

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

RODRIGO ZANELATI RIBEIRO

**DESAFIOS NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA FRENTE
A APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA ÁGUA**

GOIÂNIA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

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

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

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

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

1. Identificação do material bibliográfico

[] Dissertação [] Tese

2. Nome completo do autor

Rodrigo Zanelati Ribeiro

3. Título do trabalho

“DESAFIOS NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA FRENTE A APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA ÁGUA”

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

Concorda com a liberação total do documento [] SIM [] NÃO¹

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

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;

- Publicação da dissertação/tese em livro.

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



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO ZANELATI RIBEIRO, Discente**, em 12/01/2022, às 16:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denilson Teixeira, Professor do Magistério Superior**, em 12/01/2022, às 18:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2623117** e o código CRC **BF2E29B9**.

Referência: Processo nº 23070.068013/2021-91

SEI nº 2623117

RODRIGO ZANELATI RIBEIRO

**DESAFIOS NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA FRENTE
A APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Federal de Goiás como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de concentração: Estrutura e Dinâmica Ambiental

Linha de pesquisa: Monitoramento e Análise de Recursos Naturais

Orientador: Prof. Dr. Denilson Teixeira.

GOIÂNIA

2021

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

Ribeiro, Rodrigo Zanelati
DESAFIOS NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DA SEGURANÇA
HÍDRICA FRENTE A APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO
DA ÁGUA [manuscrito] / Rodrigo Zanelati Ribeiro. - 2021.
69 f.

Orientador: Prof. Dr. Denilson Teixeira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Pró
reitoria de Pós-graduação (PRPG), Programa de Pós-Graduação em
Ciências Ambientais, Goiânia, 2021.

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

1. Segurança hídrica. 2. Instrumentos de gestão da água. 3. Risco
hídrico. 4. Usos do solo. I. Teixeira, Denilson, orient. II. Título.

CDU 502/504



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

GERÊNCIA DE CURSOS E PROGRAMAS INTERDISCIPLINARES

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº **46** da sessão de Defesa de Dissertação de **discente Rodrigo Zanelati Ribeiro**, que confere o título de Mestre em **Ciências Ambientais**, na área de concentração em **Estrutura e Dinâmica Ambiental**.

Aos **dezesesseis dias de dezembro de 2021**, a partir das **15:00 horas**, na **sala virtual do Google Meet: <https://meet.google.com/aov-cyeu-knb>**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada **“DESAFIOS NO PROCESSO DE OBTENÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA FRENTE A APLICAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE GESTÃO DA ÁGUA”**. Os trabalhos foram instalados pelo Orientador, Professor Doutor **Denilson Teixeira (CIAMB/EECA/UFG)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Professor Doutor **Domingos Sávio Barbosa (ICAT/UFR)**, membro titular externo; Professor Doutor **Maximiliano Bayer (CIAMB/IESA/UFG)**, membro titular interno. Durante a arguição os membros da banca **não fizeram** sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido o candidato **aprovado** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **Denilson Teixeira**, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos **dezesesseis dias de dezembro de 2021**.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Domingos Sávio Barbosa, Usuário Externo**, em 13/01/2022, às 12:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **RODRIGO ZANELATI RIBEIRO, Discente**, em 13/01/2022, às 12:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Denilson Teixeira, Professor do Magistério Superior**, em 13/01/2022, às 13:50, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maximiliano Bayer, Professor do Magistério Superior**, em 13/01/2022, às 18:19, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2624534** e o código CRC **66CE460A**.

Referência: Processo nº 23070.068013/2021-91

SEI nº 2624534

À Deus por ser sempre minha força,
À toda minha família
pelo incentivo, apoio e compreensão constante,
Aos meus amigos e colegas pelo companheirismo,
Dedico.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, hoje e sempre, agradecer a Deus por iluminar meu caminho e guiar minhas escolhas, me proporcionar calma e sabedoria para superar todos os desafios pelo caminho trilhado.

À minha família, por todo amor e apoio, assim como por toda paciência e compreensão nos momentos nublados.

À Universidade Federal de Goiás (UFG) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (CIAMB) por todos os ensinamentos oferecidos que auxiliaram na elaboração deste trabalho.

Ao Prof^o. Dr. Denilson Teixeira por toda orientação e apoio durante os percursos da Pós-Graduação, sua sabedoria, didática, paciência, atenção e humanidade foram elementos essenciais para minha formação tanto pessoal, quanto profissional.

Aos professores da banca de defesa por atenderem prontamente ao meu convite.

À toda equipe técnica da Gerência de Outorgas da SEMAD/GO que têm me acompanhado durante todo o processo e me auxiliado em meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos e colegas da Pós-Graduação e do grupo de pesquisa em meio ambiente e sustentabilidade por estarmos juntos em todos os momentos, nos apoiando e incentivando.

Somos o que pensamos.
Tudo o que somos surge com nossos pensamentos.
Com nossos pensamentos, fazemos o nosso mundo.

Buda

Trajetória Acadêmica-profissional

Entre os anos de 2010 e 2016 cursei Engenharia Ambiental e Sanitária pela Universidade Federal de Goiás. Durante este período, no ano de 2012, fiz parte do projeto de pesquisa “Avaliação da qualidade da água distribuída à população dos municípios do Estado de Goiás, cujos prestadores de serviço sejam regulados pela AGR”. Em 2013, fui aprovado como estagiário para exercer a função de auxiliar de perito ambiental no Ministério Público do Estado de Goiás, onde fiquei até 2014, ano em que me desfiz do estágio para participar do programa de intercâmbio acadêmico Ciências sem Fronteiras, promovido pelo governo brasileiro, oportunidade essa em que estudei por um ano na instituição Wayne State University, situada na cidade de Detroit/Michigan, Estados Unidos. Durante esse período, participei do projeto de pesquisa de estudos de sólidos voláteis de amostras retiradas do lago St. Clair e aprimorei meus conhecimentos na língua inglesa.

Em 2018, fui aprovado e, em 2019, ingressei no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, em nível mestrado, pela Universidade Federal de Goiás. Ainda em 2019, participei do projeto de pesquisa para elaboração da atualização do Plano de Recursos Hídricos da bacia do rio Paranaíba finalizado em janeiro de 2020. Nessa ocasião, fui convidado, pela Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás – SEMAD/GO, a compor a equipe da Gerência de Outorgas como funcionário público comissionado, cargo que sigo em atividade até a atualidade.

Resumo

O aumento da demanda por água tem agravado os conflitos entre diferentes usuários e cerca de metade da população mundial vive em áreas de potencial escassez hídrica, por pelo menos um mês ao ano, percentual este que pode se agravar até 2050. Estas duas evidências apontam a dimensão da crise hídrica em uma escala mundial. A ampla literatura sobre o tema destaca que essa crise está mais relacionada à gestão do que à disponibilidade do recurso. Nesse sentido, existem lacunas em relação ao entendimento e aplicabilidade de instrumentos responsáveis pelo suporte ao processo de Gestão Integrada de Recursos Hídricos, assim como a sua importância para a Segurança Hídrica. Neste contexto, o objetivo principal da pesquisa é caracterizar o cenário atual de Segurança Hídrica, em uma bacia hidrográfica interestadual, bem como as fragilidades dos instrumentos legais envolvidos nesse processo. Para tanto, foi elaborado um mapeamento de risco demonstrando os pontos de fragilidade à Segurança Hídrica a partir dos dados de consumo da água, uso e ocupação do solo e disponibilidade hídrica da bacia. O estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, devido a sua importância socioeconômica para a região centro oeste do Brasil. Apresenta, como principais conclusões, a necessidade da efetiva aplicação dos instrumentos de gestão da Lei nº 9.433 de 1997, além da demonstração dos riscos elevados à segurança hídrica em regiões à montante de grandes centros urbanos e, principalmente, em regiões próximas à nascente do rio Paranaíba. Os resultados encontrados refletem uma realidade nacional.

Palavras-chave: Segurança hídrica, Instrumentos de gestão da água, Risco hídrico, Usos do solo.

Abstract

The increased demand for water has aggravated conflicts between different users and about half of the world's population lives in areas of potential water scarcity, for at least one month a year, a percentage that could worsen until 2050. These two pieces of evidence point to dimension of the water crisis on a world scale. The extensive literature on the subject highlights that this crisis is more related to management than to the availability of the resource. In this sense, there are gaps in the understanding and applicability of instruments responsible for supporting the Integrated Water Resources Management process, as well as their importance for Water Security. In this context, the main research's objective is to characterize the current scenario of Water Security, in an interstate hydrographic basin, as well as the weaknesses of the legal instruments involved in this process. To this end, a risk mapping was drawn up showing the weak points in terms of water security, based on water consumption data, land use and occupation, and water availability in the basin. The study was carried out in the hydrographic basin of the Paranaíba River, due to its socioeconomic importance for the central west region of Brazil. It presents, as main conclusions, the need for the effective application of the management instruments of Law nº 9,433 of 1997, in addition to demonstrating the high risks to water security in regions upstream of large urban centers and, mainly, in regions close to the source of the river Paranaíba. The results found reflect a national reality.

Keywords: Water security, Water management instruments, Water risk, Land use.

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Brasil | 33 |
| Figura 2 – Unidades de Gestão por unidades da federação..... | 34 |
| Figura 3 – Quadrículas representando a bacia hidrográfica do rio Paranaíba..... | 39 |
| Figura 4 – Proposta de enquadramento dos corpos hídricos superficiais | 43 |
| Figura 5 – Caracterização das bacias estaduais em que ocorre a cobrança pelo uso da água no Brasil. Em destaque a bacia do rio Paranaíba..... | 45 |
| Figura 6 – Mapeamento de densidade de Kanel utilizando os pontos de captação outorgados | 47 |
| Figura 7 – Mapeamento de risco à segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Paranaíba..... | 48 |
| Figura 8 – Levantamento de uso e ocupação do solo para a bacia do rio Paranaíba no ano de 2019 | 49 |
| Figura 9 – Quantitativo (%) da caracterização do uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba..... | 50 |
| Figura 10 – Quantitativo dos principais usos da água na bacia do rio Paranaíba..... | 51 |
| Figura 11 – Resumo dos fatores de criticidade observados..... | 57 |

Lista de quadros

| | |
|---|----|
| Quadro 1 – Palavras-chave utilizadas na contextualização das bases conceituais... | 31 |
| Quadro 2 – Participação das unidades da federação na bacia | 34 |
| Quadro 3 – Situação de implementação dos instrumentos de gestão da água na bacia hidrográfica do rio Paranaíba..... | 42 |
| Quadro 4 – Unidades da federação que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranaíba..... | 44 |

Lista de tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações da Adasa/DF | 46 |
| Tabela 2 – Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações da SEMAD/GO | 46 |
| Tabela 3 – Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações do IGAM/MG | 46 |

Lista de siglas

Adasa/DF – Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal

ANA – Agência Nacional de Água e Saneamento

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DF – Distrito Federal

GEE – Google Earth Engine

GO – Goiás

GIRH – Gestão Integrada de Recursos Hídricos

IGAM/MG – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IMASUL/MS – Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul

MG – Minas Gerais

MS – Mato Grosso do Sul

NASA - Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço

ONU – Organização das Nações Unidas

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PNSH – Plano Nacional de Segurança Hídrica

PRH – Plano de Recursos Hídricos

PRHP – Plano de Recursos Hídricos do rio Paranaíba

SEMAD/GO – Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Goiás

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRH – Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos

SNGRH – Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos

UF – Unidade da Federação

UNESCO – Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

Sumário

| | |
|---|----|
| Introdução | 19 |
| 1. Objetivos | 22 |
| a. Objetivo Geral | 22 |
| b. Objetivos Complementares | 22 |
| 2. Revisão de literatura | 22 |
| a. Bases conceituais | 22 |
| i. Segurança hídrica | 22 |
| ii. Instrumentos legais de gestão da água | 25 |
| iii. O uso e ocupação do solo no contexto dos usos da água | 28 |
| iv. Lacunas do conhecimento sobre segurança hídrica | 28 |
| 3. Metodologia | 31 |
| a. Levantamento das bases conceituais | 31 |
| b. Sujeito da pesquisa: delimitação e caracterização da área de estudo | 33 |
| c. Delineamento da pesquisa e procedimentos metodológicos | 35 |
| i. Definição dos instrumentos de gestão da água | 35 |
| ii. Levantamento dos dados necessários para a pesquisa | 35 |
| 1. Levantamento da situação de atividade de cada instrumento | 35 |
| 2. Levantamento dos órgãos ambientais atuantes | 35 |
| 3. Sistema de informação sobre recursos hídricos existentes em cada órgão ambiental para acesso à base de dados de outorgas | 36 |
| 4. Obtenção dos dados de outorga de uso da água | 36 |
| 5. Obtenção dos dados para caracterização do uso e ocupação do solo | 36 |
| iii. Processo de mapeamento da bacia hidrográfica do rio Paranaíba | 37 |
| 1. Refinamento dos dados de outorga | 37 |
| 2. Elaboração do Mapa de Risco | 37 |
| 3. Elaboração do Mapa de Densidade de Captações | 40 |
| 4. Elaboração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo | 40 |
| d. Limitações da pesquisa | 41 |
| 4. Resultados | 42 |
| a. Instrumentos legais de gestão de recursos hídricos | 42 |
| b. Regiões de potencial escassez de água | 47 |
| c. Caracterização de uso e ocupação do solo em relação aos principais consumos de água na bacia | 48 |

| | |
|---|----|
| 5. Discussões..... | 51 |
| a. Instrumentos legais de gestão de recursos hídricos e suas fragilidades | 51 |
| b. O Plano de recursos hídricos e os fatores socioeconômicos e ambientais..... | 53 |
| c. Os sistemas de informações e as bases de dados de recursos hídricos | 55 |
| d. Riscos e conflitos pelo uso da água..... | 56 |
| e. Dados disponíveis e a realidade em campo | 58 |
| Conclusões..... | 60 |
| Referências | 62 |

Introdução

É fácil perceber nas mídias ao redor do mundo como o assunto água é relevante e como os problemas decorrentes das crises hídricas são noticiados à população em geral.

O renomado jornal *The New York Times*, em 2019, publicou um conteúdo sobre estresse hídrico global com o seguinte título: “Um quarto da humanidade enfrenta a iminente crise da água” (NYT - Climate and Environment, 2019). No Brasil, o canal de notícias Globo News apresentou, no mesmo ano, uma matéria demonstrando preocupações com a crise hídrica no país, matéria esta que ganhou o título: “Crise hídrica: pode faltar água para 74 milhões de brasileiros até 2035”.

Este é o cenário no qual estamos vivendo. Ano após ano, em diversas partes do mundo, as populações vêm sofrendo com períodos maiores e mais severos de escassez de água que afetam até mesmo as necessidades básicas dos seres vivos. Em face disso, há anos estudos vêm sendo realizados com o intuito de entender os motivos e as formas de ocorrência dos eventos de escassez de água, assim como buscam prever situações de crise que afetarão a vida das populações.

Nesta perspectiva, estima-se que cerca de metade da população mundial viva em áreas de potencial escassez hídrica por pelo menos um mês ao ano, sendo ainda que esse percentual pode se agravar até 2050, podendo chegar a aproximadamente 5,7 bilhões de pessoas afetadas pela falta de água (BUREK, 2016). Estas situações de estresse enfrentadas, obrigam seus habitantes partirem em busca de melhores condições e, neste aspecto, as Nações Unidas (2009) preveem que cerca de 700 milhões de pessoas poderão se deslocar para outras regiões em busca de melhor acesso à água até 2030.

Além disso, a crescente escassez associada à necessidade constante de desenvolvimento do homem vem provocando aumento nos fatores de estresse por meio das coincidências espaciais e conflitos pelo uso da água (VÖRÖSMARTY et al., 2010). Como é colocado pelo Conselho Nacional da Indústria (2019) “[...] o desafio da segurança hídrica no país está mais relacionado à gestão do que à disponibilidade do recurso”, o que é uma verdade, visto que o Brasil está entre os países com maior disponibilidade de água potável do mundo, muito embora, encontra-se entre os cinco

maiores consumidores de água do planeta com um consumo de 482 Gm³/ano, estando atrás somente dos Estados Unidos, China e Índia (HOEKSTRA, 2012).

É neste contexto que a temática da segurança hídrica vem ganhando força e se consolidando como o conceito que busca entender os recursos hídricos e seus efeitos na qualidade de vida dos seres vivos, de forma a garantir água em qualidade e quantidade aceitáveis, prevenir eventos extremos de secas ou inundações, evitar o conflito pelo uso do recurso e promover o desenvolvimento sustentável.

Contudo, para entender esses novos desafios, estudos que buscam compreender o sistema hídrico desde alterações climáticas, caracterizações dos usos da água, modificações dos espaços geográficos, efeitos das ações humanas e até mesmo os comportamentos culturais em relação aos recursos hídricos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de demonstrar a atual situação desse recurso, entender sua dinâmica e prever os possíveis cenários futuros para que sejam criadas estratégias que busquem garantir a segurança hídrica aos diversos usuários existentes.

Sendo assim, percebe-se que há muitos desafios na busca da segurança hídrica para garantir o bem-estar das populações, começando pela necessidade de melhoria nos processos de gestão dos recursos hídricos, tais como a aplicação ampla e consolidada dos instrumentos legais de gestão da água e os fatores ligados ao uso e ocupação do solo, de forma a compreender como estes fatores têm afetado o cenário nas bacias hidrográficas.

Logo, é pensando nos desafios a serem enfrentados na obtenção da segurança hídrica que este trabalho se propõe a identificar as fragilidades na aplicação dos instrumentos de gestão da água dispostos na Lei nº 9.433 de 1997, determinar as regiões de potencial escassez, assim como trazer as relações entre os usos e ocupações do solo de uma bacia hidrográfica diante das informações referentes aos usos da água na bacia, demonstrando, assim, a caracterização do cenário atual de segurança hídrica.

Para tanto, o estudo foi realizado na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, a maior, em área, do estado de Goiás/Brasil e a segunda maior contribuição ao rio Paraná (ROSA et al., 2014). Bacia esta com predominância no Cerrado, bioma em foco nas questões econômicas brasileiras, principalmente, no que tange ao desenvolvimento do agronegócio. Importante destacar que o Cerrado se destaca

também na geração de energia hidrelétrica que abastece, em sua maioria, os estados de Goiás e Minas Gerais (FLAUZINO et al., 2010). Conseqüentemente, é perceptível que a gestão dos recursos hídricos da bacia do Paranaíba é um grande desafio para o desenvolvimento sustentável do Centro-Oeste brasileiro, bem como a obtenção da segurança hídrica, nesta região.

Dessa forma, para atingir o objetivo proposto foi realizado o levantamento dos instrumentos legais de gestão da água em atividade na bacia do rio Paranaíba, os dados de outorgas válidas para a região, a caracterização dos diversos usos do solo da bacia, o mapeamento desses usos e mapeamento de risco à segurança hídrica.

Por meio da metodologia desenvolvida observou-se que alguns dos instrumentos de gestão não foram aplicados ou estão em atividade de forma parcial, na bacia, sendo necessária a aplicação efetiva de todos os instrumentos para atender a Lei nº 9.433 de 1997. Percebeu-se, ainda, que a maior parte dos usos da água estão relacionados com atividades de irrigações, representando cerca de 79%; e abastecimento humano, com aproximadamente 7% dos usos totais. Além disso, a bacia apresenta riscos elevados à segurança hídrica em regiões a montante de grandes centros urbanos e principalmente em regiões próximas à nascente do rio Paranaíba.

Diante das conclusões observadas, este trabalho mostra-se relevante dada a sua importância para os estudos dos recursos hídricos, haja vista ter evidenciado as fragilidades encontradas no processo de aplicação dos instrumentos de gestão, assim como o entendimento da dinâmica entre os usos do solo e os usos da água, fatores estes que trazem subsídios para a compreensão do quadro atual de segurança hídrica da bacia, auxiliando, desta maneira, nas futuras tomadas de decisões referentes à gestão dos recursos hídricos. Além disso, a metodologia desenvolvida traz uma estrutura que pode ser aplicada em diversas outras bacias hidrográficas.

1. Objetivos

a. Objetivo Geral

Caracterizar o cenário atual de Segurança Hídrica na bacia hidrográfica do rio Paranaíba frente aos instrumentos legais de gestão de recursos hídricos.

b. Objetivos Complementares

- i. Identificar as fragilidades dos instrumentos de gestão da água dispostos na Lei nº 9.433 de 1997 aplicados à bacia hidrográfica do rio Paranaíba.
- ii. Determinar as regiões de potencial escassez de água e sua relação com o uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica.

2. Revisão de literatura

a. Bases conceituais

i. Segurança hídrica

Recursos hídricos é uma temática antiga, em discussão, remetendo a meados da década de 60, ocasião em que o foco era o desenvolvimento de infraestruturas hídricas. A década de 80 foi marcada pelo início das abordagens sobre a gestão da água e, só então, na década de 90, chega-se ao entendimento de que as questões hídricas deveriam ser tratadas de maneira integrada (SAVENIJE e VAN DER ZAAG, 2008). No entanto, somente diante dos cenários de crescente escassez e eventos climáticos extremos observados nos últimos anos que o termo “Segurança Hídrica” ganha força (PANDEY, 2021).

Ao ganhar destaque nas discussões mundiais, este tema torna-se, assim, um conceito fundamentado, isto é, definido pela UNESCO (2021) como “a capacidade de uma população em manter o acesso a quantidades adequadas de água com qualidade aceitável para sustentar a saúde humana e do ecossistema em uma bacia

hidrográfica, garantindo a proteção eficiente à vida e propriedades, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado a secas e cheias”.

Embora, atualmente, a segurança hídrica seja um conceito consolidado, ainda há autores que discutem a temática e a sua relação com outros conceitos. Alguns tendem a abordar a segurança hídrica baseados em fatores associados à gestão integrada, sustentabilidade ou mesmo à adaptabilidade ambiental (PANDEY, 2021). Em outros casos, apropriam-se do conceito de forma mais restrita buscando adaptá-lo à discussão de outras temáticas de igual ou maior relevância (HOEKSTRA E VAN GINKEL, 2018).

Mas dentre os diversos entendimentos e utilizações do conceito sobre segurança hídrica, o que está em foco é uma nova visão da relevância dos recursos hídricos e a necessidade de sua comunicação com outras áreas do conhecimento, atingindo uma abrangência interdisciplinar que ultrapasse as fronteiras da gestão integrada. Nesse momento, a segurança hídrica passa a ser a temática principal e os demais conceitos trabalham como apoio para o entendimento do contexto atual dos recursos hídricos diante dos cenários e desafios que estamos enfrentando (ACUÑA-ALONSO, 2021).

Desafios estes relacionados aos aumentos nas demandas de água para abastecer nosso sistema produtivo e de distribuição que vêm crescendo rapidamente em todo o mundo. A falta de água em diversas regiões do planeta, principalmente, em regiões áridas e de baixa disponibilidade hídrica, como o norte da África, Oriente Médio, Austrália Central e até mesmo partes da Argentina e Chile (Mekonnen e Hoekstra, 2016) afeta as vidas das pessoas diretamente. Além disso, a crescente escassez associada à necessidade constante de desenvolvimento humano, vem provocando aumento nos fatores de estresse por meio das coincidências espaciais e conflitos pelo uso da água (VÖRÖSMARTY et al., 2010).

Mesmo o Brasil, considerado um dos países com maior disponibilidade hídrica do mundo, com cerca de 12% da água doce do planeta, vem sofrendo com situações de escassez em diversas regiões. Isto ocorre devido à falta de equilíbrio entre a distribuição geográfica dos recursos hídricos e seus usos e da distribuição da população pelo país (ANA, 2020).

Por conseguinte, é possível identificar variados estudos pelo mundo que buscam analisar fatores ligados aos usos dos recursos hídricos. Estudos que trazem

discussões desde alterações climáticas e seus efeitos nos regimes hídricos (GUARNIER E BARROSO, 2021); (AHMED et al., 2021); (STRINGER et al., 2021), ou os impactos das alterações na disponibilidade de água e usos do solo, principalmente, no que tange os usos para processos produtivos como irrigações e produções hidrelétricas (CHEN et al., 2021); (SIQUEIRA et al., 2021); (CAMPOS et al., 2021); (MELLO et al., 2021), até estudos focados em entender os aspectos da gestão ligados à obtenção da segurança hídrica e futuros cenários sobre a situação dos recursos hídricos (ROBINNE et al., 2021); (IESE et al., 2021); (WINGFIELD et al., 2021).

Observa-se também a importância em se entender a dinâmica dos usos dos solos, pontuando-se principalmente as mudanças provenientes de ações antrópicas, e como esse processo de alterações na ocupação da bacia hidrográfica tem refletido no ciclo hidrológico. Tem se tornado comum encontrar trabalhos preocupados em demonstrar os efeitos das expansões urbanas no microclima regional e as alterações dos regimes hídricos, nessas áreas, assim como os efeitos dos centros urbanos na qualidade da água e os prejuízos à segurança hídrica relacionado a questões de saúde pública (ALAVIJEH et al., 2021); (PRASOOD et al., 2021).

No que diz respeito às questões relativas à preservação ambiental, é possível encontrar estudos que tratam das áreas de matas e como essas áreas são relevantes para a manutenção dos corpos hídricos tanto em quantidade como em qualidade da água (VÖRÖSMARTY et al., 2021); (KONER e SAMANTA, 2021).

Outros horizontes de pesquisas, pensando na segurança hídrica, são as preocupações com os eventos críticos relacionados às chuvas extensas, que provocam enchentes, inundações e preocupações sobre a segurança de barragens, ou, em oposição, os eventos extremos de seca que geram escassez de água e afetam diretamente até mesmo as necessidades básicas das pessoas (QIU et al., 2021); (GUARNIER e BARROSO, 2021).

E, ainda, uma problemática que ocorre não só no Brasil, mas em todo o mundo, os efeitos das más gestões governamentais no processo de gestão dos recursos hídricos, tendo esta questão grande atenção em diversas discussões acadêmicas e eventos mundiais sobre o meio ambiente e desenvolvimento sustentável (JULIO et al., 2021); (KESKINEN et al., 2021); (BRENNAN et al., 2021); (WUTICH et al., 2021).

Nacionalmente, a importância em fundamentar e colocar em prática os conceitos acerca da segurança hídrica alcançou o mais alto escalão da gestão pública e, por meio da Agência Nacional de Águas e Saneamento, desenvolveu-se e foi publicado, em 2020, o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH.

O PNSH traz consigo o conceito base abordado pela ONU, por meio da UNESCO, e tem como objetivo principal a elaboração de índices de segurança hídrica para todo o Brasil por meio da abordagem de quatro dimensões principais, sendo elas: garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos; garantia de acesso à água adequada às necessidades básicas e bem-estar da população; preservação de ecossistemas e da água em benefício da natureza e das pessoas; e resiliência a eventos extremos, como secas e inundações.

O desenvolvimento do PNSH, no Brasil, é de suma importância, tendo em vista as crises hídricas pelas quais o país vem passando, especialmente, na última década, destacando-se o ocorrido entre 2013 e 2016, quando, em razão de um longo período de estiagem, associado ao elevado consumo de água, aproximadamente 48 milhões de brasileiros se encontraram em situação de insegurança hídrica devido à escassez (SANTANA et al., 2020); (DA SILVA e SAMORA, 2019).

Estes acontecimentos não cessaram, ano após ano o país vem sofrendo com novos eventos de escassez. Somente em 2020 a SEMAD/GO, por meio da Portaria nº 212/2019 caracterizou 5 (cinco) das 16 (dezesesseis) bacias estaduais como em estado de criticidade – “consideradas aquelas onde existam conflitos instalados pelo uso da água” –, ou seja, localidades onde a demanda de água é maior que a oferta, fazendo com que alguns usuários não tenham acesso garantido ao recurso.

ii. Instrumentos legais de gestão da água

Diante do contexto nacional, foi publicada em janeiro de 1997 a Lei nº 9.433 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), conhecida também como lei das águas. A PNRH traz consigo uma série de objetivos, fundamentos, diretrizes e instrumentos a fim de assegurar a disponibilidade de água em quantidade e qualidade, promover a utilização racional dos recursos hídricos e a prevenção contra eventos hidrológicos críticos naturais ou antrópicos (MACHADO et al., 2019).

Em relação aos instrumentos legais de gestão da água, pela Lei nº 9.433 de 1997, em seu capítulo IV, tem-se:

DOS INSTRUMENTOS

Art. 5º São instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - os Planos de Recursos Hídricos;
- II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V - a compensação a municípios; – Vetado
- VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Os instrumentos da PNRH são reconhecidos como de vital importância dentro dos processos de gestão e tem como objetivos auxiliar a obtenção de prognósticos sobre os recursos hídricos e suas demandas nas bacias hidrográficas, nortear as necessidades de investimentos no que diz respeito às estruturas e programas de gestão da água e auxiliar na identificação de possíveis conflitos pelo uso do recurso advindos dos usos múltiplos (COUCEIRO e HAMADA, 2011).

Dentre os instrumentos, existem 5 (cinco) em validade e 1 (um), a compensação a municípios, que se encontra vetado. Dos instrumentos em validade, temos os planos de recursos hídricos que são documentos elaborados para bacias hidrográficas, contendo a caracterização e prognósticos, com o intuito de delinear os planejamentos dos usos da água em longo prazo (PIZELLA, 2015). É, ainda, o instrumento que através de uma visão integrada trabalha como orientador das ações dos órgãos gestores e comitês de bacias para a promoção do desenvolvimento sustentável (PRHP, 2013).

O enquadramento dos corpos de água em classes é definido pela resolução CONAMA nº 357 de 2005 como sendo o “estabelecimento da meta ou objetivo de qualidade da água (classe) a ser, obrigatoriamente, alcançado ou mantido em um segmento de corpo de água, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo”. Ainda segundo essa resolução, tem-se que o enquadramento dos corpos hídricos pode ocorrer em 5 (cinco) classes distintas, sendo elas: especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4, de modo que a classe especial é a classe com maiores exigências de qualidades e a classe 4 a de menores exigências (MACHADO et al., 2019). Observa-se aqui que, a resolução CONAMA 357/2005, diante da falta de enquadramento definido por estudos aprovados pelos comitês de bacias, determina que todos os corpos hídricos serão enquadrados como classe 2.

Para a outorga de direito de uso, diante do exposto pela PNRH, esse instrumento “tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos

usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água” e “deverá preservar o uso múltiplo destes”. Pela ANA (2019), a outorga “trata-se de uma autorização de uso da água que, não obstante o seu caráter administrativo, depende de uma série de análises técnicas realizadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos”, sendo ainda o direito ao uso da água, estabelecido pelo ato de outorga, um direito não alienado, podendo ser revogado a qualquer momento.

Por determinação da própria PNRH, a emissão das outorgas caberá prioritariamente aos órgãos estaduais, quando os recursos hídricos estiverem sob domínio estadual – corpos d’água que possuem nascente e foz dentro do mesmo domínio estadual. A órgão federal, quando os recursos hídricos estiverem sobre domínio da união – corpos d’água que escoam por mais de um domínio estadual ou corpos d’água provenientes de obras federais. É importante ressaltar que esta ferramenta está diretamente ligada à criação do sistema de informações, já que são as informações contidas nas outorgas de uso da água que alimentam o SIRH (SILVA et al., 2021).

A cobrança pelo uso da água é o instrumento que segundo a PNRH possuem três objetivos principais, tais como: “I) reconhecer a água como bem econômico e dar ao usuário uma indicação de seu real valor; II) incentivar a racionalização do uso da água e; III) obter recursos financeiros para o financiamento dos programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos”. Nesse aspecto, a ANA (2019) afirma que “a cobrança não é um imposto, mas uma remuneração pelo uso de um bem público, cujo preço é fixado a partir da participação dos usuários da água, da sociedade civil e do Poder Público [...]”.

Para o último dos instrumentos em atividades, o sistema de informações sobre recursos hídricos “é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão” (PNRH, 1997). Pode-se dizer também que esse instrumento deve apresentar dados amplos e consistentes, visto que servirão como base para a realização de estudos e tomadas de decisões em relação aos usos dos recursos hídricos (GAMA e CONDURÚ, 2019). A PNRH prevê também que as informações contidas nos sistemas de informações devem possuir como princípio o “acesso aos dados e informações garantidos à toda a sociedade”.

iii. O uso e ocupação do solo no contexto dos usos da água

Ao se pensar na temática e os fatores que estão diretamente ligados à antropização e alterações dos recursos hídricos, os usos e ocupações do solo serão sempre um dos principais componentes de análise e avaliação para os estudos referentes à água.

Nesse aspecto, nota-se o crescente número de estudos realizados na busca do entendimento dos efeitos referentes às mudanças nas características de cobertura do solo nos processos hidrológicos. A preocupação sobre esse assunto é observada, em todo o mundo, através de pesquisas desenvolvidas no campo das mudanças climáticas provenientes das alterações nos usos do solo e os efeitos na disponibilidade de água (SIQUEIRA et al., 2021); pelos efeitos da urbanização nos recursos hídricos (PRASOOD et al., 2021); pelos efeitos decorrentes dos processos de desmatamento e aumentos das áreas de agricultura e pastagens nos regimes hídricos das bacias hidrográficas (ADEGBOYEGA, 2021), (WANG et al., 2021); e até mesmo na relação de disponibilidade de água para a geração de energia hidrelétrica (MELLO et al., 2021), (ZHAO et al., 2021).

O entendimento das características dos usos do solo, seus efeitos e como podem entrar como fator de análise de ameaças aos sistemas hídricos, principalmente os usos advindos das atividades humanas, vem se tornando cada vez mais importantes no contexto de obtenção da segurança hídrica (ACUÑA-ALONSO, 2021).

Além disso, o levantamento da caracterização dos usos dos solos das bacias hidrográficas é primordial para o entendimento da dinâmica dos usos dos recursos hídricos no processo de aplicação dos instrumentos de gestão da água, sendo este levantamento um elemento norteador nas tomadas de decisões por parte dos gestores ambientais, os quais devem sempre buscar o uso racional e equilibrado da água de forma a garantir o acesso ao recurso para todos os usuários e promover a segurança hídrica.

iv. Lacunas do conhecimento sobre segurança hídrica

Por causa do aumento das crises hídricas que assolam as populações colocando-as em situações de insegurança hídrica, o mundo se voltou na busca por

entender as causas de eventos climáticos que têm colocado tantas vidas em risco. Frente a esse olhar global, inúmeros pesquisadores têm questionado quais são os principais fatores que afetam o ciclo hidrológico.

Considerando esta nova percepção em relação aos recursos hídricos, pesquisas ao redor do mundo vêm avançando no sentido de correlacionar quais as necessidades atuais de água, como esse recurso está sendo gerido, quais os efeitos das ações humanas no globo, como essas ações estão influenciando os ciclos hidrológicos, em escala local ou global, e quanto dessas alterações de fato estão ou não relacionadas com fatores antrópicos ou naturais (BRENNAN et al., 2021).

Ademais, as preocupações acerca da água consistem em compreender as necessidades humanas que, por sua vez, estão em constantes mudanças, a resiliência ambiental perante tantos impactos e como todo esse processo em conjunto pode afetar a qualidade de vida no futuro, diante da previsão de cenários (AADHAR e MISHRA, 2021).

Em uma abrangência nacional, as crises hídricas que afetam a segurança de bacias hidrográficas estão ligadas diretamente a três fatores principais, sendo eles: a má gestão dos recursos ambientais da bacia; o uso e ocupação do solo (desmatamento, expansão do sistema agrosilvipastoril, expansão urbana, expansão industrial) de forma desordenada (NETO et al., 2020), (FALKENMARK et al., 2014); e a necessidade de ampliação do monitoramento dos recursos hídricos (MATTOS et al., 2019).

Observa-se também o efeito das alterações do uso e ocupação do solo e a falta de esclarecimentos legais para o direcionamento do uso do solo em relação às alterações dos usos dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas. Nesse aspecto, é notada a falta de diretrizes específicas (no caso do Brasil) para a orientação do uso e ocupação dos solos nos próprios Planos de Bacias Hidrográficas (SALMORAL et al., 2018).

Quanto ao aspecto da gestão de recursos hídricos, é possível notar, diante dos trabalhos realizados, a ineficaz gestão, assim como a expansão desordenada dos usos e ocupações dos solos em bacias hidrográficas que têm promovido alterações nos regimes hídricos regionais e, conseqüentemente, provocado o aumento na demanda pelo uso da água que, por sua vez, aumenta a escassez e conflitos pelo uso em pontos de fragilidade da bacia (RAJSEKHAR e GORELICK, 2017).

Nesse contexto, destaca-se como a organização dos espaços de uma bacia vem sendo tratado enquanto fator de desordem, sendo necessária a busca pelo melhoramento no processo de sua gestão no que se refere aos usos dos recursos hídricos e as respectivas finalidades de uso que estão associadas às diversas tipologias de consumo da água. E, para que esse avanço na gestão seja possível, é importante que alguns fatores ligados a esse processo sejam revistos, tais como o melhor entendimento e aplicabilidade das legislações existentes, a ampliação dos levantamentos de dados e a criação de um arcabouço consistente de informações, sendo este último primordial para nortear a caracterização e as necessidades da bacia em relação aos usos dos recursos hídricos (CARVALHO et al.; 2021).

Importante salientar que diversos trabalhos realizados no Brasil trazem em suas conclusões a dificuldade em se obter dados concretos sobre os recursos hídricos, sejam estes quantitativos, referentes à disponibilidade ou consumo, ou qualitativos, se referindo às questões de qualidades físico-químicas e microbiológicas da água. Sendo notado um agravante quando se trata de coleta de dados, em dois sentidos: primeiro pela forma descentralizada de obtenção dos dados de consumo de água pelos órgãos ambientais, o que dificulta o acesso às informações; e segundo, o fato de diversas estações de coletas de dados hidrológicos apresentarem inconsistências ou mesmo estações fora de funcionamento (SILVA et al., 2021).

Nos últimos anos, vem se tornando crescente a importância da utilização das ferramentas de SIG (Sistema de Informações Geográficas) na realização de estudos ambientais, e, nesse aspecto, os recursos hídricos não estão de fora. Temos hoje as ferramentas de georreferenciamento e geoprocessamento como importantes auxiliares para a realização de caracterizações de bacias e espacialização de informações hidrológicas, dentre outras funções no processo de análises. Sendo assim, ressalta-se a necessidade constante da evolução dos estudos e utilizações das diversas ferramentas de SIG no âmbito de melhorarmos nossos entendimentos dos efeitos que vêm sendo gerados sobre os usos dos recursos hídricos e suas alterações nas bacias hidrográficas (SILVA et al., 2021); (RASHID e AHMED, 2018).

Além disso, é possível pontuar o uso do SIG como um importante suporte nas atividades de fiscalizações ambientais, trazendo significativo avanço na diminuição de irregularidades entre a realidade existente em campo e os dados que são fornecidos pelos órgãos reguladores.

3. Metodologia

a. Levantamento das bases conceituais

Para o levantamento das bases conceituais, foi utilizada uma estrutura metodológica partindo da escolha de um arcabouço de palavras-chave (Quadro 1) que possibilitaram encontrar documentos que se enquadram no contexto temático da GIHR e Segurança Hídrica, com a finalidade de identificar os desafios do processo de gestão para a obtenção da segurança hídrica em uma bacia hidrográfica.

Quadro 1 – Palavras-chave utilizadas na contextualização das bases conceituais

| Quadro de Palavras-Chave | |
|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Português | Inglês |
| Gestão da Água | Water Management |
| Gestão de Recursos Hídricos | Water Resource Management |
| Gestão Integrada de Recursos Hídricos | Integrated Water Resource Management |
| Segurança Hídrica | Water Security |
| Disponibilidade de água | Water Supply or Water Availability |
| Bacia hidrográfica | Watershed or River Basin |
| Gestão de bacia hidrográfica | Watershed Management |
| Governança | Governance |
| Uso do solo | Land Use |
| Escassez hídrica | Water scarcity or water drought |

Fonte: O autor.

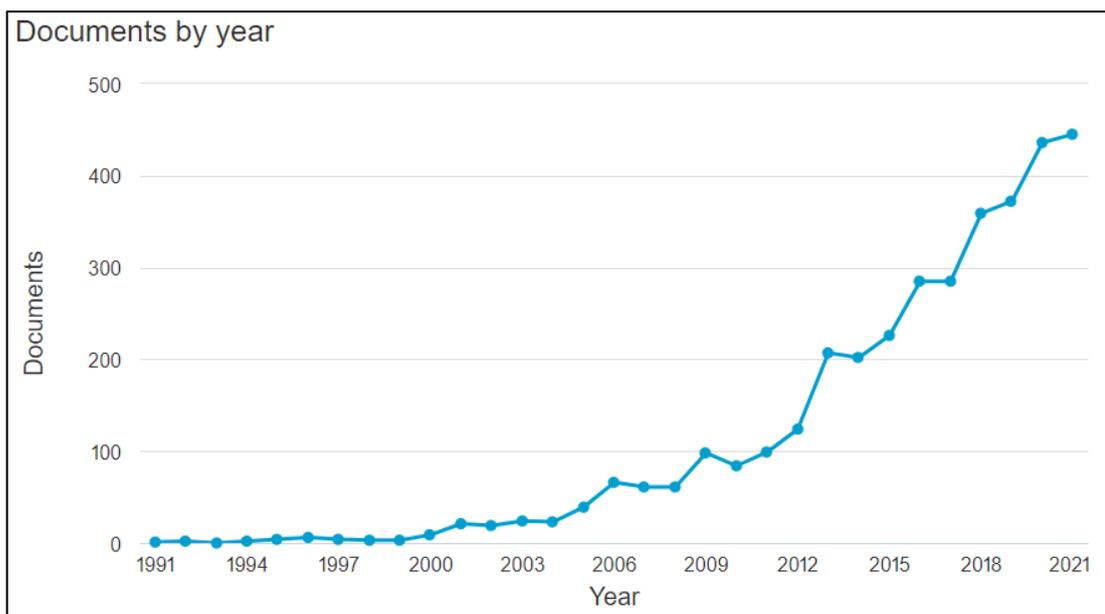
Juntamente com a escolha das palavras-chave, foi utilizada a ferramenta bibliométrica chamada VOSviewer para auxiliar no mapeamento dos documentos encontrados. Por meio do VOSviewer foi possível identificar grandes áreas temáticas dentro de um conjunto de documentos e, assim, filtrar as áreas de interesse. Ainda por meio desta ferramenta, foi possível identificar grupos de pesquisa, autores e regiões que mais desenvolvem trabalhos voltados para a temática da Gestão Integrada de Recursos Hídricos (GIHR) e da Segurança Hídrica.

Como base de dados, foi utilizado principalmente o SCOPUS, plataforma com publicações de relevância internacional e de caráter interdisciplinar nas áreas das ciências ambientais, sociais, físicas e da saúde (MORAL-MUÑOZ et al., 2020).

Para a pesquisa bibliográfica foram aplicados dois filtros, sendo eles: o filtro temporal, com o qual foram escolhidas publicações nos últimos 20 anos; e o filtro por tipologia de publicações, usado para selecionar somente documentos do tipo “Artigos” e “Artigos de revisão”.

A escala temporal de 20 anos foi decidida ao analisar, na própria plataforma SCOPUS, que a temática voltada para as discussões da Segurança Hídrica começou a apresentar uma curva de crescimento significativa a partir do ano 2000, seguindo uma tendência ascendente até o ano atual (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Crescimento de publicações para o tema de segurança hídrica.



Fonte: Scopus.

Com o intuito de nortear o levantamento das bases conceituais, foi realizada uma revisão bibliográfica sistematizada com seleção dos artigos e artigos de revisão de interesse. A escolha deste filtro se deve ao fato dessa tipologia de documento possuir informações e metodologias detalhadas, validades entre pares e desenvolvidas institucionalmente (GÓMEZ e MACHADO, 2007).

Para os artigos e artigos de revisão encontrados na plataforma SCOPUS para a temática da GIRH e Segurança Hídrica em bacias hidrográficas, foram selecionados aproximadamente 170 documentos, dos quais 52 foram tabulados, dando forma à

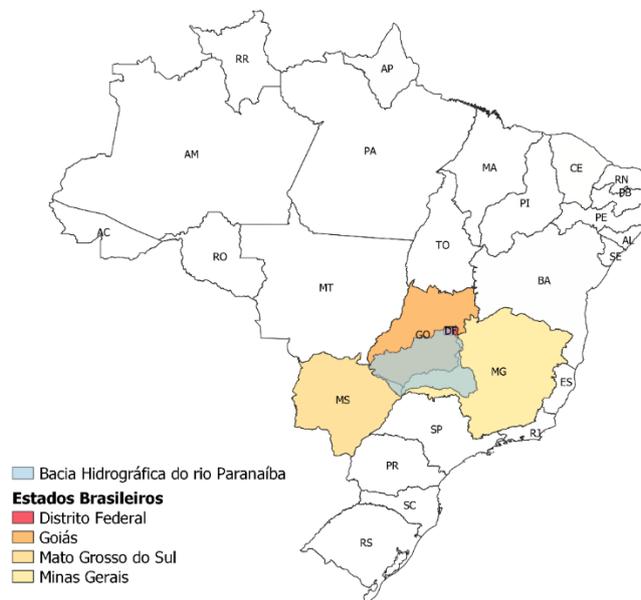
planilha de revisão sistemática contendo os dados de título, autores, palavras-chave utilizadas pelo autor, ano de publicação, local de publicação (periódico) e o resumo demonstrando a temática da pesquisa.

b. Sujeito da pesquisa: delimitação e caracterização da área de estudo

Para este trabalho, foi selecionado um recorte espacial pensando em uma bacia hidrográfica que possuísse usos diversos dos recursos hídricos, tivesse relevância econômica, escala de abrangência com duas ou mais divisões de governança (unidades da federação) e que já tivesse um Plano de Recursos Hidrográficos elaborado.

Dessa forma, foi selecionada a bacia hidrográfica do rio Paranaíba que possui uma área de 222,6 mil km², está situada na região central do Brasil (Figura 1), abrangendo os Biomas Cerrado e Mata Atlântica (PRHP, 2013), é composta por quatro unidades da federação (Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul) (Quadro 2) e possui, desde 2013, o seu Plano de Recursos Hidrográficos aprovado e em atividade.

Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Brasil



Fonte: O autor.

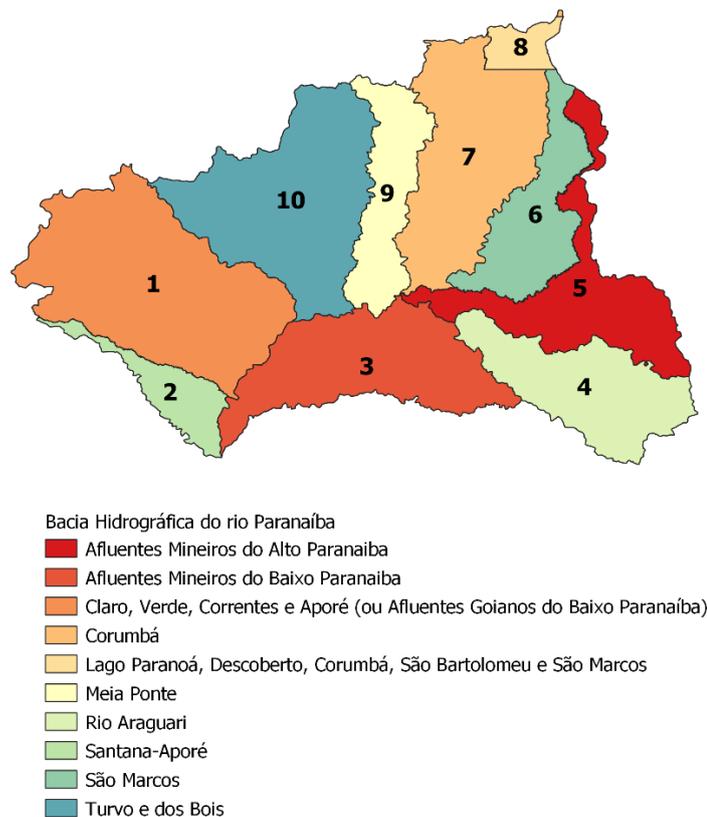
Quadro 2 – Participação das unidades da federação na bacia

| Unidade da Federação | Área da bacia | | Número de Municípios na bacia | |
|----------------------|--------------------|--------------|-------------------------------|------------|
| | (Km ²) | (%) | Total | Com sede |
| Distrito Federal | 3.665,4 | 1,6 | 1 | 1 |
| Goiás | 140.832,3 | 63,3 | 137 | 122 |
| Minas Gerais | 70.502,9 | 31,7 | 56 | 44 |
| Mato Grosso do Sul | 7.591,9 | 3,4 | 4 | 3 |
| Total | 222.592,5 | 100,0 | 198 | 170 |

Fonte: Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba 2013.

Ainda sobre essa bacia hidrográfica, ela está dividida em dez unidades de gestão, das quais uma está inserida no Distrito Federal (nº 8), cinco estão no estado de Goiás (nº 1, 6, 7, 9 e 10), três no estado de Minas Gerais (nº 3, 4 e 5) e uma no estado do Mato Grosso do Sul (nº 2) (Figura 2).

Figura 2 – Unidades de Gestão por unidades da federação



Fonte: O autor.

c. Delineamento da pesquisa e procedimentos metodológicos

i. Definição dos instrumentos de gestão da água

Para a seleção dos instrumentos de gestão de recursos hídricos, foi utilizado o aspecto legal que rege as questões hídricas no Brasil, de forma que, por meio da PNRH, em seu Art. 5º do Capítulo IV, tem-se os principais instrumentos a serem utilizados no processo de gestão da água no país, tais quais: os planos de recursos hídricos; o enquadramento do corpo de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a compensação à municípios (vetado) e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

ii. Levantamento dos dados necessários para a pesquisa

1. Levantamento da situação de atividade de cada instrumento

Para averiguar a situação em que se encontra cada instrumento legal da GIRH, foram utilizados os levantamentos da Agência Nacional de Águas fornecidos por meio das conjunturas dos recursos hídricos no Brasil. Para este trabalho, foram utilizadas as conjunturas específicas de cada instrumento referente ao ano de 2019 e o relatório geral dos recursos hídricos referente ao ano de 2020.

Ainda nesta etapa, foram utilizados o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Paranaíba, publicado em 2013, e o documento de revisão do plano realizado em 2015.

2. Levantamento dos órgãos ambientais atuantes

O levantamento dos órgãos ambientais que atuam na gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba foi realizado através da determinação das Unidades da Federação onde a bacia está situada. Dessa forma, foi utilizado o próprio levantamento da caracterização da gestão apresentada no PRH da bacia que, por seu turno, informa as UFs e os respectivos órgãos ambientais responsáveis pelos recursos hídricos em cada unidade.

3. Sistema de informação sobre recursos hídricos existentes em cada órgão ambiental para acesso à base de dados de outorgas

Para a identificação dos SIRH de cada órgão ambiental, foram utilizados os “websites” específicos de cada instituição, de forma a buscar pelo local onde são apresentados e disponibilizados os dados gerados. Logo, foram utilizados os seguintes diretórios:

Adasa/DF: <http://gis.adasa.df.gov.br/portal/home/index.html>

SEMAD/GO: <https://siga.meioambiente.go.gov.br/>

IGAM/MG: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>

IMASUL/MS: <https://www.pinms.ms.gov.br/portal/home/>

4. Obtenção dos dados de outorga de uso da água

Todos os dados utilizados neste trabalho foram obtidos por meio dos sistemas de informação sobre os recursos hídricos juntos aos órgãos ambientais de cada unidade da federação em que a bacia do rio Paranaíba está situada. Portanto, entende-se que os dados utilizados são os dados oficiais disponíveis, dados esses relacionados às outorgas emitidas pelos órgãos ambientais.

O levantamento dos dados relativos às outorgas de direito de uso da água emitidos por cada órgão ambiental foi realizado por meio do *download* de arquivos em formato *shapefile* disponibilizados pelos SIRH dos órgãos e por meio de contatos diretos via telefone e e-mail.

Os dados disponibilizados pelo próprio SIRH e passíveis de *download* foram os dos estados de Goiás e Minas Gerais, enquanto para o Distrito Federal e Mato Grosso do Sul foram necessários contatos via telefone e e-mail, visto que os seus dados não estavam disponíveis ao público.

5. Obtenção dos dados para caracterização do uso e ocupação do solo

Para os dados de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Paranaíba, utilizou-se a coleção 5 de mapas disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil – MapBiomias. A coleção 5 se refere ao mapeamento dos usos e ocupações para o ano de 2019.

iii. Processo de mapeamento da bacia hidrográfica do rio Paranaíba

1. Refinamento dos dados de outorga

Após a obtenção dos dados junto aos órgãos ambientais de cada unidade da federação, foram contabilizadas um total de 21.620 outorgas para toda a bacia. Fez-se necessário refiná-los de forma a torná-los homogêneos nos quesitos de formatação de coordenadas geográficas para que se tornassem trabalháveis no *software Qgis*, nomenclaturas das tipologias de uso e unidades de medida, tornando todas as unidades de vazão em metros cúbicos por hora (m^3/h) e todas as unidades de volume em metros cúbicos (m^3).

Para as bases de dados de outorga em que não existiam os dados de volume de água por ano, foi necessário realizar o cálculo do mesmo por meio dos dados de vazão e total de horas de consumo no ano multiplicando-se a vazão (m^3/h) pelo tempo em horas, obtendo-se o volume anual em metros cúbicos (m^3).

Além disso, foram removidas todas as outorgas com portarias vencidas com datas anteriores ao ano de 2020 e outorgas em que o dado de vazão estava com valor zero.

2. Elaboração do Mapa de Risco

Instaurado pela ONU-Águas e adaptado ao contexto brasileiro, a ANA apresenta o Plano Nacional de Segurança Hídrica – PNSH (2019) com o objetivo de criar índices de segurança hídrica para todo o país.

Para a elaboração dos índices de segurança hídrica a ANA engloba vários fatores, como por exemplo, a qualidade da água, quantidade de água disponível, estruturas hídricas, investimentos em desenvolvimento de projetos hídricos, dentre outros.

Baseando-se nos fatores de análise utilizados pela ANA, o trabalho em tela, por meio de seu desenvolvimento prático, visa apresentar um mapeamento de risco dos recursos hídricos através do olhar quantitativo, focando, então, na dimensão de

“garantia de suprimento de água para atividades produtivas e usos múltiplos”, como colocado pela ANA.

Sendo assim, tem-se que o mapeamento de risco é uma metodologia que vem sendo utilizada para tratar diversas variáveis de forma integrada usando ferramentas de sistemas de informações geográficas (SIG) com o intuito de demonstrar potenciais localidades que apresentam riscos a um determinado fator de análise (SUN et al., 2020); (NETO et al., 2021).

Para este trabalho, observa-se como fator de estudo a segurança hídrica da bacia hidrográfica do rio Paranaíba com foco em parâmetros ligados à potencial escassez de água, tais como dados de precipitação, dados de entrada, dados de evapotranspiração e consumo (outorgas), bem como dados de saída dentro desse sistema hídrico analisado.

Com os dados de outorga refinados e prontos para manuseio, passou-se para a etapa de georreferenciamento e geoprocessamento dos dados no Qgis e confecção do mapa de risco à segurança hídrica. Essa etapa consiste em 6 (seis) atividades, sendo elas: escolha das bases de dados espaciais georreferenciadas, divisão da área da bacia em quadrículas, espacialização dos dados de consumo de água (outorgas), cálculo do balanço hídrico por quadrículas, processamentos dos dados espacializados para geração do mapa e caracterização das áreas de risco à segurança hídrica da bacia.

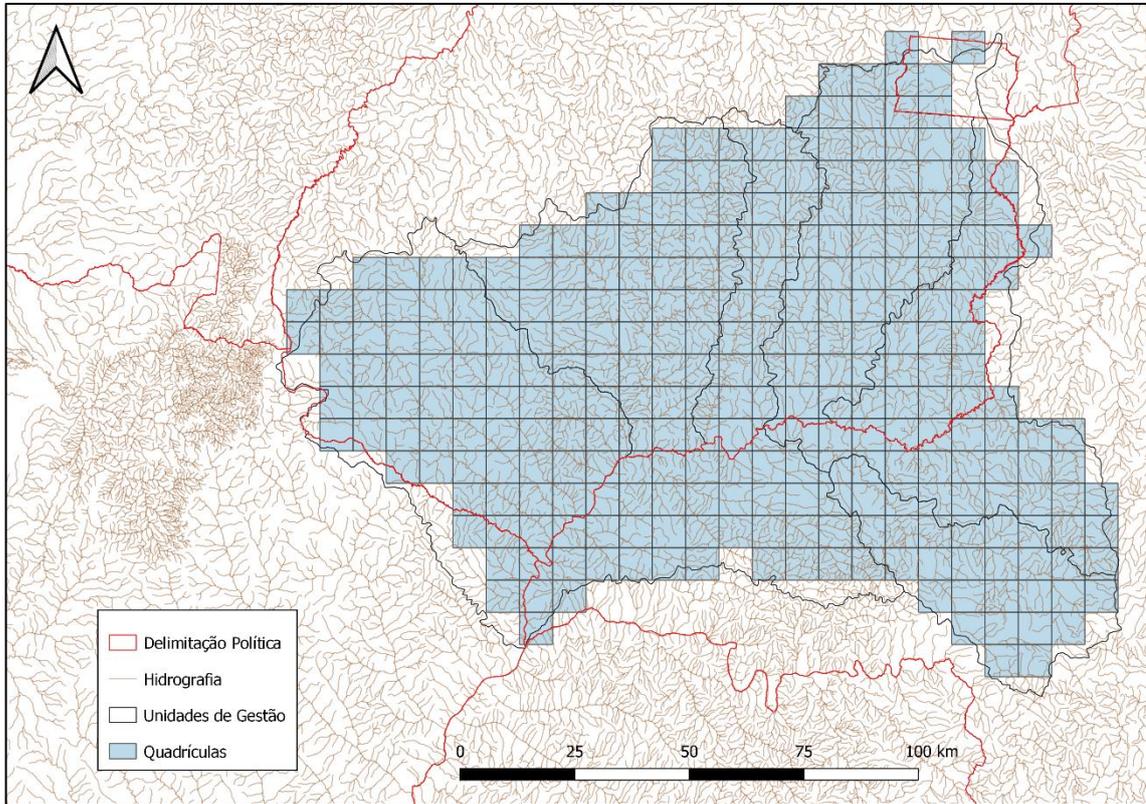
Iniciando pelas bases de dados espaciais georreferenciadas, utilizou-se imagens *raster* de precipitação e evapotranspiração, para o ano de 2020, disponibilizadas pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço – NASA, por meio da base de dados climáticos Geovanni. As imagens selecionadas foram as de precipitação total mensal e evapotranspiração mensal (fornecidas pelo satélite NOAH) com resolução espacial de 27.615 metros por 26.980 metros e unidade de medida em quilogramas por metro quadrado por segundo ($\text{Kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$).

Observa-se que pelas unidades das imagens *raster*, foi necessário transformar a densidade da água ($\text{Kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) em unidade de volume para todo o ano de análise, de forma que, ao final, as imagens apresentassem, por quadrícula, os dados em metros cúbicos.

Com a base de dados espaciais (imagens *raster*), utilizou-se a resolução espacial de 27.615 metros por 26.980 metros para gerar um mapa quadriculado da

bacia hidrográfica do rio Paranaíba. Por meio dessa atividade, foram geradas 283 quadrículas representando toda a área da bacia (Figura 3).

Figura 3 – Quadrículas representando a bacia hidrográfica do rio Paranaíba



Fonte: O autor.

Com a área da bacia dividida em quadrículas, foi possível adicionar todos os pontos de outorga no mapa, demonstrando por quadrícula qual o total de consumo de água em metros cúbicos por ano. Nessa etapa, pontua-se que, ao realizar a divisão da bacia em quadrículas e a posterior espacialização das outorgas dos 21.620 pontos existentes, inicialmente, somente 19.775 pontos foram considerados dentro das áreas das quadrículas, obtendo uma perda de aproximadamente 8,5% de dados no processo de formação do mapeamento de risco.

Em seguida, o dado de consumo de água anual foi processado a fim de gerar um arquivo em formato *raster* para se enquadrar à formatação das imagens de precipitação total e evapotranspiração. Feito isso e tendo todas as 3 (três) imagens na mesma formatação de dados, foi possível realizar o cálculo do balanço hídrico consistido na subtração da precipitação total anual pela evapotranspiração anual e

pelo consumo anual (outorgas), gerando, então, o mapa de risco à segurança hídrica pelo critério quantitativo.

Como em algumas regiões do mapeamento observou-se quadrículas em que a soma da perda de água pela evapotranspiração, somada ao consumo outorgado, eram maiores que a disponibilidade advinda da precipitação. Foi, então, criada uma graduação de risco para o mapa, saindo de risco baixo para regiões em que a demanda de água é positiva, para risco crítico, para regiões em que a demanda de água é negativa.

3. Elaboração do Mapa de Densidade de Captações

Para o mapeamento de densidade foi utilizada a técnica de mapeamento de Kernel que consiste em um método estatístico baseado na estimativa de curvas de densidades de pontos existentes no mapa em análise (BARBOSA e RONQUIM, 2021).

Tendo a distribuição dos pontos de outorga no Qgis, bastou-se a utilização do programa estatístico de “mapeamento de calor” disponível pelo próprio *software* para que fosse gerado, então, o cálculo de densidade de Kernel, por meio do geoprocessamento dos pontos de outorga, foi gerado o mapeamento de densidade de outorgas na bacia do Paranaíba.

4. Elaboração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo

Para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo da bacia do rio Paranaíba, utilizou-se o programa de geoprocessamento *Google Earth Engine*. Este possui acesso direto à base de dados do MapBiomias.

Utilizando-se o código de acesso disponível na página do MapBiomias para as imagens da coleção 5, referentes ao ano de 2019, foram, então, extraídas as imagens do uso e ocupação do solo usando como recorte espacial a delimitação da bacia em estudo. As imagens obtidas foram baixadas em formato *raster* e, posteriormente, trabalhadas no Qgis para realização da caracterização dos usos.

Para a caracterização, foi utilizada a orientação de graduação fornecida pelo próprio MapBiomias com o intuito de manter a formatação metodológica estabelecida por eles.

Por meio das imagens *raster* obtidas pelo MapBiomas, seguido pela atividade de geoprocessamento e caracterização dessas imagens no Qgis, foram extraídas as informações quantitativas das imagens por meio do uso das ferramentas estatísticas do Qgis, sendo possível obter o gráfico, em porcentagem, das tipologias de usos e ocupações do solo da bacia.

d. Limitações da pesquisa

Para o trabalho em tela foram observadas 4 (quatro) principais limitações que influenciaram diretamente os resultados encontrados.

Primeiro, a não acessibilidade aos dados de outorga para a sub-bacia Santana-Aporé. Devido a não disponibilização dos dados, mesmo após contatos com o órgão ambiental responsável por essa sub-bacia, esta situação acabou por inviabilizar o mapeamento de risco à segurança hídrica para essa região da bacia por falta de dados de consumo.

O segundo limitador advém da qualidade dos dados obtidos pelos sistemas de informações sobre recursos hídricos, visto que foi necessária a realização de uma etapa somente para filtragem e homogeneização dos dados coletados.

A terceira limitação foi observada durante o desenvolvimento da metodologia para espacialização dos dados de outorga por quadrículas. Durante a divisão da área da bacia em quadrículas de 27.615 metros por 26.980 metros, notou-se que algumas áreas que margeiam a bacia ficaram fora do cálculo, o que acarretou a não realização do mapeamento de risco dessas áreas. Dessa forma, foi observada uma estimativa de aproximadamente 8,5% de dados que não foram utilizados no processamento para confecção do mapa de risco. Este valor foi encontrado por meio do total de dados de outorga existentes inicialmente menos o total de dados existentes após a divisão da área por quadrículas e dividido pelo total de dados de outorga iniciais.

A quarta limitação é observada na caracterização do mapeamento de risco à segurança hídrica. Em razão do trabalho ser baseado na utilização de dados oficiais de outorga, eles demonstram apenas uma parcela da realidade em relação à realidade de uso dos recursos hídricos que são encontrados em campo.

4. Resultados

a. Instrumentos legais de gestão de recursos hídricos

Diante do exposto no capítulo IV da Lei nº 9.433 de 1997, que institui a PNRH e cria o SNGRH, existe um total de 6 (seis) instrumentos que orientam o processo de gestão da água em todo o Brasil. Para a bacia do rio Paranaíba, somente o plano de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso e o sistema de informações sobre recursos hídricos estão implementados integralmente. Dos demais, a compensação a municípios encontra-se vetado, a cobrança pelo uso do recurso hídrico não contempla todas as regiões da bacia, estando este implementado de forma parcial, e o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo usos preponderantes ainda não está em vigor (Quadro 3).

Quadro 3 – Situação de implementação dos instrumentos de gestão da água na bacia hidrográfica do rio Paranaíba

| Instrumentos | Unidades da Federação | | | |
|---|-----------------------|-------|--------------|--------------------|
| | Distrito Federal | Goiás | Minas Gerais | Mato Grosso do Sul |
| Plano de recursos hídricos | | | | |
| Enquadramento dos corpos hídricos em classe | | | | |
| Outorga de direito de uso | | | | |
| Cobrança pelo uso da água | | | | |
| Sistema de informações de recursos hídricos | | | | |

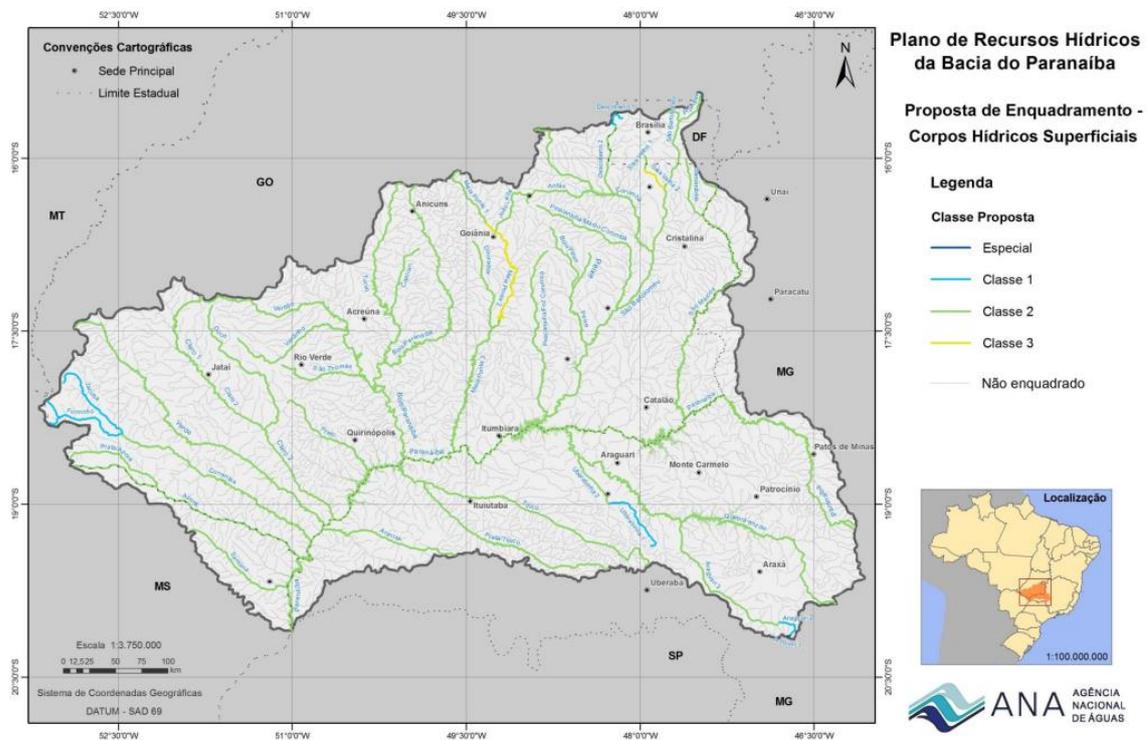
| | |
|---|--|
| Instrumento em atividade integral na UF | |
| Instrumento em atividade parcial na UF | |
| Instrumento não implementado na UF | |

Fonte: O autor.

Dessa forma, por meio dos levantamentos realizados para caracterização das situações de implementação dos instrumentos de gestão, observou-se que o PRH do rio Paranaíba teve início em 2008 por meio da montagem da equipe técnica que seria responsável pelo acompanhamento da elaboração do plano, seguido pela criação do Termo de Referência que daria origem à estrutura do PRH. Com o Termo de Referência aprovado, iniciou-se em 2010 a elaboração do PRH, finalizado e publicado em 2013, e se encontra em vigor ainda hoje.

O enquadramento dos corpos de água em classes foi um dos principais objetivos do CBH Paranaíba juntamente com a criação do PRH e, ainda que conste no plano uma proposta de mapeamento dos mananciais em classes específicas (Figura 4), os enquadramentos propostos não foram aprovados por falta de dados e estudos consistentes, de forma que os corpos hídricos da bacia do rio Paranaíba ainda não possuem classes definidas, seguindo somente a norma geral estabelecida pela Resolução CONAMA nº 357 de 2005 que diz: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2 [...]”.

Figura 4 – Proposta de enquadramento dos corpos hídricos superficiais



Fonte: PRH rio Paranaíba, 2013.

Em relação à outorga de direito de uso, por causa de a bacia hidrográfica do rio Paranaíba possuir abrangência interestadual, observa-se que a dominialidade ocorre tanto em escala federal quanto estadual. Os mananciais que nascem e escoam para o rio Paranaíba dentro do mesmo domínio são considerados mananciais de domínio estadual, sendo então de responsabilidade do órgão estadual analisar e emitir outorgas de direito de uso dos recursos hídricos. Ao passo que mananciais que fluem por mais de um estado ou recursos hídricos provenientes de obras federais, as emissões de outorgas nessas localidades ficam a cargo do órgão federal.

Para este trabalho, foi limitada a análise somente das outorgas que são de responsabilidade dos domínios estaduais, assim, tem-se que a bacia do rio Paranaíba se encontra sob quatro dominialidades diferentes, sendo elas o Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, cada um com seu respectivo órgão ambiental responsável pelas emissões das outorgas de água (Quadro 4).

Quadro 4 – Unidades da federação que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranaíba

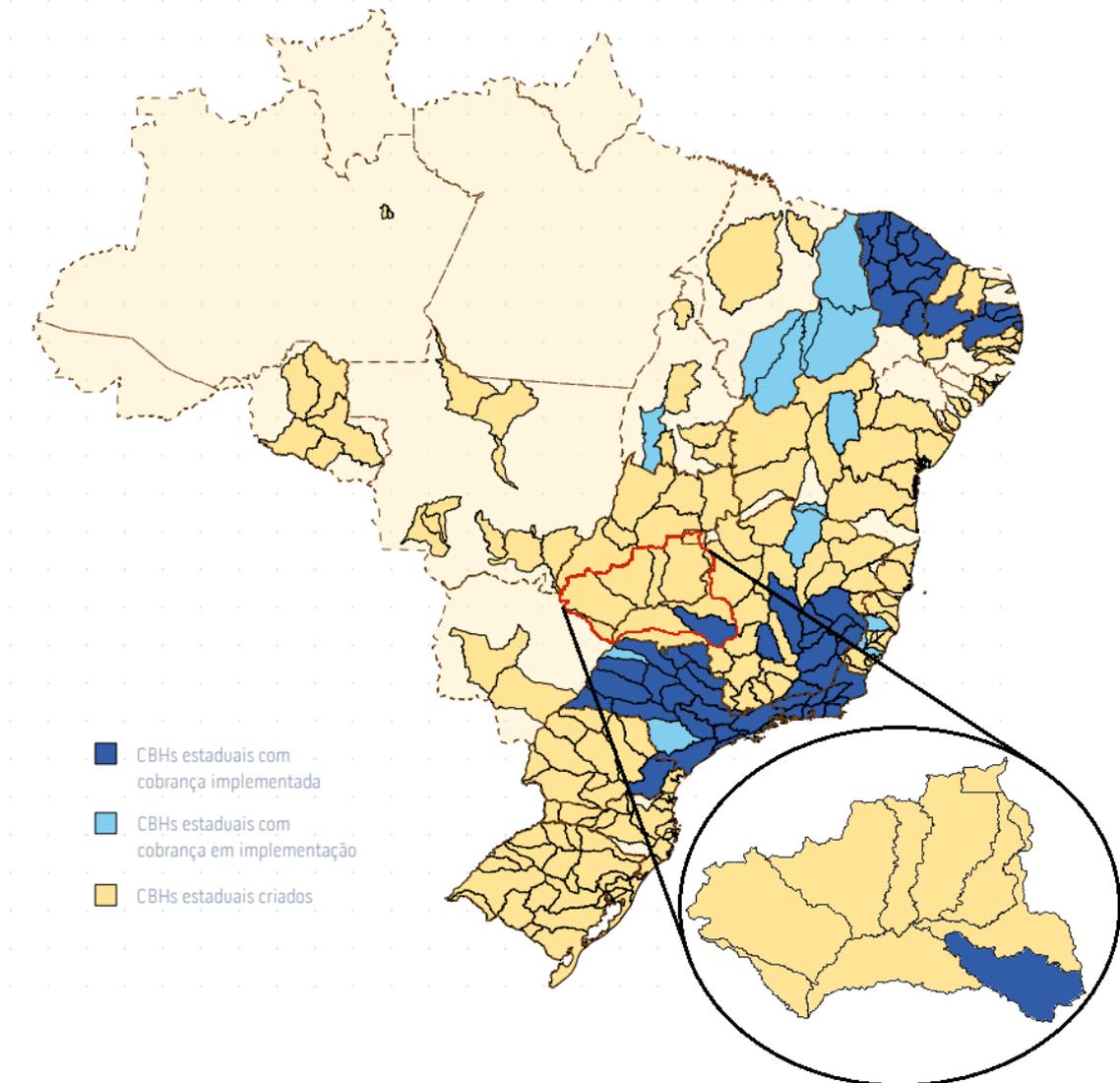
| Relação de UF x Órgão Responsável | |
|--|------------------------------------|
| Unidade da Federação | Órgão Ambiental Responsável |
| Distrito Federal | Adasa |
| Goiás | SEMAD/GO |
| Minas Gerais | IGAM |
| Mato Grosso do Sul | IMASUL |

Fonte: O autor.

A cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paranaíba, por parte dos órgãos ambientais estaduais, está limitada somente a porção sudeste caracterizada pela sub-bacia do rio Araguari, no estado de Minas Gerais, sendo que em todo o restante da bacia não há cobrança pelos usos dos recursos hídricos (Figura 5). No entanto, em escala federal, ou seja, para todo uso da água situada em regiões de domínio da União, a cobrança está implementada desde 2017.

Figura 5 – Caracterização das bacias estaduais em que ocorre a cobrança pelo uso da água no Brasil. Em destaque a bacia do rio Paranaíba

COBRANÇA PELO USO DE RECURSOS HÍDRICOS NO BRASIL - BACIAS ESTADUAIS



Fonte: ANA, 2019. Modificado pelo autor.

Para o sistema de informações de recursos hídricos, durante o levantamento dos dados de outorga, foi identificado que todas as unidades da federação (DF, GO, MG e MS) possuem essa ferramenta bem consolidada. Contudo, observa-se que nem todos os sistemas são de fácil acesso pela sociedade, visto que os dados das outorgas do DF e MS não estão disponíveis para *download*, sendo necessário entrar em contato com o órgão gestor para solicitar os dados desejados. Entre os contatos realizados com o DF e MS, somente o DF atendeu e enviou os dados de outorga. Em relação aos estados de GO e MG, estes possuem os dados livres para *download*.

Diante dos dados obtidos, observou-se um total de 21.620 pontos de outorgas para a bacia do rio Paranaíba. Para cada ponto foram extraídas as informações de coordenadas, vazões, volumes anuais e finalidades de uso. Aqui observa-se que não há um padrão em como as informações são apresentadas por cada sistema. Nos dados da ADASA, a informação fornecida é diretamente o volume outorgado mensal e anual (Tabela 1). Nos dados da SEMAD/GO, a coluna “INT_QT_VAZ” representa a vazão média anual em metros cúbicos por hora (m³/h) e a aba “INT_QT_VOL” apresenta o volume outorgado anual em metros cúbicos (m³) (Tabela 2).

Quanto aos dados do IGAM-MG, foi necessário realizar o cálculo do volume total anual captado por ponto, por apresentarem somente a vazão e o período de captação por mês (colunas em verde na Tabela 3). Logo, fez-se necessário realizar um refinamento dos dados para que, ao final, todos possuíssem as mesmas características em nomenclaturas e unidades de medida, ou seja, todas as unidades foram convertidas para metros cúbicos por ano (m³/ano).

Tabela 1 – Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações da Adasa/DF

| Tipo de captação | Bacia hidrográfica | Finalidade de maior demanda | Volume máximo outorgado (m ³ /mês) | Volume máximo outorgado (m ³ /Ano) | Latitude | Longitude |
|------------------|--------------------|-----------------------------|---|---|------------|-------------|
| SUPERFICIAL | RIO SÃO BARTOLOMEU | CRIAÇÃO DE ANIMAIS | 53,568 | 642,816 | -15,752658 | -47,7272025 |
| SUPERFICIAL | RIO DESCOBERTO | IRRIGAÇÃO | 187,488 | 2249,856 | -15,636386 | -48,146947 |
| SUPERFICIAL | RIO PARANOÁ | OUTROS | 1553,472 | 18641,664 | -15,829764 | -48,018644 |
| SUPERFICIAL | RIO DESCOBERTO | IRRIGAÇÃO | 321,408 | 3856,896 | -15,68939 | -48,101107 |
| SUPERFICIAL | RIO DESCOBERTO | ABASTECIMENTO HUMANO | 26,784 | 321,408 | -15,89888 | -48,136131 |
| SUPERFICIAL | RIO DESCOBERTO | ABASTECIMENTO HUMANO | 59139,072 | 709668,864 | -15,748539 | -48,139443 |
| SUPERFICIAL | RIO PARANOÁ | IRRIGAÇÃO | 3816,72 | 45800,64 | -15,779444 | -48,026944 |
| SUPERFICIAL | RIO SÃO BARTOLOMEU | IRRIGAÇÃO | 1223,136 | 14677,632 | -15,977574 | -47,714064 |
| SUPERFICIAL | RIO SÃO BARTOLOMEU | IRRIGAÇÃO | 1953 | 23436 | -15,733874 | -47,642457 |

Fonte: O autor.

Tabela 2 – Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações da SEMAD/GO

| INT_NU_LAT | INT_NU_LON | ING_SG | ING_NM_MUN | INT_NM_COR | OUT_DT_OUT | OUT_DT_OU0 | OUT_TP_ATO | OUT_NU_ATO | INT_QT_VAZ | INT_QT_VOL | FIN_TFN_DS |
|--------------|--------------|--------|--------------|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|
| -18,06025 | -51,42658333 | GO | JATAÁ | CÁrego do Cam | 31/07/2020 | 31/07/2013 | PORTARIA | 17422013 | 302,4 | 2.019.427,20 | Irriga |
| -18,32555556 | -50,45388889 | GO | QUIRINÁPOLIS | CÁrego Lajeado | 18/07/2018 | 18/07/2012 | Portaria | 13182012 | 104,98 | 78.105,12 | Irriga |
| -18,47158333 | -50,59227778 | GO | QUIRINÁPOLIS | Rio Preto | 15/05/2020 | 15/05/2014 | PORTARIA | 10232014 | 118,8 | 237.006,00 | Irriga |
| -18,52908333 | -50,27919444 | GO | GOUVELÁNDIA | Rio São Francis | 13/12/2020 | 13/12/2012 | PORTARIA | 26622012 | 119,99 | 52.195,65 | Irriga |
| -19,00002778 | -50,93905556 | GO | CAÁTU | Rio Verde | 19/11/2019 | 19/11/2013 | Portaria | 30572013 | 398,2 | 398.200,00 | Irriga |
| -18,01913889 | -50,29333333 | GO | TURVELÁNDIA | Rio Verde ou Ver | 09/07/2018 | 09/07/2012 | Portaria | 10752012 | 465,91 | 698.865,00 | Irriga |
| -17,20719444 | -50,63016667 | GO | PARAÍSNÁ | Ribeirão Formosa | 28/09/2021 | 28/09/2015 | PORTARIA | 13042015 | 328,68 | 347.743,44 | Irriga |
| -18,00355556 | -50,37358333 | GO | MAURILÁNDIA | Rio Cabeleira | 11/08/2021 | 11/08/2015 | PORTARIA | 9802015 | 257,3 | 324.198,00 | Irriga |
| -17,73702778 | -50,87116667 | GO | RIO VERDE | Ribeirão da Laje | 21/11/2020 | 21/11/2014 | Portaria | 21372014 | 79,99 | 47.834,02 | Outras |
| -18,88991667 | -50,91433333 | GO | CAÁTU | Rio Claro | 17/07/2020 | 13/07/2012 | PORTARIA | 12022012 | 423,88 | 633.276,72 | Irriga |
| -18,89 | -50,91444444 | GO | CAÁTU | Rio Claro | 13/07/2020 | 13/07/2012 | PORTARIA | 12062012 | 208,3 | 854.863,20 | Irriga |
| -17,46130556 | -51,72316667 | GO | RIO VERDE | Rio Doce | 25/04/2023 | 25/04/2017 | Portaria | 4792017 | 360 | 306.000,00 | Irriga |
| -18,435 | -52,60019444 | GO | CHAPADÁDO | SEM NOME | 19/03/2020 | 19/03/2013 | Portaria | 8152013 | 972 | 8.514.720,00 | Ind |

Fonte: O autor.

Tabela 3 – Exemplo de formatação dos dados de outorgas obtido pelo sistema de informações do IGAM/MG

| unidvar_4,C,254 | MÉDIA ANUAL (l/s) | jan_4,N | fev_4,N | mar_4,N | abr_4,N | mai_4,N | jun_4,N | jul_4,N | ago_4,N | set_4,N | out_4,N | nov_4,N | dez_4,N | TOTAL HORAS/ANO | VOLUME ANUAL (L) | finuso_4,C,254 |
|-----------------|-------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------------|------------------|------------------------|
| m3/s | 5830,00 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 192 | 4031769000 | Irriga |
| m3/s | 36110,00 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 16 | 192 | 24959232000 | Irriga |
| m3/s | 75833,33 | 0 | 0 | 0 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 0 | 0 | 0 | 84 | 22932000000 | Irriga |
| m3/s | 717000,00 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 19 | 228 | 58851360000 | Irriga |
| l/s | 0,80 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 120 | 345600 | Recircula |
| l/s | 0,60 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 24 | 288 | 62080 | Consumo humano, Dessed |
| l/s | 0,90 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 48 | 155520 | Consumo humano, Dessed |
| l/s | 1,00 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 144 | 518400 | Irriga |

Fonte: O autor.

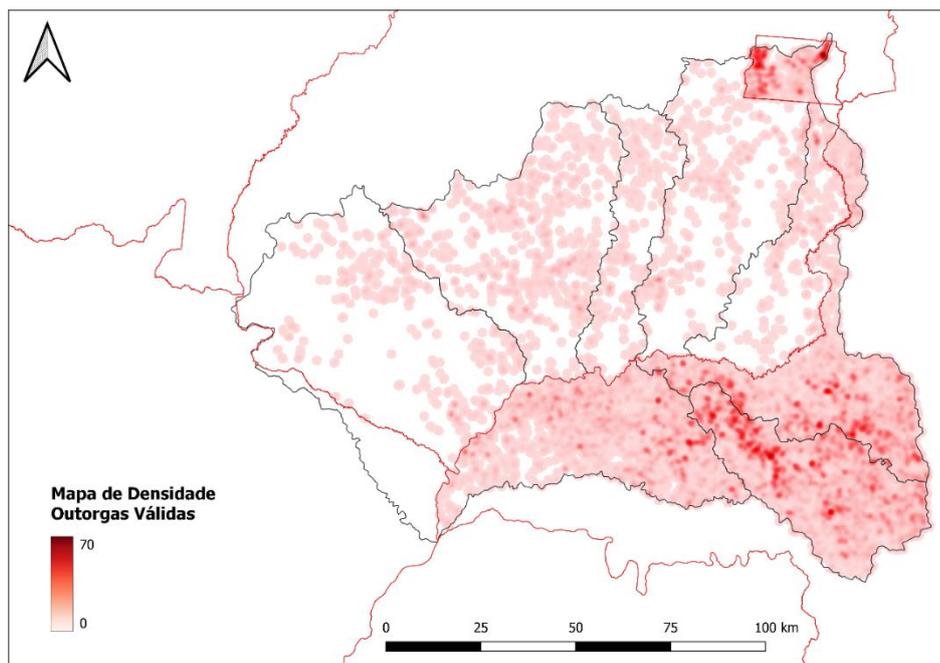
b. Regiões de potencial escassez de água

Através dos dados de outorga obtidos junto aos órgãos das UFs que compõem a bacia hidrográfica do rio Paranaíba, foram realizados dois mapeamentos, sendo primeiro o mapeamento de densidade de Kernal (Figura 6) e segundo o mapeamento de risco à segurança hídrica (Figura 7). Percebe-se, aqui, que pela não disponibilidade dos dados de outorga para a sub-bacia dos rios Santana-Aporé, os mapeamentos foram realizados para a bacia do Paranaíba situados nos estados do DF, GO e MG.

Para o mapeamento de densidade de Kernal, metodologia de SIG que vem sendo amplamente utilizada em análises ambientais, fica evidenciada a sua importância para a demonstração de *hot spots* que podem auxiliar nas análises ambientais (JESUS et al., 2021), sendo, nesse caso, em relação aos pedidos de outorga de água. Por isso, foi demonstrada a distribuição dos pontos de outorga na bacia, de forma quantitativa, ou seja, esse mapeamento demonstra em quais regiões existem maiores números de outorgas em validade e, em consequência, maiores números de autorizações para a realização de captação de água superficial.

Por se tratar de uma análise limitada somente ao fator pontual de outorgas, o mapa de Kernal não tem como função avaliar o parâmetro de consumo de água nesses pontos. Assim, uma região com maior densidade de captações não significa uma região com maior consumo de água.

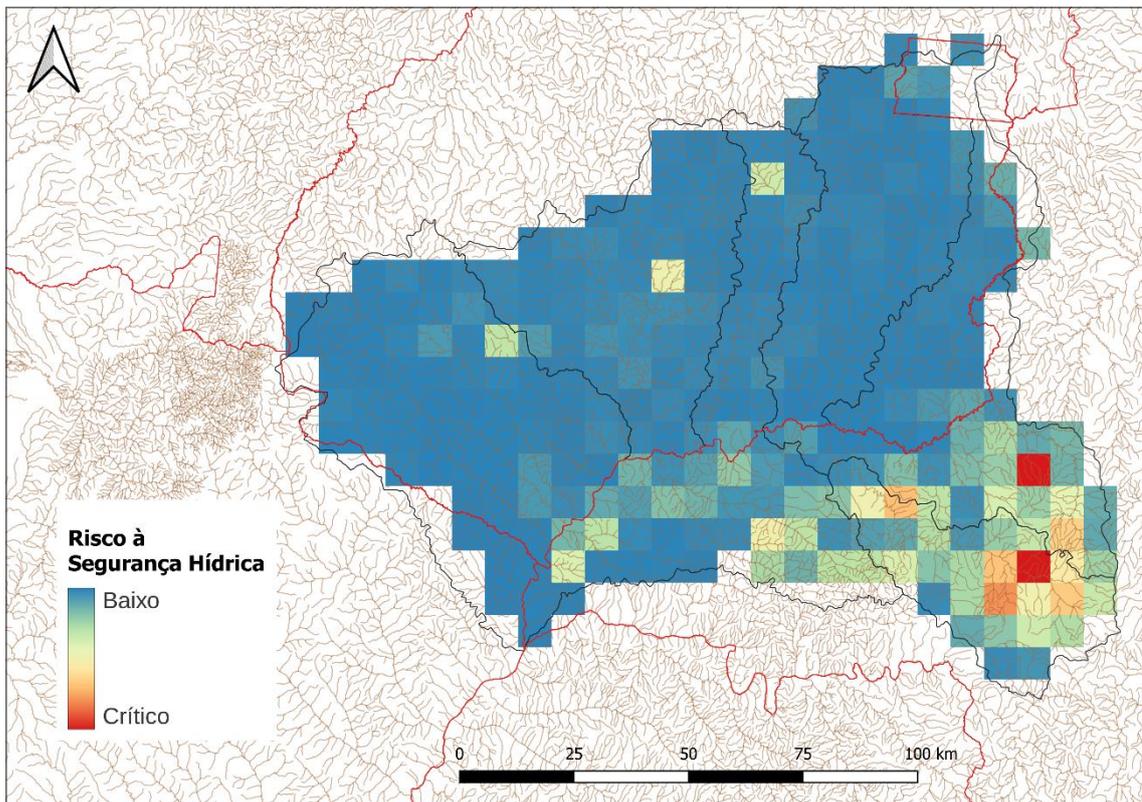
Figura 6 – Mapeamento de densidade de Kernal utilizando os pontos de captação outorgados



Fonte: O autor.

Embora o mapeamento de densidade de Karnel não avalie o consumo de água nos pontos de captação, o mapeamento de risco à segurança hídrica (Figura 7) já possui exatamente essa função. Por meio de dados de entrada de precipitações na bacia do rio Paranaíba, dados de saída representados por evapotranspiração, e os dados de captação por meio das outorgas de água, foi, então, gerado o mapeamento de risco. Este, por sua vez, demonstra potenciais localidades de escassez hídrica, sendo que as regiões em coloração mais azuladas representam baixo risco por possuírem maior disponibilidade de água, enquanto as regiões com coloração entre amarelo e vermelho representam riscos moderados à críticos por representarem saída de água do sistema maior que a reposição por eventos de precipitação.

Figura 7 – Mapeamento de risco à segurança hídrica na bacia hidrográfica do rio Paranaíba



Fonte: O autor.

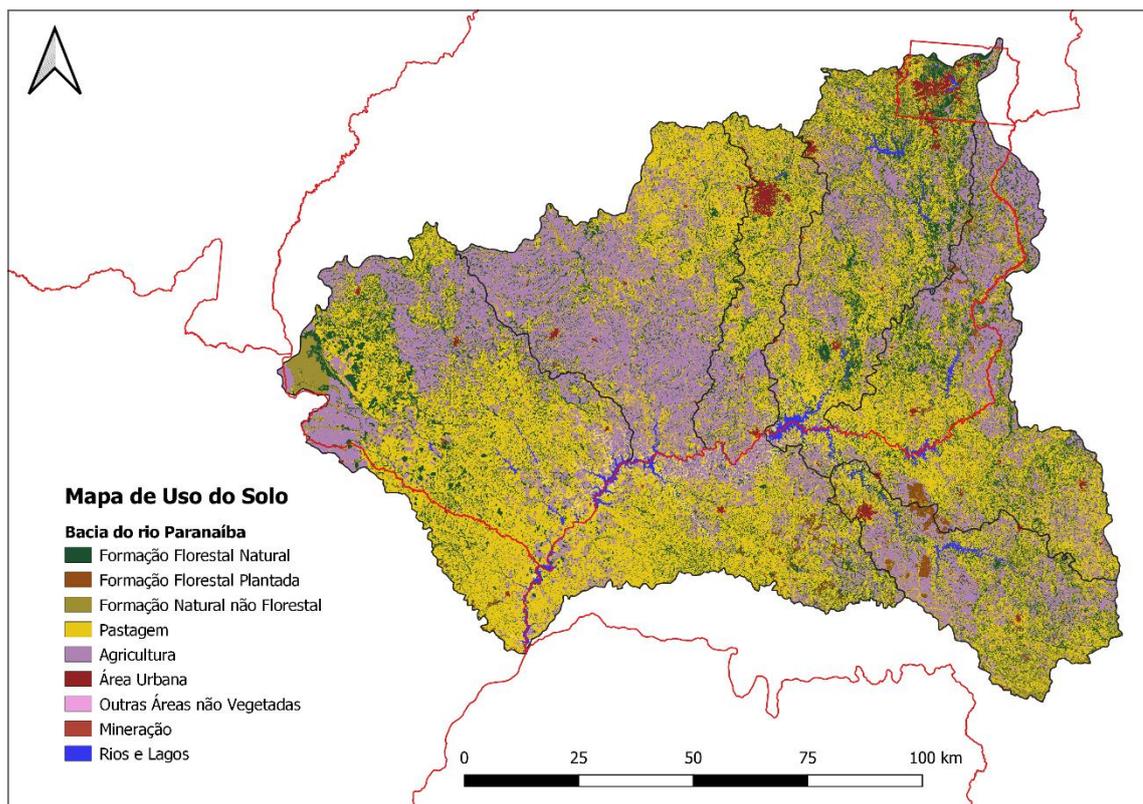
c. Caracterização de uso e ocupação do solo em relação aos principais consumos de água na bacia

Para a caracterização do uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Paranaíba foram utilizadas imagens de satélite para o ano de 2019, disponibilizados

pela coleção 5 do MapBiomas e, através dessas imagens, foi possível processar e gerar o mapeamento de uso e ocupação do solo (Figura 8) utilizando-se os *softwares* de geoprocessamento *Google Engine* e *Quantum Gis (Qgis)*.

Por meio do mapeamento, foi possível perceber o predomínio das áreas de pastagem que se estendem por toda a bacia, assim como as áreas voltadas para as atividades de agricultura, as quais possuem maior concentração na sub-bacia do rio São Marcos e norte dos afluentes mineiros do Alto Paranaíba, sub-bacia do rio Araguari, sub-bacia do rio dos Bois, sul da sub-bacia do rio Meia Ponte e sudoeste da sub-bacia dos rios Claro, Verde, Correntes e Aporé. Além disso, é perceptível a ocupação urbana das grandes capitais como Brasília, Goiânia e Belo Horizonte em coloração avermelhada no mapa.

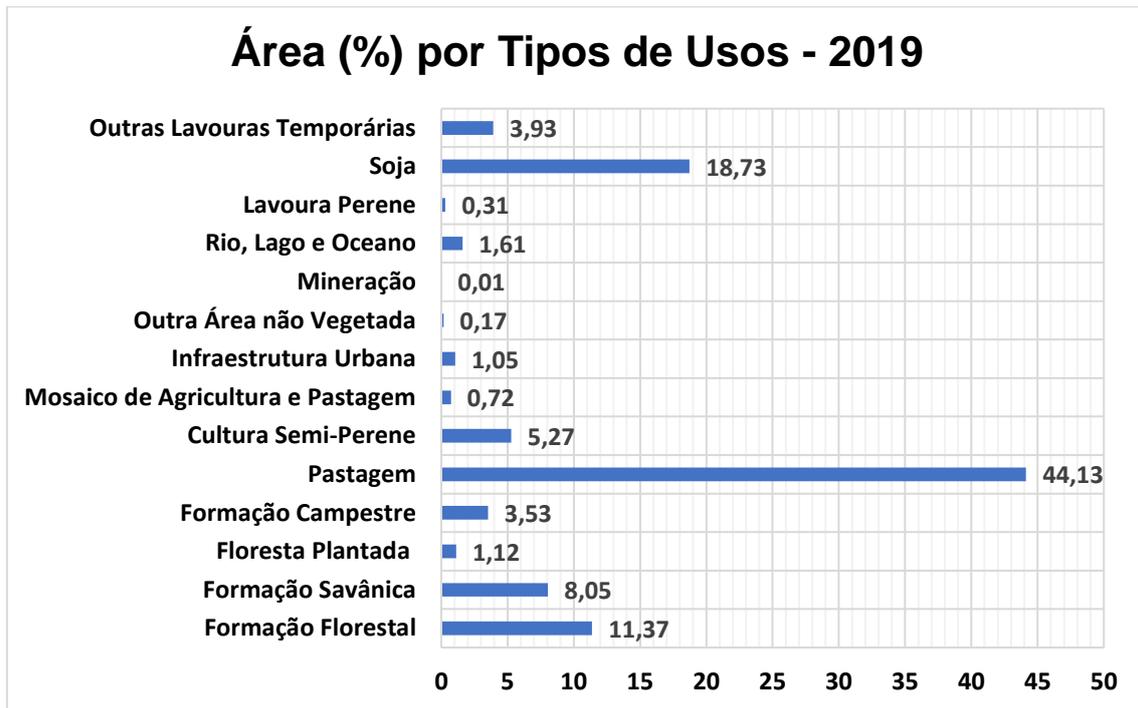
Figura 8 – Levantamento de uso e ocupação do solo para a bacia do rio Paranaíba no ano de 2019



Fonte: MapBiomas.

Ainda por meio do geoprocessamento das imagens do MapBiomas, foi possível obter o quantitativo (%) dos diversos usos do solo na bacia (Figura 8), destacando as áreas de pastagem que ocupam aproximadamente 44% da área da bacia, agricultura ocupando aproximadamente 29% e áreas urbanas com 1,05%.

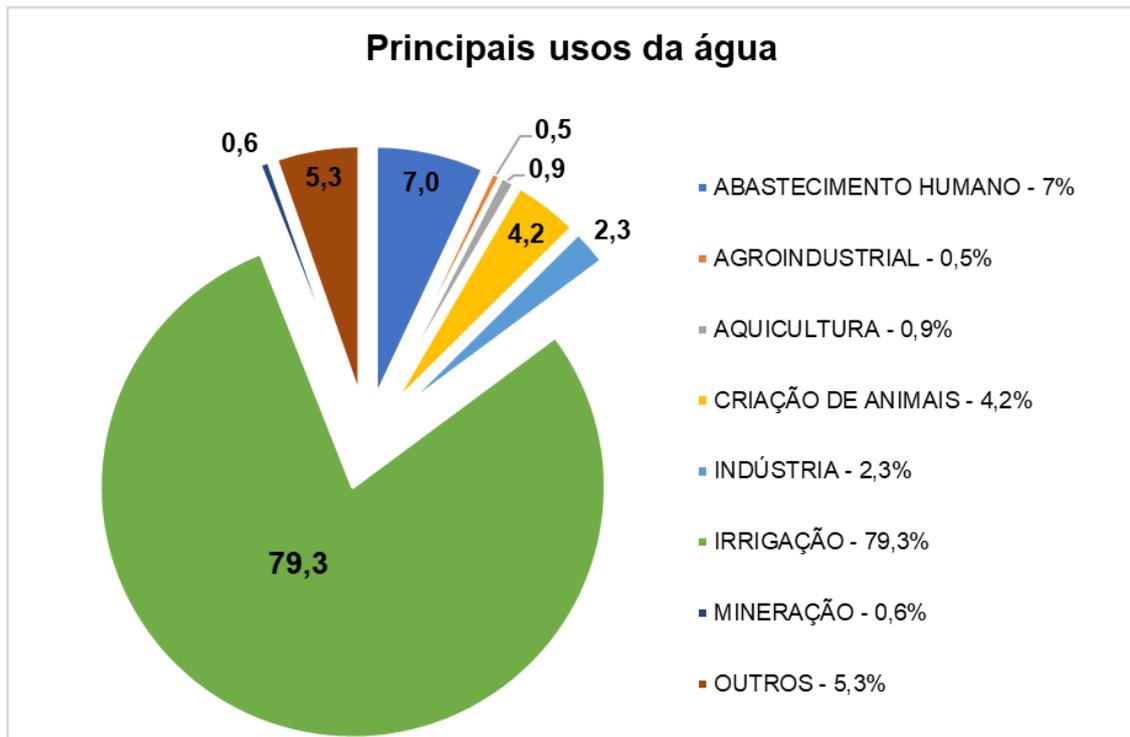
Figura 9 – Quantitativo (%) da caracterização do uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba



Fonte: O autor.

Relacionando a caracterização do uso e ocupação do solo e os dados de outorga, tem-se que as tipologias de uso dos recursos hídricos estão diretamente relacionadas às tipologias de uso do solo. Percebendo aqui que, assim como grande parte da área da bacia é voltada para atividades do agronegócio (agricultura e pastagem), nota-se por meio das outorgas que 79,3% dos usos do recurso hídrico estão voltados para irrigações e 5,6% para outras atividades do agronegócio (criações de animais, aquicultura e agroindústrias), enquanto 7% são destinados ao consumo humano e 2,3% para a indústria (Figura 10).

Figura 10 – Quantitativo dos principais usos da água na bacia do rio Paranaíba



Fonte: O autor.

5. Discussões

a. Instrumentos legais de gestão de recursos hídricos e suas fragilidades

A PNRH foi um grande marco para o avanço da gestão das águas no território nacional e dentre as diretrizes estabelecidas por essa política pontua-se a importância da implementação dos instrumentos que orientam o processo de gestão dos recursos hídricos.

Cada um dos instrumentos instituídos possui a sua importância no processo de gestão e, conseqüentemente, orienta a obtenção da segurança hídrica. Entretanto, a falha na implementação desses instrumentos pode acarretar resultados negativos na busca por uma gestão consolidada e uma bacia hidrográfica segura para os seus usuários.

Dentro desse processo destaca-se o Plano de Recursos Hídricos que tem como função principal mapear as características socioeconômicas e ambientais da bacia, de modo a averiguar a situação atual, quais os possíveis cenários futuros e, assim,

auxiliar no planejamento das ações necessárias para, em uma escala temporal pré-estabelecida, gerar melhorias nas condições de qualidade e quantidade de água.

O enquadramento dos corpos d'água tem por finalidade mapear os mananciais e os seus trechos quanto à qualidade físico-química e microbiológica. Sem a implementação desse instrumento, uma parcela das outorgas fica deficitária, visto que sem o enquadramento dos corpos hídricos, não é possível delimitar os tipos de utilização da água em determinadas regiões e não há como embasar a emissão de outorgas de efluentes.

Além disso, é por meio do enquadramento dos mananciais que se torna possível traçar metas para os usos do recurso, tendo como base o padrão de qualidade da água a ser mantido, gerando, dessa forma, uma necessidade contínua de monitoramento (COSTA et al., 2019).

A outorga dos direitos de uso da água atua como ferramenta regulatória, e somente após a emissão da outorga que o usuário estará apto a realizar a captação e uso do recurso. É importante observar que esta ferramenta está diretamente ligada à criação do sistema de informações, já que são as informações dos usos apresentados no processo de outorga que alimentam o SIRH.

A cobrança pelo uso da água é um instrumento que afirma o recurso hídrico como um recurso natural de valor econômico e o seu custeio é de vital importância no processo de conscientização da população sobre a utilização racional. Ainda, é estabelecido que todo montante advindo da cobrança pelo uso da água será direcionado para a elaboração de projetos e estudos referentes aos recursos hídricos da própria bacia hidrográfica. A não implementação desse instrumento dificulta a revisão e elaboração de novos planos de recursos hídricos e o aprimoramento dos sistemas de informações, assim como inviabiliza a execução de novos projetos socioambientais direcionados à conscientização e proteção das águas da bacia hidrográfica.

Não obstante, em se tratando da cobrança pelo uso da água, este instrumento traz consigo uma importância no processo de gestão por ser um precursor do uso racional do recurso hídrico levando-se em conta a responsabilidade do usuário nos quesitos qualidade e quantidade utilizadas em vista do preço a ser cobrado pelo uso de um recurso considerado público (DEMAJOROVIC, 2015). Dessa forma, ao usuário que preserva e usa de forma racional será cobrada uma taxa menor condizente com

suas atitudes, levando de forma indireta ao processo de preservação da água em localidades em que o instrumento está em atividade.

O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é responsável por armazenar e disponibilizar informações sobre os usos da água como volume captado, tipologia de uso e localização das captações. Esta ferramenta é primordial para que o processo de gestão integrada dos recursos hídricos ocorra. É por meio de dados consistentes que os estudos, avaliações e gerenciamento da água se tornam possíveis.

Em escala nacional, é possível observar essas mesmas fragilidades ocorrendo em diversas regiões. Bezerra et al. (2021) realizou um estudo de governança da água no semiárido brasileiro. De acordo com este autor, embora o Brasil apresente uma forte estrutura institucional de recursos hídricos, ainda se observa problemas de implementação e falta de coordenação entre os setores. Além disso, apresenta dificuldades na definição de prioridades de implementação dos planos de recursos hídricos, provocando, dessa forma, dificuldades nas tomadas de decisões nas atividades de gestão da água.

Trindade e Scheibe (2019, p. 12), após um amplo levantamento de estudos sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil, observaram que uma das grandes limitações existentes para a atuação dos conselhos de bacias hidrográficas é justamente “a inexistência ou “pouca existência” dos instrumentos de gestão previstos na PNRH”.

No contexto da bacia do rio Paranaíba não é diferente. Percebe-se que ainda há a necessidade de esforços para a implementação completa dos instrumentos de gestão da água, pois a não implementação integral da cobrança pelo uso do recurso e enquadramento dos corpos hídricos geram ineficiência no processo de gestão, dificultam as tomadas de decisões por parte dos gestores e atrapalham a obtenção da segurança hídrica na bacia.

b. O Plano de recursos hídricos e os fatores socioeconômicos e ambientais

Por ser um instrumento que possui a finalidade de diagnosticar a situação dos recursos hídricos em relação aos fatores socioeconômicos e ambientais, o PRH apresenta a atual situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos e por meio

de progressão dos dados traça cenários futuros de médio e longo prazo (SANTOS et al., 2020).

No âmbito socioeconômico e ambiental, observa-se que o PRH traz sugestões para algumas atividades de impacto na bacia, tais como a agricultura, pecuária, indústria, geração de energia etc. No entanto, embora não seja uma premissa do PRH, vejo com relevância a necessidade da apresentação de um norteamento bem definido que demonstre possibilidades ou restrições para essas atividades no PRH, uma vez que, o PNRH, por meio dos seus instrumentos legais, traz a necessidade da articulação do planejamento dos recursos hídricos em todas as escalas.

E não bastando as premissas do PNRH, tem-se, ainda, que as diretrizes que definem e mapeiam os usos dos solos, no Brasil, ficam a cargo dos poderes municipais por meio da execução dos Planos Diretores. Este delimita o crescimento das áreas urbanas, define as localidades industriais, normatiza os setores de irrigação e saneamento, dentre outras funções (PIZELLA, 2015), observando, desta forma, a necessidade da interação sólida e direta entre o PRH com os Planos Diretores dos municípios inseridos na bacia.

Em vista do cenário da bacia do rio Paranaíba e como é apresentado no atual PRH, todas as alterações nos cenários de uso e ocupação, principalmente, os ligados ao agronegócio, ficam sujeitas às modificações advindas da matriz econômica do país, mais especificamente as matrizes econômicas que regem o Centro-Oeste e Sudeste. Um exemplo claro dessas modificações foram os processos de desmatamento da região do Cerrado (FERREIRA et al., 2013) e as expansões do mercado ligados à cana-de-açúcar, soja e carne bovina nos últimos anos, que tiveram e ainda têm ligação direta com a dinâmica dos usos do solo na bacia do rio Paranaíba (OLIVEIRA et al., 2015).

Como sabemos, a economia é volátil às necessidades do mercado e possui alta influência na composição dos usos do solo (FERREIRA et al., 2021). Pensando na proteção dos recursos hídricos, isto leva ao questionamento se o ideal não seria o PRH norteando os usos do solo, com divisões planejadas da área da bacia de forma a buscar eficiência nos diversos usos, assim como equilíbrio no consumo dos recursos hídricos.

Contudo, o fato é que os usos dos recursos hídricos estão diretamente relacionados aos tipos de usos do solo, e, como se sabe, grande parte da demanda

de água no Brasil é direcionada principalmente para as atividades da agricultura, seguida pela atividade industrial e abastecimento urbano.

Nesse aspecto, a região da bacia do rio Paranaíba não é diferente, pois está fortemente ligada às atividades do agronegócio, possui grandes polos industriais e grandes concentrações urbanas, como por exemplo, Brasília, Goiânia e Belo Horizonte. É perceptível que qualquer alteração sem direcionamento planejado na matriz econômica do agronegócio ou na expansão dos pólos industriais existentes na bacia irá afetar diretamente os usos dos recursos hídricos, alterando a demanda de água e trazendo riscos à segurança hídrica.

c. Os sistemas de informações e as bases de dados de recursos hídricos

O sistema de informações dos recursos hídricos atua como instrumento de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação dos dados referentes aos usos da água. Além disso, deve ser um instrumento descentralizado, com coordenação unificada e capaz de fornecer informações sobre os recursos hídricos para toda a sociedade. Contudo, essas características não são observadas na prática.

De modo geral, toda informação relativa às outorgas de uso da água é coletada e cadastrada em um sistema de informações que o órgão ambiental de cada unidade da federação gerencia, sendo, então, um sistema descentralizado. Contudo, a forma de operar tais sistemas e os dados existentes nele são diferentes em cada UF, dificultando para o público ter acesso e interpretar esses dados, principalmente, para casos de bacias hidrográficas situadas em mais de uma UF, como é o caso da bacia do rio Paranaíba.

Por meio deste trabalho foi possível observar a dificuldade em obter os dados de outorga do uso da água para a bacia do rio Paranaíba, pois nem todos os órgãos disponibilizam os dados de forma aberta ao público, sendo necessária autorização formal para acesso ou mesmo a falta de resposta por parte do órgão ambiental, como no caso da sub-bacia Santana-Aporé. Não foi possível ter acesso aos dados base de outorga por não disponibilização deles para manuseio.

Essa situação de inacessibilidade vai contra o previsto pela Lei nº 9.433 de 1997 e, além do mais, prejudica a utilização desses dados em estudos, projetos e planejamentos ambientais desenvolvidos pela sociedade.

Outras fragilidades foram encontradas também para os dados base de outorga que foram passíveis de acesso, sendo que esses apresentavam falta de clareza, incoerências e inconsistências nas informações apresentadas.

O que se observou nos dados obtidos pelos sistemas de informações de recursos hídricos foram outorgas defasadas, com portarias vencidas, unidades de vazão divergentes (m^3/s , m^3/h , L/s), mesma finalidade de uso com nomenclaturas diferentes e possíveis duplicidades de cadastros devido a existência de valores de vazões e coordenadas de captação semelhantes.

Ao encontrar os dados apresentados desta forma, fez-se necessária a realização de uma análise prévia para entendimento das informações apresentadas nos quesitos de nomenclaturas utilizadas, formatação dos dados de latitude, de longitude e de unidades de medida de vazões e volumes, seguido de um processo de refinamento para que as informações se tornassem homogêneas e possível de serem trabalhadas. Ação esta que pode passar despercebido e gerar falhas ao trabalhar com tais informações.

Essas situações encontradas no levantamento das outorgas, pelos sistemas de informação de recursos hídricos, demonstram um cenário de falta de gestão que leva à riscos de análise, podendo gerar resultados inconsistentes e que não demonstram a real situação de segurança dos recursos hídricos da bacia, deixando claro, ainda, a existência de uma lacuna no diálogo entre os órgãos ambientais que compartilham a gestão da bacia hidrográfica do rio Paranaíba.

Essas fragilidades são colocadas, também, pela ANA (2020), em seu último levantamento sobre os desafios dos sistemas de informação, no Brasil, quando ela aponta sobre a necessidade da “integração em redes de amplo acesso interinstitucional e público e no fornecimento de respostas rápidas para as demandas do poder público e da sociedade”.

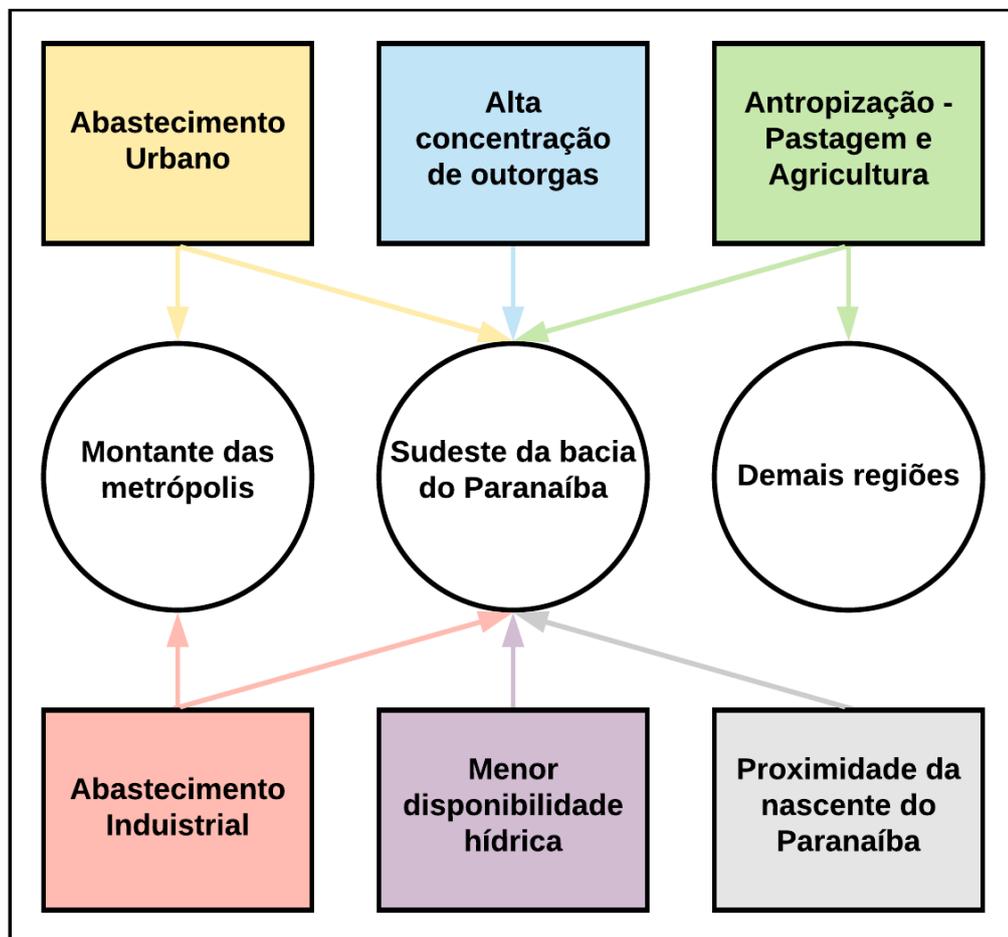
d. Riscos e conflitos pelo uso da água

Inicialmente, percebe-se uma alta densidade de pontos de captação de água assim como um elevado consumo na região sudeste da bacia (Figuras 6 e 7), região essa próxima à nascente do rio Paranaíba. Esse cenário demonstra alto consumo de água em porções que a disponibilidade é menor por se tratar de pontos mais próximos à nascente. Essa situação é preocupante e traz um alerta, demonstrando, nessas

localidades, possíveis conflitos pelo uso do recurso e um processo de insegurança gerado pela possibilidade de escassez hídrica na região.

Isso ocorre devido a estrutura hidrográfica possuir como elemento principal de entrada no sistema a ocorrência de chuvas dentro da área da bacia. Nesse sentido, observa-se que quanto menor a delimitação da bacia a partir de um ponto de interesse, menor será a disponibilidade de água, nesse ponto, devido a menor área para contribuição da água proveniente das precipitações (FEITOSA et al., 2008).

Figura 11 – Resumo dos fatores de criticidade observados



Fonte: O autor.

Analisando a Figura 7 (mapa de risco à segurança hídrica) em relação à Figura 8 (mapa de uso e ocupação do solo), foram notados dois outros fatores também ligados à ocorrência de criticidade à segurança hídrica. O primeiro se remete às porções à montante das grandes ocupações urbanas. Essa ocorrência se caracteriza principalmente pela necessidade da captação para abastecimento de água desses

centros populacionais, os quais apresentam uma curva de crescimento populacional que agrava o efeito de oferta e demanda de água para abastecer essas regiões (ANA, 2020). Ainda, em conjunto, se enquadra o consumo de água para atividades industriais e atividades referentes às pequenas agriculturas, como são os casos das produções de hortaliças, que abastecem essas regiões de grande concentração populacional.

O segundo fator se refere às regiões com alta utilização de sistemas de irrigação por pivôs centrais. Ao comparar o mapa de risco com o mapa de uso do solo, é possível perceber a ocorrência dessas regiões críticas sobrepostas às regiões de maior concentração de agricultura irrigada, tais como ao nordeste da bacia dos afluentes goianos do baixo Paranaíba, ao nordeste da bacia dos rios Turvo e dos Bois, a nordeste da bacia do rio São Marcos e a sudeste e centro da bacia do rio Araguari.

Além disso, embora o uso do solo, representado por áreas de agricultura, seja de aproximadamente 29%, tem-se, por meio dos dados de outorga, que a captação de água anual na bacia do rio Paranaíba para a atividade de irrigação representa em torno de 79% do volume total captado, sendo perceptível o significativo impacto da agricultura irrigada nos recursos hídricos da bacia.

Esse resultado vai ao encontro com pesquisas realizadas, para o bioma Cerrado, as quais indicam a antropização desse bioma pela ocupação da agricultura extensiva e a relação dessas produções com a grande necessidade de irrigação por sistemas de pivôs centrais (FERREIRA et al., 2013); (LATRUBESSE et al., 2019); (ANA, 2020).

Nota-se, ainda, que o atual cenário apresentado pelo mapa de risco é fruto de uma má gestão dos usos da água nessas localidades em criticidade, visto que a outorga somente é liberada ao usuário após análise técnica dos órgãos ambientais. Ao mesmo tempo que é necessário averiguar de forma mais abrangente as causas dessa falha de gestão, buscando mitigar possíveis conflitos, sejam eles atuais ou futuros.

e. Dados disponíveis e a realidade em campo

Por mais que ocorram campanhas por parte dos órgãos ambientais em busca de conscientizar e melhorar o cadastramento das atividades que realizam captações de água, a lacuna encontrada entre os dados oficiais de outorga e a realidade em

campo sempre irá existir. Mesmo a redução efetiva dessa lacuna ainda é um caminho longo a ser percorrido.

Como é afirmado em estudos desenvolvidos em bacias hidrográficas do bioma Cerrado, grande parte da água superficial nesse bioma tem se destinado para abastecer pivôs em atividades de agricultura irrigadas, como é o exemplo da bacia do rio Paraná, no qual o rio Paranaíba está inserido, que, por seu turno, demonstra ter aproximadamente 60% dos usos da água voltados à utilização de pivôs. Embora seja constatado em arquivos públicos que a região do cerrado possui mais de 13.000 pivôs, somente em Goiás, sabe-se que mais de 2.600 ainda permanecem em funcionamento irregular, sem autorização do órgão ambiental (LATRUBESSE, 2019). Cenários de irregularidade como o descrito para o estado de Goiás podem ser extrapolados para toda a região do Cerrado, assim como para a bacia do rio Paranaíba.

Além da problemática dos pivôs, o que se observa são casos de usuários que não realizam o pedido de outorga junto ao órgão ambiental de sua região, outros que mesmo com a outorga em mãos modificam seus projetos de forma a realizarem captações maiores do que a informada no processo de outorga e, ainda, casos em que donos de barramentos mantêm a vazão para jusante menor do que a informada ao órgão ambiental, reduzindo a disponibilidade hídrica para usuários.

Essas situações são evidenciadas por meio de trabalhos em campo, autos de infrações e denúncias que chegam tanto às ouvidorias dos órgãos ambientais quanto ao ministério público, como é evidenciado por Marques et al. (2021), ao analisar a situação de conflitos pelo uso dos recursos hídricos na região da bacia hidrográfica do córrego dos Quatis, em Minas Gerais.

A mitigação dessas ocorrências começará a ser possível com o aumento do quadro de especialistas atuando nas atividades de monitoramento e fiscalização nos órgãos ambientais. No Brasil, há uma significativa defasagem de profissionais para tais finalidades.

Dessa forma, observando o mapeamento de risco à segurança hídrica e tendo conhecimento de que os dados, embora oficiais, não representam 100% da realidade em relação à criticidade dos usos dos recursos hídricos, tem-se que o cenário atual de insegurança tende a ser ainda mais grave do que o representado pela Figura 7.

Conclusões

- a. Em relação à legislação nº 9.433 de 1997, tem-se que dos 6 (seis) instrumentos existentes, o plano de recursos hídricos, a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e o sistema de informações sobre recursos hídricos são aplicados para toda a bacia do rio Paranaíba. Enquanto que o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água não foi implementado; a cobrança pelo uso de recursos hídricos não é aplicada para toda a bacia, somente para uma sub-bacia do rio Paranaíba; e a compensação a municípios foi vetada.
- b. O plano de bacia do rio Paranaíba em vigor não apresenta diretrizes técnicas ou legais para lidar com os impactos relacionados às alterações advindas do desenvolvimento socioeconômico e ambiental, como a expansão do agronegócio, da indústria e das populações urbanas.
- c. O Sistema de informação e acesso aos dados é um instrumento fundamental no processo de gestão de recursos hídricos. Entretanto, o acesso às bases de dados de recursos hídricos dos órgãos ambientais não é facilitado, tal que para a porção sudoeste da bacia, representada pela sub-bacia Santana-Aporé, não foi possível a obtenção dos dados de outorga. Essa falha na disponibilidade dos dados, ao público, dificulta a transparência e inviabiliza pesquisas e trabalhos relacionados à gestão dos recursos hídricos.
- d. A partir dos dados obtidos foi verificada a falta de clareza e coerência na apresentação das informações, tal como as unidades de medida apresentadas para as vazões outorgadas que variavam entre litros por segundo (l/s), metros cúbicos por segundo (m³/s) ou metros cúbicos por hora (m³/h). Essa falha dificulta e promove riscos à análise dos dados, além de demonstrar uma clara ingerência no processo de gestão do sistema de informações sobre os recursos hídricos.
- e. Foi notada a ocorrência de possíveis inconsistências nos dados de outorgas apresentados pelas bases de dados dos órgãos. Tais inconsistências estão relacionadas às possíveis duplicidades de cadastros, visto que foi observado valores iguais para captações nas

mesmas coordenadas, muito embora o número das portarias de outorga fosse diferente. Essas inconsistências proporcionam inconfiabilidade dos dados, dificultam o processo de gestão e podem alterar os cenários de criticidade sobre os usos da água.

- f.** As captações para as atividades do agronegócio, abastecimento urbano e indústria caracterizam as maiores utilizações dos recursos hídricos superficiais e, por meio da caracterização do uso e ocupação do solo na bacia do rio Paranaíba, é notado que esses usos ocupam aproximadamente 75% da área, demonstrando um elevado processo de antropização.
- g.** Em relação à segurança hídrica da bacia, é importante ressaltar a criticidade na porção sudeste próxima à nascente do rio Paranaíba. Por se tratar de regiões próximas à nascente, tem-se que a disponibilidade hídrica é menor e, em consequência, as possibilidades de escassez e conflitos se tornam ainda maiores.
- h.** Percebe-se que as regiões de maior criticidade em relação à segurança hídrica estão situadas nas porções à montante das grandes capitais ou cidades de maior porte populacional e em regiões com alta concentração de atividades agropecuárias, tais como as áreas com irrigações de culturas. Essas regiões demonstram um significativo uso do recurso hídrico, assim como regiões de potencial escassez e conflitos pelo uso da água, tendo como agravante a possibilidade de escassez em regiões urbanas que levam a situações de racionamento do recurso hídrico.
- i.** Sobre a representatividade das outorgas de água, tem-se que essas nem sempre refletem a realidade em campo, pontuando aqui a existência de atividades irregulares (sem outorga) com utilização do recurso hídrico e situações de captações em acumulação em que o barramento não mantém a vazão para jusante. Tais situações anunciam um cenário de segurança hídrica já crítico em alguns pontos da bacia, ainda pior do que os dados oficiais demonstram.

Referências

AADHAR, Saran; MISHRA, Vimal. On the occurrence of the worst drought in South Asia in the observed and future climate. **Environmental Research Letters**, v. 16, issue 2, 2021.

ACUÑA-ALONSO, A. et al. Water security and watershed management assessed through the modelling of hydrology and ecological integrity: A study in the Galicia-Costa (NW Spain). **Science of the Total Environment**, ed. 759, 2021.

ADEGBOYEGA, Suleiman; ABDUL-AZEEZ. Multi-temporal land use/land cover change detection and urban watershed degradation in Olorunda Local Government Area, Osun State, Nigeria. **Applied Geomatics**, 2021.

AHMED, Ishita Afreen; DUTTA, Dipanwita K.; BAIG, Mirza R. Imam; ROY, Shouraseni Sem; RAHMAN, Atiqur. Implications of changes in temperature and precipitation on the discharge of Brahmaputra River in the urban watershed of Guwahati, India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, Article number: 518, 2021.

ALAVIJEH, Nooshin Karimi; FALAHI, Mohammad Ali; SHADMEHRI, Mohammad T. Ahmadi; SALEHNIA, Narges; LARSEN, Morten A.; DAHL, Drews Martin. Perspectives of current and future urban water security in Iran. **Journal of Cleaner Production**, v. 321, 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura-2020>. Acesso em: 03 nov. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Sistema de informações sobre recursos hídricos**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/encarte-sistema-de-informacoes-snirh>. Acesso em: 02 nov. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 27 out. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano Nacional de Segurança Hídrica**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/pnsh/pnsh.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2021.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano de recursos hídricos e do enquadramento dos corpos hídricos superficiais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba (PRHP)**. Brasília, 2015.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. **Plano de recursos hídricos do rio Paranaíba (PRHP)**. Brasília: 2013.

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Portal da Qualidade das Águas. **Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005**. Disponível em: http://pnga.ana.gov.br/Publicacao/RESOLUCAO_CONAMA_n_357.pdf. Acesso em: 30 out. 2021.

BRASIL. Organização das Nações Unidas Brasil. **Água**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/agua/>. Acesso em: 22 jul. 2019.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Política Nacional de Recursos Hídricos**. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm. Acesso em: 04 nov. 2020.

BARBOSA, Diulia M. Zimmer; RONQUIM, Carlos Cesar. Mapeamento de pivôs centrais no estado de São Paulo, ano base 2019. In: 15º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica, 01 a 02 de setembro de 2021.

BEZERRA, Aline Pessoa; VIEIRA, Zédna M. C. Lucena; RIBEIRO, Márcia M. Rios. Avaliação da governança da água em diferentes escalas: um estudo de caso de reservatório na região semiárida do Brasil. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** – RGRH, Porto Alegre, v. 26, e14, 2021.

BRENNAN, Michael; RONDÓN-SULBARÁN, Janeet; SABOGAL-PAZ, Lyda Patricia; FERNANDEZ-IBAÑEZ, Pilar; GOLDOS-BALZATEGUI, Ane. Conceptualising global water challenges: A transdisciplinary approach for understanding different discourses in sustainable development. **Journal of Environmental Management**, v. 298, issue 15, 2021.

BUREK, Peter et al. Water Futures and Solution. Fast Track Initiative – Final Report. International Institute for Applied Systems Analysis. **IIASA**, Laxenburg, Austria, 2016.

CAMPOS, Érica Ferraz de; PEREIRA, Enio Bueno; VAN OEL, Pieter; MARTINS, Fernando Ramos; GONÇALVES, André Rodrigues; COSTA, Rodrigo Santos. Hybrid power generation for increasing water and energy securities during drought: Exploring local and regional effects in a semi-arid basin. **Journal of Environmental Management**, v. 294, 2021.

CARVALHO, Ana P. Pereira; LORANDI, Reinaldo; COLLARES, Eduardo Goulart; DI LOLLO, José Augusto; MOSCHINI, Luiz Eduardo. Potential water demand from the agricultural sector in hydrographic sub-basins in the southeast of the state of São Paulo-Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 319, 2021.

CHEN, Lei; CHANG, Jianxia; WANG, Yimin; GUO, Aijun; LIU, Yuanyuan; WANG, Qianqian; ZHU, Yuelu; ZHANG, Yong; XIE, Zhengyi. Disclosing the future food security risk of China based on crop production and water scarcity under diverse socioeconomic and climate scenarios. **Science of The Total Environment**, v. 790, 2021.

CLIMATE and Environment. A Quarter of Humanity Faces Looming Water Crises. **The New York Times**. Disponível em:

<https://www.nytimes.com/interactive/2019/08/06/climate/world-water-stress.html>. Acesso em: 30 out. 2020.

CONSELHO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Segurança Hídrica**. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/cni/canais/industria-sustentavel/temas-de-atuacao/recursos-hidricos/>. Acesso em: 10 nov. 2019.

COSTA, David de Andrade; ASSUMPÇÃO, Rafaela dos Santos Facchetti Vinhaes; AZEVEDO, José Paulo Soares; SANTOS, Marco Aurélio. Dos instrumentos de gestão de recursos hídricos – o Enquadramento – como ferramenta para reabilitação de rios. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 43, n. especial 3, p. 35-50, dez. 2019.

COUCEIRO, Sheyla R. Marques; HAMADA, Neusa. Os instrumentos da política nacional de recursos hídricos na região norte do Brasil. **Oecologia Australis**, v. 15, n. 4, p. 762-774, dez. 2011.

CRISE hídrica: pode faltar água para 74 milhões de brasileiros até 2035. **Globo News**. Disponível em: <http://g1.globo.com/globo-news/videos/v/crise-hidrica-pode-faltar-agua-para-74-milhoes-de-brasileiros-ate-2035/7832310/>. Acesso em: 28 out. 2020.

DA SILVA, Julia Lopes; SAMORA, Patricia Rodrigues. Os impactos da crise hídrica sobre a população do município de Campinas/SP (2012-2016). **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, 2019.

DEMAJOROVIC, Jacques; CARUSO, Carla; JACOBI, Pedro Roberto. Cobrança do uso da água e comportamento dos usuários industriais na bacia hidrográfica do Piracicaba, Capivari e Jundiaí. **Rev. Adm. Pública**, Rio de Janeiro, v. 49, n. 5, p. 1193-1214, set./out. 2015.

FALKENMARK, M.; JÄGERSKOG, A.; SCHNEIDER, K. Overcoming the land–water disconnect in water-scarce regions: time for IWRM to go contemporary, International. **Journal of Water Resources Development**, v. 30, n. 3, p. 391-408, 2014.

FEITOSA, Fernando A. Carneiro; MANOEL FILHO, João; FEITOSA, Edilton Carneiro; DEMETRIO, José Geilson A. **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. 3. ed., rev. e ampl. Rio de Janeiro: CPRM – Serviços Geológicos do Brasil, 2008.

FERREIRA, G. C. V., MIZIARA, F.; VAZQUÉZ-GONZÁLEZ, I. Intensificação da pecuária em Goiás. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 60 n. 4, 2021.

FERREIRA, Manuel E. et al. Considerations about the land use and conversion trends in the savanna environments of Central Brazil under a geomorphological perspective. **Journal of Land Use Science**, 2013.

FLAUZINO, F. S.; SILVA, M. K. A.; NISHIYAMA, L.; ROSA, R. Geotecnologias aplicadas à gestão dos recursos naturais da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no Cerrado mineiro. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 22, n. 1, p. 75-91, 2010.

GAMA, Erika S. Caxias; CONDURÚ, Marise Teles. Avaliação de sistemas de informação em recursos hídricos: instrumentos para tomada de decisão. **Universidade e Meio Ambiente**, v. 04, n. 01, 2019.

GÓMEZ, González M.N.; MACHADO, R. A ciência invisível: o papel dos relatórios e as questões de acesso à informação científica. **DataGramZero: revista de Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 5, out. 2007.

Google Earth Engine. Disponível em: https://developers.google.com/earth-engine/tutorials/tutorial_global_surface_water_01. Acesso em: 05 ago. 2020.

GUARNIER, Letícia; BARROSO, Gilberto Fonseca. Spatial-temporal variability and extreme climate indices of precipitation in a coastal watershed of southeastern Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 742, 2021.

HOEKSTRA, A. Y., BUURMAN, J., VAN GINKEL, K. C. S. Urban water security: A review. **Environmental Research Letters**, p. 1-14, 2018.

IESE, V., KIEM, A.S., MARINER, A. et al. Historical and future drought impacts in the Pacific islands and atolls. **Climatic Change**, v. 166, issue 19, 2021.

JESUS, Lucas Scarpanti; RIYIS, Marcos Tanaka; GIACHETI, Heraldo Luiz. Fontes potenciais de poluição das águas subterrâneas e uma proposta de priorização de áreas de fiscalização em um município industrializado. **Águas Subterrâneas**, v. 35, n. 2, e-30028, 2021.

JULIO, Natalia; FIGUEROA, Ricardo; OLIVA, Roberto D. Ponce. Water Resources and Governance Approaches: Insights for Achieving Water Security. **Water**, v. 13, issue 21, 2021.

KESKINEN, Marko; SALMINEN, Erik; HAAPALA, Juho. Water diplomacy paths – An approach to recognise water diplomacy actions in shared waters. **Journal of Hydrology**, v. 602, 2021.

KONER, Kaberi; SAMANTA, Gopa. Urban environment and sustainable water supply: a comprehensive analysis of Darjeeling city, India. **Environment, Development and Sustainability**, v. 23, p. 17459-17482, 2021.

LATRUBESSE, Edgardo M.; et al. Fostering water resource governance and conservation in the Brazilian Cerrado biome. **Conservation Science and Practice**, 1:e77, 2019.

MACHADO, Enéas Souza; KNAPIK, Heloise Garcia; BITENCOURT, Camila de C. Almeida. Considerações sobre o processo de enquadramento de corpos de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, n. 02, 2019.

MARQUES, Hilda F. Moura; REIS, Babara Carolina; FEITOZA, Vitor Soares; SILVA, José Geraldo; MONTE-MOR, Roberto C. Almeida. Conflitos na gestão de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais: Estudo de caso da Bacia Hidrográfica do córrego

dos Quatis, Itueta – Minas Gerais, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.

MATTOS, J. B.; et al. Natural factors or environmental neglect? Understanding the dilemma of a water crisis in a scenario of water plenty. **Land Use Policy**, 82, p. 509–517. 2019.

MELLO, Carlos R.; VIEIRA, Nayara P.A.; GUZMAN, Jorge A.; VIOLA, Marcelo R.; BESKOW, Samuel; ALVARENGA, Livia A.. Climate Change Impacts on Water Resources of the Largest Hydropower Plant Reservoir in Southeast Brazil. **Water**, v. 13, n. 11, 1560, 2021.

MORAL-MUÑOZ, José A.; HERRERA-VIDEIRA, Enrique; SANTISTEBAN-ESPEJO, Antonio; COBO, Manuel J. Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. **El profesional de la información**, v. 29, n. 1, 2020.

NETO, Amaury G. Pessoa; BARBOSA, Ioná M. B. Rameh; SILVA, Simone Rosa. Mapeamento das áreas de risco de inundação da bacia hidrográfica do rio Jaboatão, em Pernambuco, utilizando o método AHP (Analytic Hierarchy Process). In: IX ENSUS – Encontro de Sustentabilidade em Projeto, UFSC, Florianópolis, maio de 2021.

NETO, F. Fabbro; GÓMEZ-MARTÍN, M. Belén. Water safety plan integrated to the land use and occupation measures: Proposals for Caraguatatuba-SP, Brazil. **Land Use Policy**, v. 97, 2020.

PANDEY, C. L. Managing urban water security: challenges and prospects in Nepal. *Environment, Development and Sustainability*, ed. 23, p.241–257, 2021.

PIZELLA, Denise Gallo. A relação entre Planos Diretores Municipais e Planos de Bacias Hidrográficas na gestão hídrica. **Rev. Ambient. Água**, v. 10, n. 3, 2015.

PRASOOD, S.P.; MUKESH, M.V.; RANI, V.R.; SAJINKUMAR, K.S.; THRIVIKRAMJI, K.P. Urbanization and its effects on water resources: Scenario of a tropical river basin in South India. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 23, 2021.

QIU, Jiali; SHEN, Zhenyao; LENG, Guoyong; WEI, Guoyuan. Synergistic effect of drought and rainfall events of different patterns on watershed systems. **Scientific Reports**, v. 11, n. 18957, 2021.

RAJSEKHAR, Deepthi; GORELICK, Steven M. Increasing drought in Jordan: climate change and cascading Syrian land-use impacts on reducing transboundary flow. **Science Advances**, v. 3, issue 8, 2017.

RASHID, Mehnaz; AHMED, Shakeel. Appraisal of the groundwater balance components from multi-remote sensing datasets in a semi-arid region. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 190, issue 11, 2018.

ROBINNE, François-Nicolas; et al. Scientists' warning on extreme wildfire risks to water supply. **Wildfire and hydrological processes**, v. 35, issue 5, 2021.

ROSA, R.; SANO, E. E.; ROSENDO, J. S. Estoque de carbono em solos sob pastagens cultivadas na bacia hidrográfica do rio Paranaíba. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 26, n. 2, p. 333-351, 2014.

SALMORAL, Gloria; et al. Agricultural development in Ecuador: A compromise between water and food security? **Journal of Cleaner Production**, ed. 202, p. 779-791, 2018.

SANTANA, Gildo R. de Almeida; SANTOS, Eliane Barbosa; DA SILVA, Maria G. A. Justi. Caracterização Espaço-Temporal das Secas na Bacia do Rio Paraíba do Sul. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v. 43 – 4, p. 364-375, 2020.

SANTOS, Simone Mendonça; SOUZA, Marcelo Marini Pereira; BIRCOL, Guilherme A. Carminato; UENO, Helena Mariko. Planos de Bacia e seus desafios: o caso da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê – SP. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 23, 2020.

SILVA, Fernanda Bueno; QUEIROZ; Timóteo Ramos; BURKERT, Denilson; MAZIONE, Rodrigo Lilla. Usos múltiplos da água por usuários outorgados nas bacias hidrográficas dos Rios Aguapeí e Peixe. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 04, p. 2172-2185, 2021.

SILVA, G. O. Mota; MEDEIROS, Y. D. Pinto; FONTES, A. Sousa. Atualização do sistema de suporte à decisão para outorga de uso de recursos hídricos do estado da Bahia. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, 2021.

SIQUEIRA, Paula Prado; OLIVEIRA, Paulo Tarso S.; BRESSIANI, Danielle; NETO, Antonio A. Meira; RODRIGUES, Dulce B. B. Effects of climate and land cover changes on water availability in a Brazilian Cerrado basin. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 37, 2021.

STRINGER, Lindsay C.; MIRZABAEV, Alisher; BENJAMINSEN, Tor A.; HARRIS, Rebecca M.B.; JAFARI, Mostafa; LISSNER, Tabea K.; STEVENS, Nicola; PAHLEN, Cristina Tirado. Climate change impacts on water security in global drylands. **One Earth**, v. 4, issue 6, p. 851-864, 2021.

SUN, C.; CHOY, S.; CHUA, Z.; AITKENHEAD, I.; KULESHOV, Y. Geographic information system for drought risk mapping in Australia - drought risk analyser web app. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIV-3/W1-2020 - 13th Geoinformation for Disaster Management conference, 30 November – 4 December 2020, Sydney, Australia.

TRINDADE, Larissa de Lima; SCHEIBE, Luiz Fernando. Gestão das águas: limitações e contribuições na atuação dos comitês de bacias hidrográficas brasileiras. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 22, 2019.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Addressing water security, climate impacts and adaptation responses in Africa, Asia, Latin America and the Caribbean: accomplishment report. France, 2021. Disponível

em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000377252.locale=en>. Acesso em: 09 nov. 2021.

VÖRÖSMARTY, C. J.; MCINTYRE, P. B.; et al. Global threats to human water security and river biodiversity. **Nature – International Journal of Science**. v. 467, p. 555–561, 2010.

VÖRÖSMARTY, C. J.; **Stewart-Koster**, Bem; GREEN, Pamela A.; BOONE, Edward L.; FLÖRKE, Martina; FISCHER, Günther; WIBERG, David A.; BUNN, Stuart E.; BHADURI, Anik; MCINTYRE, Peter B.; SADOFF, Claudia; LIU, Hongxing; STIFEL, David. A green-gray path to global water security and sustainable infrastructure. **Global Environmental Change**, v. 70, 2021.

WANG, X.; CONG, P.; JIN, Y.; JIA, X.; WANG, J.; HAN, Y. Assessing the Effects of Land Cover Land Use Change on Precipitation Dynamics in Guangdong–Hong Kong–Macao Greater Bay Area from 2001 to 2019. **Remote Sensing**, v. 13, issue 6, 2021.

WINGFIELD, S.; MARTÍNEZ-MOSCOSO, A.; QUIROGA, D.; OCHOA-HERRERA, V. Challenges to Water Management in Ecuador: Legal Authorization, Quality Parameters, and Socio-Political Responses. **Water**, v. 13, issue 8, 2021.

WUTICH, Amber; JEPSON, Wendy E.; STOLER, Justin; THOMPSON, Patrick; KOOY, Michelle; BREWIS, Alexandra; STADDON, Chad; MEEHAN, Katie. A Global Agenda for Household Water Security: Measurement, Monitoring, and Management. **Journal of the American Water Resources Association**. Water Commentary. 2021.

ZHAO, Yinmao; DONG, Ningpeng; LI, Zhansheng; ZHANG, Wei; YANG, Mingxiang; WANG, Hao. Future precipitation, hydrology and hydropower generation in the Yalong River Basin: Projections and analysis. **Journal of Hydrology**, v. 602, 2021.