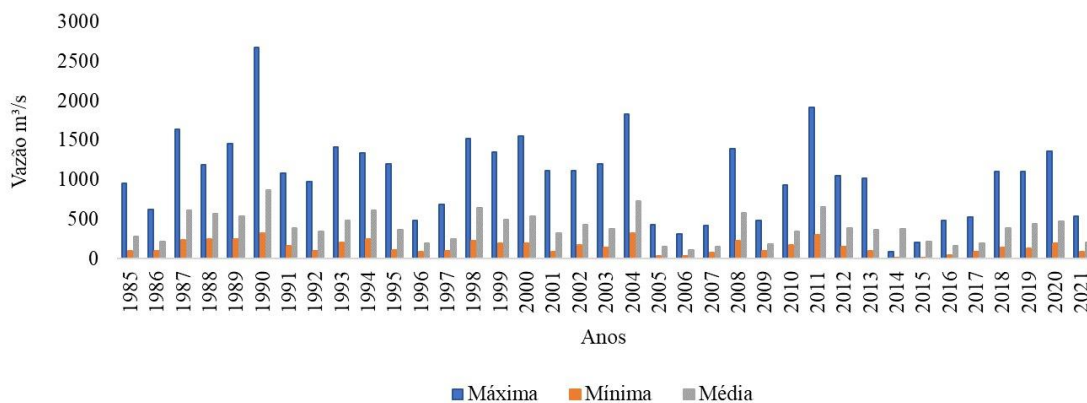
### 3.4 Vazão nas bacias de contribuição

A partir dos dados de vazão da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, foram calculadas as vazões máxima, mínima e média para cada bacia de contribuição, entre os anos de 1985 e 2021. Para o ano de 1985, a vazão na bacia de contribuição 51120000 (localizada no município de Andaraí) apresentou valores de máxima, mínima e média de, respectivamente, 1872 m<sup>3</sup>/s; 65 m<sup>3</sup>/s e 351 m<sup>3</sup>/s (Figura 16). Em 2021, os valores de vazão máxima e média caíram 40 e 55%, nessa ordem, e a mínima reduziu cerca de 30%.



**Figura 16.** Gráfico representativo de vazão na bacia de contribuição 51120000. Fonte: Adaptado da ANA (2021)

A Figura 17 ilustra os valores de vazão registrados para a bacia 51190000 (Andaraí) entre os anos de 1985 e 2021. Para o ano de 1985, a vazão máxima, mínima e média na referida bacia de contribuição foi, respectivamente, 954 m<sup>3</sup>/s; 102 m<sup>3</sup>/s e 280 m<sup>3</sup>/s. Em 2021, houve uma queda nesses valores em relação aos primeiros registros da série histórica, apresentando vazão máxima, mínima e média de 531 m<sup>3</sup>/s; 89 m<sup>3</sup>/s e 205 m<sup>3</sup>/s, nessa ordem. Em 2021, os valores de vazão máxima e média caíram 45% e 26,79%, nessa ordem, e a mínima reduziu cerca de 12,75%.



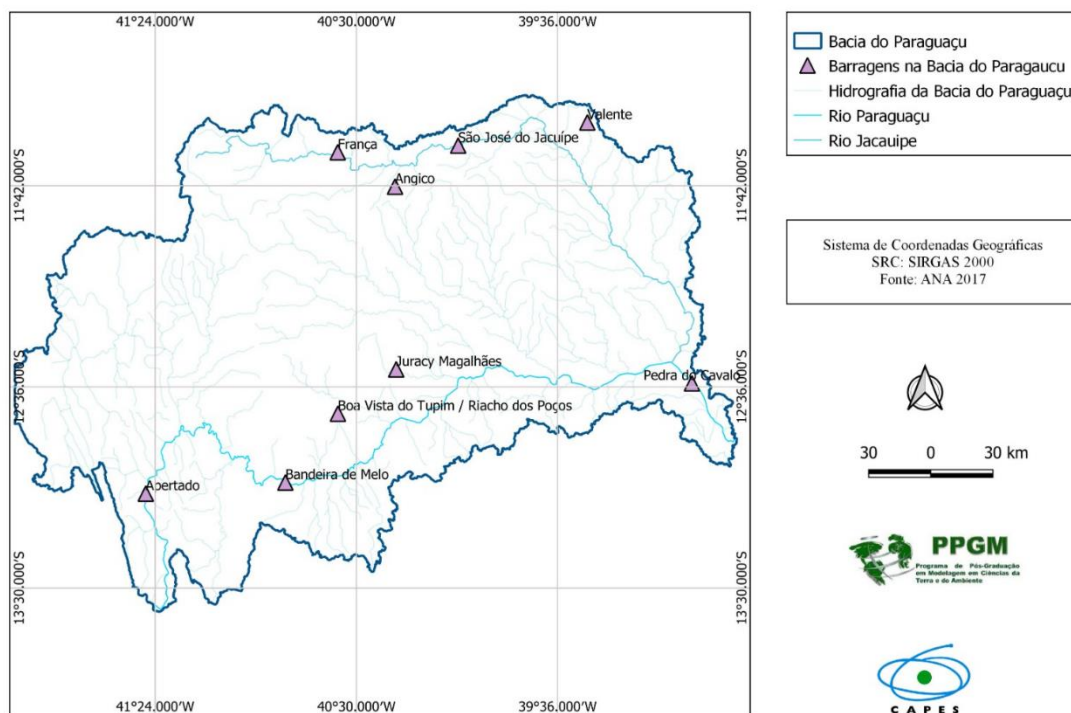
**Figura 17.** Gráfico representativo de vazão na bacia de contribuição 51190000. Fonte: Adaptado da ANA (2021)

De acordo com os dados de vazão obtidos, pôde-se observar que nos primeiros 20 anos (1985 a 2005) a média das vazões médias para as bacias 51120000 e 51190000 foi de 946 m<sup>3</sup>/s e 1.229,38 m<sup>3</sup>/s, respectivamente. Nos últimos 10 anos, a média dos valores médios de vazão para essas bacias foi de 778 m<sup>3</sup>/s (51120000) e 852,72 m<sup>3</sup>/s (51190000), o que significa uma queda de 18% na vazão média na bacia 51120000, onde houve um grande aumento da área agrícola irrigada e do espelho d'água com a implantação do reservatório Apertado. Na bacia 51190000 a queda foi de 31%. Essa bacia houve o aumento da área de pastagem e na área urbana.

#### 4. DISCUSSÃO

A agricultura irrigada está em expansão em todo o Brasil com adoção dos métodos de aspersão, como o pivô central, como observado na bacia de contribuição 51120000. Esse método é baseado em um sistema de movimentação circular, constituído em geral de uma tubulação para condução de água sob pressão com vários aspersores de comprimento variável (BERNARDO *et al.*, 2006). A irrigação é uma técnica de produção agrícola que por utilizar demasiado volume de água, tem sido vista como vilã no processo de uso compartilhado do recurso hídrico, pois concorre diretamente, em algumas regiões, com o setor da indústria e o abastecimento urbano (QUEIROZ *et al.*, 2008).

De acordo com Souza (2017), no estado da Bahia, a bacia do Paraguaçu, por possuir diversas outras barragens ao longo do curso principal do rio (Figura 18), que atendem a inúmeras demandas dos mais diversos usos, é apontada como a mais importante do estado.



**Figura 18.** Barragens na bacia do Paraguaçu. Fonte: Autora (2022)

Ao longo do presente estudo verificou-se que a bacia de contribuição 51120000 também é uma das poucas onde foi possível observar aumento da cobertura de superfície de água, de 417 ha em 1985 para 1.040 ha em 2021 (Tabela 08), principalmente por conta da construção do reservatório do Apertado. Finalizada no final da década de 1990 e localizada na parte alta da bacia do Paraguaçu, nas imediações do Parque Nacional da Chapada Diamantina, a barragem do Apertado é um dos fatores que contribuem para o desenvolvimento agrícola da região (SILVA *et. al.*, 2020).

No tocante às questões voltadas aos conflitos relacionados ao uso da água, a bacia hidrográfica do rio Paraguaçu, principalmente no trecho alto, é a que mais carece de ações de gerenciamento dos recursos hídricos, tendo em vista a grande demanda de captação de água para atender a avançada agricultura irrigada presente da região (SOUZA, 2017).

Apesar da barragem do apertado na bacia do Paraguaçu possuir uma capacidade de 108 hm<sup>3</sup>, um espelho d'água com cerca de 23 km de extensão e uma área hidráulica de 13,56 km<sup>2</sup> e uma vazão regularizada de 7,6 m<sup>3</sup>/s (CERB, 2022; PEREIRA, 2008), faz-se necessária a implantação de projetos que visem uma melhor gestão dos recursos hídricos, de forma a sustentar as atividades de agricultura irrigada, o abastecimento da população e que,



sobretudo, venham garantir a conservação dos corpos d'água na região.

Em relação a conservação e proteção dos recursos hídricos, a Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída pela Lei 9.433 de 1997, estabelece a criação dos comitês de bacias hidrográficas como órgãos responsáveis pela gestão dos recursos hídricos nessas áreas. Atuando como colegiados, os comitês desempenham funções consultivas e deliberativas, sendo caracterizados hierarquicamente como a instância mais importante de participação e integração na gestão hídrica das bacias hidrográficas, uma vez que as decisões tomadas pelo mesmo impactam diretamente na vida dos usuários (BRASIL, 1997).

Dessa forma, visando uma melhor gestão dos recursos hídricos na área de estudo, foi instituído, através do Decreto nº 9.938, de 22 de março de 2006, a criação do comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu - CBHP. Integram totalmente esta Região de Planejamento e Gestão das Águas – RPGA 40 municípios, entre eles Rafael Jambeiro, Utinga, Gavião, Riachão do Jacuípe, Itaeté e Andaraí. Em virtude dos impactos das atividades antrópicas desenvolvidas na bacia, em 2018 foi elaborado o plano de ação estratégica para gerenciamento dos recursos hídricos das bacias hidrográficas do rio Paraguaçu e do recôncavo norte e Inhambupe. No entanto, o plano estadual de recursos hídricos passa por uma ampla revisão, que leva em consideração as mudanças no uso e ocupação da terra ocorridas nos últimos anos, de forma a atender à necessidade de uma participação mais ampla do poder público, dos usuários das águas e das comunidades (INEMA, 2018).

Com relação as consequências do aumento das atividades agropecuárias e seus efeitos sobre o meio ambiente foi evidenciado no estudo realizado por Silva *et al.* (2018) que o processo de degradação ambiental do Nordeste está associado, também, ao modo de produção agrícola, acarretando impactos ambientais negativos como a perda da biodiversidade e degradação do solo.

Em um estudo realizado Vanzela *et al.* (2010), sobre a influência do uso e ocupação da terra nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, em Marinópolis - SP, demonstrou que, as áreas ocupadas por matas favorecem o aumento da vazão específica em virtude da maior cobertura, estabilidade e infiltração de água no solo, além de promover redução da intensidade do escoamento superficial contribuindo também para a melhoria da qualidade da água. De maneira geral, as áreas habitadas, agricultadas e as matas degradadas, contribuem para a redução da vazão específica e da qualidade de água em função da alteração na intensidade do escoamento superficial.

A expansão da agricultura irrigada no alto Paraguaçu e o crescimento urbano sem o devido investimento em saneamento ao longo da bacia têm sido grandes ameaças à disponibilidade de água limpa e em abundância na região. Nas duas bacias escolhidas houve um aumento expressivo na área urbanizada. Na bacia 51120000 praticamente não existia área urbana em 1985 e aumentou para 328 ha enquanto na bacia 51190000 a área urbana passou de 536 ha para 2.573 ha o que representa um aumento de 2.037 ha de área urbanizada.

Tendo em vista o tamanho e a importância da bacia do Paraguaçu para o estado da Bahia, nota-se que são necessárias mais estratégias que busquem a conservação dos recursos naturais presentes na região. Segundo a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA, 2011), na bacia do rio Paraguaçu, encontram-se legalmente constituídas oito unidades de conservação, entre elas estão: Parque Nacional Chapada Diamantina, que incluem os municípios de Palmeiras, Mucugê, Andaraí, Lençóis, Ibicoara e Itaeté; Área de Relevante Interesse Ecológico Serra do Orobó, nos municípios de Itaberaba e Rui Barbosa; Área de Proteção Ambiental Marimbus/Iraquara que abarca os municípios de Andaraí, Palmeiras, Lençóis, Iraquara e Seabra; Área de Proteção Ambiental Lago de Pedra do Cavalo, entre os municípios de Feira de Santana, Santo Estevão, Antônio Cardoso, Cabeceiras do Paraguaçu, Muritiba, Governador Mangabeira, São Félix, Cachoeira, Conceição de Feira e São Gonçalo dos Campos.

Para a classe Floresta, houve redução de área nas duas bacias de contribuição analisadas, sendo que na 51120000 ocorreu uma diminuição de mais de 10% e na bacia 51190000 foi de mais de 6,43%. Com a retirada da cobertura vegetal natural, o solo se torna mais exposto à ação da chuva, favorecendo a formação do selamento superficial e conseqüente dificuldade de infiltração da água no solo, ou mesmo erosão e degradação do solo (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Tendo em vista os dados de vazão disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA, e os cálculos realizados para a determinação das vazões máxima, média e mínima para as bacias de contribuição selecionadas, entre os anos de 1985 e 2021, verificou-se que houve uma redução significativa. Em 2021, na bacia 51120000, os valores de vazão máxima, média e mínima caíram 40%, 55% e 30%, respectivamente, em relação ao início da série histórica, em 1985. Para a bacia de contribuição 51190000 foi observada, também, uma redução dos valores de vazão, uma vez que a máxima, mínima e média foram, respectivamente, 44,66%, 12,77% e 26,79% menores que os primeiros registros da série histórica, em 1985.

Essa queda nos valores de vazão, registrados nas séries históricas das duas bacias analisadas, demonstra o efeito da crescente urbanização e da pressão das atividades antrópicas



na região. A expansão da agricultura irrigada, o aumento nas áreas de pastagem e a diminuição das florestas podem estar diretamente relacionadas a depleção dos recursos hídricos na região. Em um estudo realizado por Calijuri *et al.* (2015) na bacia do Alto Paraguaçu, permitiu detectar que as mudanças no uso/cobertura da terra influenciaram na variação da precipitação e também na disponibilidade de água.

Outro fator que pode estar relacionado ao decréscimo nos valores de vazão é a presença de poços para captação e uso dos mananciais hídricos subterrâneos na bacia do rio Paraguaçu. De acordo com dados da Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia – CERB, foram cadastrados na bacia um total de 2.165 poços (destes 68 no município de Andaraí) que estão distribuídos de uma forma muito heterogênea, em função das demandas locais e da disponibilidade (INEMA, 2018).

Devido a precariedade de dados, ausência de programas de monitoramento e estudos voltados a esse fim, a avaliação quantitativa das reservas de águas subterrâneas na bacia do rio Paraguaçu é dificultada; sendo necessário a ampliação do conhecimento dessas reservas por meio de estudos específicos sobre mananciais hídricos subterrâneos e sua interação com os recursos hídricos superficiais, bem como ações de controle e monitoramento do uso desses mananciais (INEMA, 2018).

As modificações no uso e ocupação da terra tendem a promover alterações no regime hidrológico da bacia hidrográfica (SANTOS *et al.*, 2010). Outro fator relevante é o manejo do solo agrícola e o tipo de cultura implantada, pois se as condições de infiltração são afetadas, tem-se um aumento do escoamento superficial com riscos de erosão e perda de solo, e uma redução da alimentação do aquífero que reflete nas vazões (TUCCI, 2002).

Devido às condições atuais de degradação ambiental da bacia, é urgente a implantação de ações que visem à recuperação da sua qualidade ambiental, em especial nas áreas mais críticas para a produção hídrica, com foco nas áreas de interceptação, recarga, nascentes e matas ciliares. Contudo, a reversão do cenário atual não será possível sem o engajamento, a participação e o compromisso de todos os segmentos da sociedade, sendo imprescindível que ocorra estudos específicos que auxiliem na avaliação das perdas ambientais e na sensibilização e orientação da população e, sobretudo, dos gestores no processo de tomada de decisão (SANTOS *et al.*, 2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no estudo realizado na bacia hidrográfica do Paraguaçu, observou-se que o uso e ocupação da terra, desde o ano de 1985, início dos registros pelo MapBiomias, tem gerado alterações significativas nas bacias de contribuição analisadas. O aumento da área urbanizada, redução da área de floresta e a expansão das atividades agropecuárias constatados nas bacias selecionadas impactam diretamente na disponibilidade hídrica da região, fato que pode ser atestado com os dados das estações fluviométricas, visto que os mesmos apresentam tendência de diminuição das vazões, principalmente as vazões mínimas.

A bacia de contribuição do ponto de monitoramento 51120000 apresentou grande expansão do uso agrícola nos últimos 20 anos, inclusive com uso intensivo de água em pivôs de irrigação. e apresentou uma redução menor da vazão média nos últimos 10 anos do que a sub-bacia de contribuição 51190000, que teve mudanças de uso e cobertura muito menores.

Como ambas as bacias são vizinhas e sofrem condições climáticas e pluviométricas semelhantes essa diferença pode estar relacionada à construção do reservatório do Apertado e da abertura de muitos poços artesianos, com ao menos 2.165 cadastrados.

A redução nos valores de vazão mínima é um fato que requer bastante atenção, pois pode ser um indicativo de déficit hídrico nessas bacias, considerando que esse é o nível de vazão que assegura a qualidade e quantidade de água necessária para manter minimamente os componentes, funções e processos dos ecossistemas aquáticos. Isso evidencia a necessidade de intervenções que garantam o adequado manejo dessas bacias com intuito de evitar uma crise hídrica na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Agência Nacional de Águas. **Hidroweb**. Brasília, DF: ANA, 2010. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 6 dezembro 2021.

AQUINO, C. M. S. DE; ALMEIDA, J. A. P. DE; OLIVEIRA, J. G. B. DE. **Estudo da cobertura vegetal/uso da terra nos anos de 1987 e 2007 no núcleo de degradação/desertificação de São Raimundo Nonato - Piauí**. RA'E GA, v.25, p.252-278, 2012.

ALCÂNTARA, L. R. P., SILVA, M. E. R., SANTOS NETO, S. M., LAFAYETTE, F. B., COUTINHO, A. P., MONTENEGRO, S. M. G. L., & ANTONINO, A. C. D. (2020). **Mudanças climáticas e tendências do regime pluviométrico do Recife**. Research, Society and Development, 9(3), 1-21. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i3.2583>.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação. 8. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa - UFV, 2006.**

BRASIL. Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, 8 jan. 1997.

CALIJURI, M.L., CASTRO, J., COSTA, L.S. 2015. Impact of land use/land cover changes on water quality and hydrological behavior of an agricultural subwatershed. **Environ Earth Sci.** <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4550-0>.

CARELLI, L.; SANTO, S. M. **Semeando águas no Paraguaçu** / organizadores: Ivana R. Lamas, S471 Luciana Santa Rita, Rogério Mucugê Miranda. – Rio de Janeiro: Conservação Internacional, Brasil, 2016.

COMPANHIA DE ENGENHARIA HÍDRICA E DE SANEAMENTO DA BAHIA – CERB. Construção de Barragens. Disponível em: Acesso em: 13 fevereiro. 2022.

CIB. Conservation International Brazil. Bacia do Paraguaçu. Disponível em: <<https://www.conservation.org/brasil/onde-trabalhamos/bacia-do-paraguacu>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA. 2011. Mapa de solos do Brasil. Disponível em: <[http://mapoteca.cnps.embrapa.br/geoacervo/det\\_mapa.aspx](http://mapoteca.cnps.embrapa.br/geoacervo/det_mapa.aspx)>

GENZ, F; C.A.S. TANAJURA; H.A. ARAÚJO. 2012. Impacto das mudanças climáticas nas vazões dos rios Pojuca, Paraguaçu e Grande – cenários de 2070 a 2100. *Bahia Análise & Dados* 21 (4): 807-823.

**HIDROWEB** – Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos. 2020a. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 25 mar. 2021.

INEMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. 2018. **Plano de Ações Estratégicas para Gerenciamento dos Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas do Rio Paraguaçu e do Recôncavo Norte e Inhambupe**. Disponível em: [http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/PAEPRNI\\_PP02A\\_Volume\\_I\\_R00.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2021/11/PAEPRNI_PP02A_Volume_I_R00.pdf)

INEMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. 2022. **CBH Paraguaçu**. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-paraguacu/>>. Acessado em 05 novembro de 2022.

INEMA – INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. 2013. **Inventário das barragens do Estado da Bahia**. Inema, Salvador. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/08/Link-2-Invent%C3%A1rio-das-Barragens-do-Estado-da-Bahia.pdf>>. Acessado em 05 novembro de 2022.

LATUF, M. O. **Mudanças no uso do solo e comportamento hidrológico nas bacias do rio preto e ribeirão entre ribeiros**. 2007. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007.

LEITE, M.E.; FERREIRA, M.F.F. Análise espaço temporal do uso da terra na bacia hidrográfica do rio Tabuas, norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, n.02, p.184-194, 2013.

MAPBIOMAS. Coleção 7 da série anual de mapas de uso e cobertura da terra do Brasil. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 26 de janeiro de 2023.

MENDOZA, M. E.; GRANADOS, E. L.; GENELETTI, D.; PÉREZ-SALICRUP, D. R.; SALINAS, V. **Analysing land cover and land use change process at watershed level: A multitemporal study in the Lake Cuitzeo Watershed, Mexico (1975-2003)**. Applied Geography, v.31, p.237-350, 2011.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S. dos; ARAUJO, R. da C. de. Processo erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 5, n.3, p. 60-83, 2018.

ONU (2015). **Organização das Nações Unidas. Transformando Nosso Mundo:**

**A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. <[http://www.itamaraty.gov.br/images/ed\\_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf](http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/Agenda2030-completo-site.pdf)>.

PEREIRA, D. S. P.; JOHNSON, R. M. F. **Descentralização de gestão dos recursos hídricos em bacias nacionais no Brasil**. 2004.

PIRES E. V. R.; SILVA R. A.; IZIPPATO F. J.; MIRANDOLA P. H. Geoprocessamento aplicado a análise do uso e ocupação da terra para fins de planejamento ambiental na bacia hidrográfica do córrego Prata – Três Lagoas (MS). **Revista Geonorte**, v. 02, n. 04, p. 1528-1538, 2012.

QUEIROZ, T. M.; BOTREL, T. A.; FRIZZONE, J. A. Desenvolvimento de software e hardware para irrigação de precisão usando pivô central. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n.1, p. 44-54, jan./mar. 2008.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Ed. Escrituras, 1999. 717 p.

SANTOS, E.H.M; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. 2010. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.8, p.826–834.

SANTOS, O. 2013. Rio Paraguai: beleza, história, um patrimônio natural. Disponível em: <<http://www.visaocidade.com/2013/02/rio-paraguacu-beleza-historia-um.html>>. Acessado em 05 novembro de 2022.

SARMENTO-SOARES, L.M.; CLISTENES, A.; MARTINS-PINHEIRO, R.F. (2021). **Rios E**

**Peixes Do Paraguaçu na Chapada Diamantina: Conservação e Perspectivas.** Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Humanas. 134. 57.

SILVA, S. F. **Análise da disponibilidade e demanda frente a cenário de mudanças climáticas.** Dissertação de Mestrado - Universidade Federal da Bahia, 2012.

SILVA, J. L. C.; VIDAL, C.A.S.; BARROS, L. M.; FREITA, F. R. V. Aspectos Da Degradação Ambiental No Nordeste Do Brasil. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, n. 2, p. 180, 2018.

SILVA, N. L.; PALMA, S. V.; GUEDES, S.L.; POLKEING, E. L. **Uso da Terra de Mucugê e Ibicoara-BA, Mediante Avanço da Agricultura com Sensoriamento Remoto.** Resultados das pesquisas e inovações na área das engenharias, 2020.

SOUSA, F.; MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. D. S.; SILVA, V O Índice de Precipitação Padronizada (IPP) na identificação de extremos de chuvas e secas na bacia do rio Paraguaçu (BA). **Ambiência**, v. 12, n. 2, p. 707–719, 2016.

SOUZA, K. B.; SILVA, J. B. L.; RATKE, R. F.; LISBOA, G. S.; ALMEIDA, K. N. S. Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 567-573, 2017.

SOUZA, C.N. Avaliação dos usos da água na barragem do apertado, Mucugê- BA. 2017.51p.Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2017.

TUCCI, E. M.; CLARKE, R. T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUCCI, C.E.M. 2002. Impactos da variabilidade climática e do uso do solo nos recursos hídricos. **Câmara Temática sobre Recursos Hídricos**, Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. [S.l: s.n.].

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2012.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B.; FRANCO, R. A. M. **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Corregó Três Barras, Marinópolis.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.55-64, 2010.

## CAPÍTULO 4

### 1. CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

O mapeamento do uso e cobertura da terra é fundamental para estudos ambientais espaciais, auxiliando na gestão e preservação dos recursos naturais. A água é um recurso natural de suma importância à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem estar social. Apesar de ser um bem público, vem se tornando um recurso escasso e sendo agravada em virtude da desigualdade social e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. Para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos é imprescindível conhecer o comportamento hidrológico da bacia hidrográfica, e principalmente, suas relações com os agentes econômicos e socioambientais presentes na área.

Esta pesquisa teve como objetivo evidenciar o debate científico sobre como o uso e cobertura da terra pode influenciar para a manutenção dos corpos hídricos no mundo, por meio de pesquisa bibliométrica. De modo geral, o conjunto de procedimentos realizados neste estudo foram satisfatórios para alcançar os objetivos pretendidos. Por meio das aplicações técnicas do sensoriamento remoto interligado a algoritmos de aprendizado de máquinas na plataforma do Google Earth Engine, alcançaram-se resultados que concederam análises acerca de como o uso e cobertura da terra tem influenciado a manutenção dos corpos hídricos na Bacia do Paraguai. Além disso, a aplicação das técnicas bibliométricas realçaram tendências e correntes das produções científicas.

O capítulo 2 intitulado “Mudanças de uso e cobertura da terra e a dinâmica dos recursos hídricos: uma análise bibliométrica”, possibilitou realizar uma análise geral das publicações com temas correlatos a influência do uso e cobertura na manutenção dos corpos hídricos. Dessa forma, a aplicação da bibliometria resultou na evolução quantitativa de publicações, além de destacar as instituições, periódicos, países, autores e áreas do conhecimento. Essa aplicação foi relevante para o entendimento do campo teórico e na observação de lacunas e eixos que poderão ser pesquisados em outros estudos.

A análise bibliométrica representou eficácia e celeridade no levantamento teórico para o embasamento desta pesquisa. Foi possível perceber avanços nos termos e abordagens, do uso e evolução das geotecnologias, dos modelos de simulação, bem como a mudança da visão ambiental e importância de compreender como o meio ambiente tem sido impactado em razão das atividades antrópicas, auxiliando assim na elaboração de políticas públicas que visam a

conservação do meio ambiente, além de fornecer subsídio para os gestores de bacias hidrográficas. Recomenda-se aplicações bibliométricas nas bases de dados da Web of Science, PubMed e Scielo, pois assim, poderão ser ampliadas novas análises, e conseqüentemente, acrescer de outras literaturas para mensuração da atividade científica e no desenvolvimento de indicadores de produção.

Com relação ao capítulo 3, designado “Como a mudança de uso e cobertura da terra influencia na manutenção de corpos hídricos na bacia hidrográfica do Paraguaçu”, observou-se que o uso e ocupação da terra, desde o ano de 1985, tem gerado alterações significativas nas bacias de contribuição analisadas. O aumento da área urbanizada, redução da área de floresta e expansão das atividades agropecuárias impactaram diretamente da disponibilidade hídrica da região, fato que pode ser atestado com os dados das estações fluviométricas, visto que os mesmos apresentaram tendência de diminuição de suas vazões.

O monitoramento mostra que atividade antrópica ao longo dos anos tem gerado diversos impactos ambientais irreversíveis. Visto a dimensão dos danos ambientais, recomenda-se aos gestores ambientais a aplicação de diretrizes técnicas para tomadas de decisão, ações de monitoramento, políticas de controle e estudos que visem identificar os impactos e controlá-los.

Ainda, sugere-se a continuidade de estudos propondo a interferência em outros fatores no uso e cobertura da terra, como a utilização de sensores remotos com melhor resolução espacial, esforços em trabalho de campo visando aumentar a exatidão dos mapeamentos, além de outros parâmetros como sedimentos, turbidez, coliformes, fósforo.