



**Universidade Federal de Itajubá**  
Instituto de Ciências Puras e Aplicadas



Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos  
PROFÁGUA

Guilherme de Barros Moreira

**Diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do  
rio Suaçuí-MG e os impactos dos usos insignificantes de água**



Itabira- Minas Gerais

2021

Guilherme de Barros Moreira

**Diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do rio Suaçuí-  
MG e os impactos dos usos insignificantes de água**

Dissertação apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, ao Programa de Pós-Graduação em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos, Curso de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (PROFÁGUA), na Universidade Federal de Itajubá. Área de concentração: Instrumentos da política de recursos hídricos.

APROVADA EM 29 DE JULHO DE 2021.

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. James Lacerda Maia. (Orientador)

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

---

Prof. Dr. Eliane Maria Vieira.

Instituto de Ciências Puras e Aplicadas – UNIFEI

---

Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa.

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM

---

Itabira – Minas Gerais

2021

## DEDICATÓRIA

À minha esposa Graziela Moreira, e  
à minha mãe Célia Moreira.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. James Lacerda Maia pela orientação e conhecimentos repassados.

À minha esposa, pelo companheirismo e amor de sempre, pelo incentivo e compreensão nas horas de minha ausência.

À minha mãe, por todo amor e pela formação do meu caráter, além do incentivo à busca pelo conhecimento.

Aos colegas do ProfÁgua pelas trocas de conhecimento, amizade, e momentos de descontração na jornada.

Aos professores do ProfÁgua-UNIFEI, por todo o conhecimento, gratidão!

Às professoras Eliane Vieira e Ana Vasquez, pela valiosa contribuição na qualificação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº. 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento

Eu que sei prever a trajetória dos astros, nada sei dizer sobre o movimento de uma pequena gota de água

*Galileo Galilei*

## RESUMO

MOREIRA, Guilherme de Barros. **Diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do rio Suaçuí-MG e os impactos dos usos insignificantes de água.** 2021. 96 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2021.

A disponibilidade hídrica é a informação primordial que fundamenta a análise e decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos para determinado pleito, e assim assegura o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, conforme disposto no artigo 11 da Lei Federal nº 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Ela também define que independem de outorga as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes. O estabelecimento de limites para estes usos sempre foi uma tarefa difícil, cada esfera local de gestão de recursos hídricos atribui esses limites de acordo com as características e necessidades específicas, sejam eles definidos por tipologia de uso, por volume de água, ou a inexistência de “usos livres”. Em Minas Gerais, para obtenção do cadastro de uso insignificante o usuário deve preencher formulário específico, informando a vazão, finalidade e modo de uso do recurso hídrico, entre outras informações gerais, sendo então o cadastro emitido instantaneamente. A hipótese deste trabalho é de que cadastros de usos insignificantes para captação de água superficial emitidos em série ao longo de pequenos trechos de um curso de água podem ter capacidade de alterar de forma substancial a disponibilidade hídrica do mesmo, e conseqüentemente, provocar impactos ambientais, bem como propiciar conflitos pelo uso da água e não garantindo a oferta entre os múltiplos usos. O objetivo geral da pesquisa é analisar a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, no que se refere aos usos insignificantes, contribuindo para o conhecimento das interferências destes usos na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, com base nos aspectos quantitativos, tomando como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Suaçuí. Para alcançar o objetivo proposto foi obtida junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas - IGAM a relação dos usuários de captação de água superficial no local de estudo. Foram feitos os cálculos de disponibilidade hídrica da bacia, assim como por trechos de cursos d'água, analisando as interferências dos usos insignificantes. Os resultados mostraram que as captações de água não impactam na disponibilidade hídrica da bacia, considerando a disponibilidade total, exceto para a sub-bacia do rio Corrente Grande, onde foi constatado o comprometimento da mesma. Os usos insignificantes não interferem significativamente na disponibilidade hídrica daqueles trechos que possuem usuários outorgados. Já na análise de todos os trechos nos quais os usos insignificantes estão presentes, foram constatados que 555 se encontram em situação de indisponibilidade, sendo a maioria destes trechos de pequena extensão, localizados em regiões de cabeceira de bacia, e também trechos onde existem duas ou mais captações consideradas insignificantes, ou em trechos consecutivos. Este resultado sugere que a forma como são concedidos os cadastros de usos insignificantes deve ser revista, tomando como base a disponibilidade hídrica do trecho a ser demandado, e não apenas limitado por uma vazão máxima.

Palavras-chave: Usos insignificantes. Disponibilidade hídrica. Recursos hídricos.

## ABSTRACT

MOREIRA, Guilherme de Barros. **Diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial da bacia hidrográfica do rio Suaçuí-MG e os impactos dos usos insignificantes de água.** 2021. 96 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – PROFÁGUA), Instituto de Ciências Puras e Aplicadas, Universidade Federal de Itajubá, Campus de Itabira, Minas Gerais, 2021.

Water availability is the primary information that supports the analysis and decision on the granting of the right to use water resources for a given claim, and thus ensures the quantitative and qualitative control of water uses and the effective exercise of water access rights, as provided for in article 11 of Federal Law No. 9,433, which institutes the National Water Resources Policy. It also defines that the derivations, funding and entries considered insignificant are independent of granting. Establishing limits for these uses has always been a difficult task, each local water resources management sphere assigns these limits according to specific characteristics and needs, whether they are defined by type of use, by volume of water, or the lack of “free uses”. In Minas Gerais, to obtain the registration of insignificant use, the user must fill out a specific form, informing the flow, purpose and mode of use of the water resource, among other general information, and the registration is then issued instantly. The hypothesis of this work is that records of insignificant uses for the capture of surface water emitted in series along small stretches of a watercourse may have the capacity to substantially alter its water availability, and consequently, cause environmental impacts, as well as providing conflicts over the use of water and not guaranteeing the supply between multiple uses. The general objective of the research is to analyze the State Water Resources Policy of Minas Gerais, with regard to insignificant uses, contributing to the knowledge of the interference of these uses in the water availability of the hydrographic basin, based on quantitative aspects, taking as an area of study the hydrographic basin of the Suaçuí River. To achieve the proposed objective, the list of users of surface water collection at the study site was obtained from the Minas Gerais Water Management Institute - IGAM. The water availability calculations for the basin were made, as well as for stretches of water courses, analyzing the interferences of insignificant uses. The results showed that water abstraction does not impact the water availability of the basin, considering the total availability, except for the sub-basin of the Corrente Grande river, where it was found to be compromised. Insignificant uses do not significantly interfere with the water availability of those stretches that have licensed users. In the analysis of all stretches in which insignificant uses are present, it was found that 555 are in a situation of unavailability, with most of these stretches of small extension, located in headwater regions, and also stretches where there are two or more captures considered insignificant, or in consecutive stretches. This result suggests that the way in which registries of insignificant uses are granted should be revised, based on the water availability of the stretch to be demanded, and not just limited by a maximum flow.

Keywords: Insignificant uses. Water availability. Water resources.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Mapa ilustrando as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (CH) e os usos considerados insignificantes em Minas Gerais.....	38
Figura 2 –	Delimitação da CH DO4.....	42
Figura 3 –	Principais sub-bacias hidrográficas e rios.....	43
Figura 4 –	Classes de suscetibilidade à erosão da CH DO4.....	45
Figura 5 –	Uso do solo na CH DO4.....	46
Figura 6 –	Etapas das análises realizadas na pesquisa.....	47
Figura 7 –	Planilha Excel com parte dos dados de outorgas, extraída do IDE-SISEMA.....	48
Figura 8 –	Tela de interface do site Hidroweb.....	49
Figura 9 –	Planilha de dados de outorgas consistidos.....	50
Figura 10 –	Interface do software SisCAH 1.0, com valores encontrados para Q7,10, segundo distribuições probabilísticas.....	53
Figura 11 –	Ilustração da planilha Excel utilizada para os cálculos, para trechos outorgados.....	58
Figura 12 –	Ilustração da planilha Excel utilizada para os cálculos, para trechos com demandas de usos insignificantes.....	59
Figura 13 –	Captações superficiais em corpo de água na bacia do rio Suaçuí.....	61
Figura 14 –	Áreas de estudo delimitadas de acordo com as estações fluviométricas disponíveis.....	64
Figura 15 –	Bacia à montante da estação “São Pedro do Suaçuí” e os usuários de águas superficiais.....	64
Figura 16 –	Bacia à montante da estação “Vila Matias Montante” e os usuários de águas superficiais.....	65
Figura 17 –	Bacia à montante da estação “Campanário” e os usuários de águas superficiais.....	66
Figura 18 –	Bacia à montante da estação “Fazenda Corrente” e os usuários de águas superficiais.....	66
Figura 19 –	Mapa “Tipologias Regionais Homogêneas”, segundo Souza (1993).....	68
Figura 20 –	Valores paramétricos para função de inferência para rendimentos mínimos.....	69
Figura 21 –	Mapa da CH DO4 contendo as isolinhas de rendimento específico médio mensal – mínimas com 10 anos de recorrência ( $Re_{10, M}$ ), e a localização das estações fluviométricas.....	69
Figura 22 –	Mapa com a classificação do índice de disponibilidade hídrica em trechos de cursos d’água com usuários outorgados (IDH_QDO).....	79
Figura 23 –	Mapa com a classificação do índice de disponibilidade hídrica nos trechos de cursos d’água com usuários insignificantes (IDH_QDTUI).....	82
Figura 24 –	Zoom esquemático no Ribeirão Santo Antônio, evidenciando os usos insignificantes existentes.....	83

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 –	Tipos de uso hídrico na CH DO4 no ano de 2020.....	62
Gráfico 2 –	Tipos de uso hídrico PARH – Suaçuí, 2010.....	62
Gráfico 3 –	Índice de disponibilidade hídrica, segundo usos outorgados (IDH_QDO).....	78
Gráfico 4 –	Índice de disponibilidade hídrica, segundo usos insignificantes (IDH_QDTUI).....	81
Gráfico 5 –	Dispersão das vazões médias mensais do rio Suaçuí Grande, na estação “Vila Matias Montante”, e linha de tendência.....	85
Gráfico 6 –	Dispersão das vazões médias mensais do rio Suaçuí Grande, na estação “São Pedro do Suaçuí”, e linha de tendência.....	86
Gráfico 7 –	Dispersão das vazões médias mensais do rio Itambacuri, na estação “Campanário”, e linha de tendência.....	86
Gráfico 8 –	Dispersão das vazões médias mensais do rio Corrente Grande, na estação “Fazenda Corrente”, e linha de tendência.....	86

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Exemplo de vazões de referência e critérios para vazões máximas outorgáveis adotadas em alguns Estados brasileiros.....	33
Quadro 2 –	Derivações, captações e lançamentos de efluentes que independem de outorga de direito de uso de recursos hídricos (Anexo I – Resolução ANA n° 1175/2013).....	37
Quadro 3 –	Valores de $Q_{7,10}$ considerando as séries históricas das estações fluviométricas disponíveis.....	67
Quadro 4 –	Valores de $Re_{10, M}$ encontrados para cada estação fluviométrica.....	70
Quadro 5 –	Áreas de drenagens à montante das estações fluviométricas.....	70
Quadro 6 –	Quadro 05 – Valores de $Q_{7,10}$ obtidos segundo metodologia de Souza (1993).....	71
Quadro 7 –	Valores de $Q_{7,10}$ obtidos no IDE-SISEMA (IGAM, 2012).....	71
Quadro 8 –	Comparativo entre os valores de $Q_{7,10}$ para cada estação fluviométrica, a partir dos 3 métodos utilizados.....	72
Quadro 9 –	Diferenças entre os métodos de regionalização de vazões utilizados, em relação à análise estatística das séries históricas de cada estação fluviométrica.....	72
Quadro 10 –	Vazão mínima de referência e vazão disponível nas bacias à montante das estações fluviométricas analisadas (Método análise séries históricas).....	73
Quadro 11 –	Vazão mínima de referência e vazão disponível nas bacias à montante das estações fluviométricas analisadas (Método Souza, 1993).....	74
Quadro 12 –	Vazão mínima de referência e vazão disponível nas bacias à montante das estações fluviométricas analisadas (Método IGAM, 2012).....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Vazões de referência e de dispensa de outorga em diferentes Estados do Brasil.....	39
------------	--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CBH	Comitês de Bacias Hidrográfica
CERH	Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
CH	Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DHB	Disponibilidade Hídrica na Bacia
IDE SISEMA	Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos
IDH	Índice de Disponibilidade Hídrica
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
MMA	Ministério do Meio Ambiente
OMS	Organização Mundial de Saúde
PARH	Plano de Ação de Recursos Hídricos da Circunscrição Hidrográfica Suaçuí
SUAÇUI	
QDH	Vazão de Disponibilidade Hídrica considerando Outorgas
QDHUI	Vazão de Disponibilidade Hídrica considerando Usos Insignificantes
QDHUITO	Vazão de Disponibilidade Hídrica por trechos considerando Usos Insignificantes
QDO	Vazão de Demanda Hídrica
QDT	Vazão de Demanda Hídrica Total
QDTUI	Vazão de Demanda Hídrica por Trechos nos quais existem Usos Insignificantes
QDUI	Vazão de Demanda Hídrica de Usos Insignificantes
QDUITO	Vazão de Demanda de Usos Insignificantes em cada Trecho com Outorgas
SEAPA	Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento
UHE	Usina Hidroelétrica
UFV	Universidade Federal de Viçosa
ZAP	Zoneamento Ambiental Produtivo

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1. OBJETIVOS .....</b>	<b>19</b>
1.1 OBJETIVO GERAL .....	19
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>20</b>
2.1 HISTÓRICO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	20
2.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	21
2.3 A OUTORGA COMO UM INSTRUMENTO DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	23
2.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E OUTORGA .....	24
2.5 VAZÕES DE REFERÊNCIA .....	32
2.6 USOS INSIGNIFICANTES DE ÁGUA.....	35
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS .....</b>	<b>42</b>
3.1. ÁREA DE ESTUDO.....	42
3.1.1 Caracterização .....	44
3.2. METODOLOGIA .....	46
3.3 OBTENÇÃO DE DADOS.....	47
3.3.1 Selação e organização dos dados.....	49
3.3.2 Importação e organização dos dados no ArcGis .....	50
3.4 ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA CIRCUNSCRIÇÃO HIDROGRÁFICA EM ESTUDO.....	51
3.4.1 Análise estatística a partir das séries históricas de vazões nas estações fluviométricas disponíveis na CH DO4.....	51
3.4.2 Cálculo Q7,10 segundo metodologia de Souza (1993) – Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais .....	53
3.4.3 Obtenção da Q7,10 segundo metodologia de IGAM (2012) – Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais.....	54
3.4.4 Delimitação das bacias hidrográficas de influência e obtenção das respectivas vazões outorgadas e cadastradas.....	54
3.4.2 Análise da disponibilidade hídrica nos trechos que possuem usuários outorgados.	55

3.4.3	Análise da interferência dos usos insignificantes de água na disponibilidade hídrica dos trechos que possuem usuários outorgados .....	57
3.4.4	Análise da disponibilidade hídrica em todos os trechos da bacia hidrográfica que possuem usuários insignificantes .....	58
3.4.5	Determinação do Índice de Disponibilidade Hídrica (IDH).....	59
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DICUSSÃO .....</b>	<b>61</b>
4.1	USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA.....	61
4.2	DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUAÇUÍ GRANDE .....	63
4.2.2	Cálculo da $Q_{7,10}$ considerando a metodologia dos “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais” de Souza (1993). .....	68
4.2.3	Cálculo da $Q_{7,10}$ considerando a metodologia do “Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais” de IGAM (2012).....	71
4.2.4	Análise da disponibilidade hídrica .....	71
4.3	DISPONIBILIDADE HÍDRICA NOS TRECHOS QUE POSSUEM USUÁRIOS OUTORGADOS .....	76
4.4	INTERFERÊNCIA DOS USOS INSIGNIFICANTES DE ÁGUA NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS TRECHOS QUE POSSUEM USUÁRIOS OUTORGADOS .....	80
4.5	DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM TODOS OS TRECHOS DA BACIA HIDROGRÁFICA QUE POSSUEM USUÁRIOS INSIGNIFICANTES.....	80
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>88</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>88</b>

## INTRODUÇÃO

Para a existência de vida na terra, a água é um elemento natural indispensável, e por isso o reconhecimento do seu valor econômico e a preocupação com a preservação deste bem mineral, deve ser primordial. Segundo Tundisi (2003), a água deve ser objeto de políticas sistêmicas a fim de garantir a sustentabilidade das futuras gerações, e por ser o recurso natural de mais relevância, pois está presente e dinamiza todos os ciclos ecológicos, sendo parte essencial dos ciclos biogeoquímicos e da biodiversidade. Ademais, o suprimento de água potável para as populações humanas não é só uma questão de sobrevivência, mas também de saúde pública e tem revelado ser um desafio nas últimas décadas, sendo intensamente afetado pelas desigualdades locais e regionais, chegando à relevante estatística de 1 a cada 3 pessoas do Planeta não terem acesso à água potável, como demonstrado pela Organização Mundial de Saúde (OMS, 2019).

A América Latina é um continente rico em recursos hídricos, porém as diversas regiões e países existentes enfrentam distintos problemas em relação à água, os quais se devem, principalmente, às perdas na utilização, mau gerenciamento, contaminação e degradação ambiental. Alguns países como a Argentina, o Chile e o Peru já enfrentam sérios problemas de disponibilidade e contaminação da água por efluentes agroindustriais que são descarregados em canais de irrigação (FAO, 1996).

Segundo Paz *et al.* (2000), embora o Brasil seja considerado um país privilegiado em recursos hídricos, os conflitos de qualidade, quantidade e déficit de oferta já são realidade. Ainda segundo os autores, o desperdício de água, estimado em 40%, é contrastante com a realidade da região Nordeste, onde a escassez é cada vez mais grave, afetando a sobrevivência, a permanência da população e o desenvolvimento agrícola, que dependem da oferta de água. Várias regiões além das fronteiras do semiárido também seguem um padrão que beira a escassez, como demonstrado pelo diagnóstico ATLAS Brasil da Agência Nacional das Águas (ANA, 2010): dos 29 aglomerados urbanos do país (regiões das 26 capitais, Distrito Federal, Campinas e Baixada Santista) apenas a região Metropolitana de Campo Grande possuía um abastecimento urbano satisfatório ainda em 2010. A maior parte das capitais (55%) e conglomerados (35%) foram catalogados pelo estudo nas classes “requer novo manancial” ou “requer novo sistema de produção”, respectivamente. Além disso, o estudo demonstrou que a capacidade total dos sistemas produtores instalados e em operação no país era de cerca de 587 m<sup>3</sup>/s em 2010, bastante aproximada da demanda em 2010 que era

cerca de 543 m<sup>3</sup>/s. A perspectiva futura preocupa, uma vez que, citando apenas dados populacionais, espera-se um cenário em 2030 com uma população total de 226,4 milhões de habitantes no país, incremento de 35,7 milhões de pessoas com maior incremento dessa população nas cidades onde os recursos hídricos já demonstram padrões de escassez claros (ANA, 2019).

No Brasil, a Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), estabeleceu, como um dos seus instrumentos, a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos. Vários tipos de usos e intervenções em recursos hídricos, como derivações, captações e lançamentos, estão sujeitos a outorga pelo poder público, conforme determina o Art. 12 da referida Lei. Neste mesmo artigo, no parágrafo 1º, a norma dispensa de outorga os usos de recursos hídricos para satisfação de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural, e as derivações, captações, lançamentos e acumulações de água consideradas insignificantes.

Historicamente, o uso dispensado de outorga se fundamenta na doutrina dos direitos ripários, desenvolvida no século XIX em regiões do mundo como Inglaterra e América do Norte. A doutrina ripariana se baseava no direito que os donos de terras ribeirinhas teriam de fazer o uso “extraordinário” da água, desde que tal uso não interferisse no direito de outros proprietários, a montante e a jusante (HODGSON, 2006).

Entretanto, conforme Hodgson (2006), o estabelecimento de limites para estes usos sempre foi uma tarefa difícil. Cada esfera local de gestão de recursos hídricos atribui esses limites de acordo com as características e necessidades específicas, sejam eles definidos por tipologia de uso, por volume de água, ou até mesmo a inexistência de “usos livres”.

No caso do Estado de Minas Gerais, a Lei Estadual nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que instituiu a Política Estadual de Recursos Hídricos (MINAS GERAIS, 1999), também estabeleceu a outorga pelo poder público dos direitos de uso dos recursos hídricos como um dos seus instrumentos, em analogia à Lei Federal, inclusive no que se refere aos usos que independem de outorga.

Os objetivos do instrumento da outorga são especificados no Art. 17 da Lei Estadual nº 13.199/99 como sendo “assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água”. Nesse sentido, a outorga é concebida como o

instrumento de controle dos usos dos recursos hídricos que visa assegurar o uso racional e a minimização dos impactos ambientais.

O Decreto Estadual nº 41.578, de 8 de março de 2001, que regulamenta a Lei Estadual nº 13.199 (MINAS GERAIS, 1999), estabelece em seu Art. 36 que a dispensa de outorga de uso para as acumulações, derivações ou captações e os lançamentos considerados insignificantes e para satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, respeitará os critérios e demais parâmetros normativos fixados pelos comitês de bacia hidrográfica (CBH's), compatibilizados com as definições de vazão remanescente e vazão de referência definidas nos respectivos Planos Diretores. Já no Art. 37, a norma diz que o estabelecimento dos critérios e parâmetros normativos pelos CBH's será precedido de estudos e proposta técnica a serem realizados pelas respectivas agências e, na sua falta, pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), desde que previamente autorizado pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH).

Desta forma, em 16 de junho de 2004 foi publicada a Deliberação Normativa CERH nº 09 (CERH, 2004), a qual estabelece as definições dos usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais e, desde então, não houve nenhuma atualização ou revisão dos valores fixados e metodologia aplicada na definição, seja pelo IGAM ou pelos CBH's.

O meio ambiente sofre mudanças ao longo do tempo, seja por fatores naturais, como intemperismos, ciclo hidrológico, fenômenos climáticos como El Niño e La Niña, e principalmente por fatores antrópicos, cada vez mais frequentes e comuns, como o aumento desenfreado do desmatamento, aumento das emissões atmosféricas que provocam o aquecimento global, entre outros (TUCCI, 2000). É reconhecido que longos períodos de estiagem reduzem o fluxo de água nos rios e a recarga dos aquíferos, o que compromete a capacidade de armazenamento dos reservatórios superficiais e subterrâneos (ROSENZWEIG et al., 2011) e períodos de expressiva pluviosidade após períodos longos de estiagem aumentam o escoamento superficial (*runoff*) sobre os solos resultando na saturação da infiltração de água, com resultante ineficiência na recarga dos aquíferos subterrâneos / lençóis freáticos (VOLSCHAN JUNIOR, 2011). Esse conjunto de impactos das alterações climáticas que tem se intensificado tem um custo significativo para a manutenção da disponibilidade e qualidade dos recursos hídricos.

A cada ano cresce o número de demandas de fiscalização sobre conflitos pelo uso da água recebidas no órgão ambiental estadual de Minas Gerais (SEMAD, 2019), as quais abordam principalmente os usos considerados insignificantes. Por exemplo, é comum e permitido atualmente a obtenção pelo mesmo usuário, ou usuários diferentes, de diversos cadastros de usos insignificantes para captação de água superficial em um curso d'água, relativamente próximos entre si, ou seja, em série, prática que determinados usuários tem usado como alternativa para não se enquadrarem na modalidade de outorga, propriamente dita (Portaria IGAM n° 48/2019).

Ainda conforme a portaria n° 48/2019 do IGAM citada acima, para obtenção do cadastro de uso insignificante o usuário deve preencher formulário específico, informando as coordenadas geográficas do uso do recurso hídrico, além de vazão, finalidade e modo de uso, entre outras informações gerais. Portanto, não é da apresentação de estudos técnicos e hidrológicos que demonstrem a capacidade de determinado curso de água ofertar uma vazão específica, bem como as vazões residuais. Dessa forma, cadastros de usos insignificantes para captação de água superficial emitidos em série ao longo de pequenos trechos de um curso de água podem ter capacidade de alterar de forma substancial o regime, quantidade e qualidade do mesmo, e conseqüentemente, provocar impactos ambientais, bem como propiciar conflitos pelo uso da água e não garantindo a oferta entre os múltiplos usos, hipótese esta que é objeto de estudo nesta pesquisa.

Consoante a isso, a identificação da relação entre as demandas, as atividades associadas aos usos em uma bacia, e a disponibilidade de água para supri-las, são fundamentais para o estabelecimento de um bom diagnóstico de recursos hídricos que fornecerá suporte à gestão da água.

Assim, se mostra de grande relevância o estudo da disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, tendo em vista a análise dos impactos e interferências dos usos definidos como insignificantes na DN CERH n° 09/2004. Para isso, adotou-se como área de estudo neste trabalho a circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí (CH DO4), escolhida por se tratar de um território com vocação predominantemente agropecuarista, com alta demanda de água por irrigação e, principalmente, por ter entrado em estado crítico de escassez hídrica, declarada pelo IGAM, paulatinamente nos últimos anos, conforme Portarias IGAM n° 36/2015, 38/2017, 23/2018, 25/2019 e, a mais recente, Portaria IGAM n° 43, de 11 de junho de 2021.

## 1. OBJETIVOS

### 1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é analisar a Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, especialmente no que se refere à regulamentação dos usos insignificantes de águas superficiais, contribuindo para o conhecimento das interferências destes usos na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica, com base nos aspectos quantitativos, tomando como área de estudo a circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí.

### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar a demanda (outorgas e cadastros de usos insignificantes) *versus* disponibilidade hídrica da circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí (CH DO4);
- b) Analisar a interferência dos usos insignificantes na disponibilidade hídrica dos trechos de cursos d'água da CH DO4 que possuem usuários outorgados;
- c) Analisar a disponibilidade hídrica em todos os trechos da CH DO4 que possuem usuários insignificantes.
- d) Propor um índice mensurador do grau de impacto das captações superficiais na disponibilidade dos trechos de curso d'água da circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 HISTÓRICO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Os primeiros registros de uma organização e gestão de recursos hídricos existentes, datam do ano 312 a.C., na Roma Antiga, época em que os romanos construíram aquedutos que formaram complexos sistemas de abastecimento de água na cidade. Diante de crises, para abastecer a população e alimentar os aquedutos, pessoas intituladas como caçadores de água buscavam novas fontes com quantidade e qualidade compatíveis ao uso desejado, e por isso, a elas eram despendidas homenagens (CAMPOS, 2001).

No Brasil, segundo Almeida (2002), a evolução da gestão dos recursos hídricos tem início desde a colonização portuguesa, em 1500, à fase atual, com a entrada em vigor da Política Nacional dos Recursos Hídricos, trazida pela Lei 9.433/97 (BRASIL, 1997). Segundo o autor, o primeiro documento que se tem registro, relacionado com a proteção das águas, foi as Ordenações Filipinas de 1603, que “proibiu a qualquer pessoa jogar material que pudesse matar os peixes e sua criação ou sujar as águas dos rios e das lagoas”, ainda na época da colonização.

Ainda de acordo com Almeida (2002), não houve nenhum instrumento de gestão ambiental com a Constituição Imperial de 1824 (BRASIL, 1824), mas o Código Penal de 1890 (BRASIL, 1890) trazia o seguinte: “corromper ou conspurcar a água potável de uso comum ou particular, tornando-a impossível de beber ou nociva à saúde”, com pena de prisão cautelar de 1 (um) a 3 (três) anos.

O Código Civil de 1916 (BRASIL, 1916) legislou sobre a água com um enfoque no direito de vizinhança e na utilização da água como um bem de domínio privado e de valor econômico limitado. Já a Constituição Federal de 1934 trouxe no artigo 5º, inciso XIX, alínea “j” normas constitucionais de cunho ambiental, dispondo que a União é privativamente competente para legislar sobre bens do domínio federal, riquezas do subsolo, mineração, metalurgia, águas, energia hidrelétrica, florestas, caça e pesca e a sua exploração (ALMEIDA, 2002).

Conhecido como um marco na regulação das águas, o Decreto 24.643 de 10 de julho de 1934 (BRASIL, 1934), o Código de Águas, foi editado com objetivo de regulamentar a utilização industrial das águas e da energia hidráulica. O domínio das águas neste código foi dado como águas públicas de uso comum, águas comuns e particulares. Porém, o Código de Águas apenas se limitava a gestão da quantidade, sem preocupar-se com a qualidade.

O Decreto 24.643/1934 ainda se encontra em vigor, no entanto, houve algumas alterações por leis posteriores. Ele é considerado mundialmente como uma das mais completas leis de água já elaboradas (DARONCO, 2013).

A partir da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 (BRASIL, 1988) foi abolida as águas particulares ou comuns, antes previstas no Código Civil de 1916 (BRASIL, 1916) e no Decreto 24.643/1934 (BRASIL, 1934), sendo então consideradas bens dos Estados, tornando todas as águas públicas.

Mais tarde, em 08 de janeiro de 1997, foi criada a Lei nº 9433 (BRASIL, 1997), mais conhecida como “Lei das Águas”, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, marcada por seus objetivos, fundamentos, instrumentos, e pela criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, que, até então, é a base para a gestão de recursos hídricos no Brasil.

## 2.2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

É notável a relação existente entre a água e o desenvolvimento de uma região. Os primeiros países a avançarem no desenvolvimento econômico, os chamados países de primeiro mundo, alcançaram tal nível utilizando-se de água, passando a valorizar este recurso e abordar as questões de gestão e gerenciamento deste bem (BORSOI; TORRES, 1997).

Segundo Medeiros (2000), a necessidade de água por parte do homem acompanhou o crescimento populacional, mas o aumento da escala de consumo de água pela sociedade humana se deve principalmente ao intenso processo de industrialização e de diversificação das atividades econômicas, e a migração da população do campo para as cidades.

O acelerado desenvolvimento econômico implica em expressivo consumo de água. Conforme Setti *et al.* (2001), o aumento pela demanda de água vem ocasionando problemas aos recursos hídricos em muitas partes do mundo”. Em nosso país, o Atlas Brasil projetou um aumento de 45 milhões de habitantes nas cidades brasileiras no período de 2005 e 2025, com

um aumento de 28% na demanda média do abastecimento urbano de água, ocasionando a necessidade de adicionar uma média de aproximadamente 60m<sup>3</sup>/s de capacidade aos sistemas de produção a cada década, com investimentos de R\$ 22,2 bilhões nestes 20 anos (ANA, 2010). Esses dados reforçam a necessidade da discussão realista sobre a situação dos recursos hídricos e a intensificação que pode ocorrer nas desigualdades do abastecimento no país.

Vilar (2014) aponta que os problemas relacionados à governança das águas induzem ao risco de crise hídrica e de conflitos de água, e que tal governança pode incluir outros atores, além dos já estabelecidos no desempenho das funções políticas.

Os conflitos pelo uso de água estão relacionados a critérios subjetivos ou evidências de escassez de água. A carência de informações que relacionem a disponibilidade hídrica com os dados de vazões já outorgadas, pode ser um dos motivos para que ocorra um conflito de uso de água, esta deficiência está diretamente ligada na falta de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos (MOREIRA *et al.*, 2012).

Segundo Setti *et al.* (2001) a gestão das águas é uma atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e diretrizes, para o preparo de documentos orientadores e normativos, estruturação de sistemas gerenciais e tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos. Os autores dizem fazer parte dessa atividade os seguintes elementos:

- Política de Águas: trata-se do conjunto consistente de princípios doutrinários que conformam as aspirações sociais e/ou governamentais no que concerne à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção das águas.
- Plano de Uso, Controle ou Proteção das Águas: qualquer estudo prospectivo que busca, na sua essência, adequar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às aspirações sociais e/ou governamentais expressas formal ou informalmente em uma Política das Águas, através da coordenação, compatibilização, articulação e/ou projetos de intervenções. Obviamente, a atividade de fazer tais planos é denominada Planejamento do Uso, Controle ou Proteção das Águas.
- Gerenciamento de Águas: Conjunto de ações governamentais destinadas a regular o uso, o controle e a proteção das águas, e a avaliar a conformidade da situação corrente com os princípios doutrinários estabelecidos pela Política das Águas. (SETTI *et al.*, 2001, p.69)

No Brasil, um dos principais avanços na gestão de recursos hídricos foi a mudança de paradigma, havendo um período de transição nos últimos dez anos do século XX, passando de um gerenciamento “setorial, local e de resposta a crises e impactos, para um sistema

integrado, preditivo e no âmbito de ecossistema (bacia hidrográfica)” (TUNDISI, 2006, p. 29).

A Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997) “institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal [...]”. Ela foi o marco regulatório federal, a partir da qual os estados tiveram que se adaptarem ou criarem suas políticas de recursos hídricos por ela lastreadas. Essa mesma lei estabeleceu as diretrizes para a descentralização da gestão de recursos hídricos, de forma a viabilizar a participação de todos os entes envolvidos, dentre eles, os usuários de água, as organizações civis, conjunto aos comitês de bacias hidrográficas, criados a partir da necessidade de gerir as bacias, então definidas como unidade territorial para planejamento e gestão dos recursos hídricos em seu Art. 1º, inciso V.

### 2.3 A OUTORGA COMO UM INSTRUMENTO DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997) trouxe, para a gestão dos recursos hídricos, seis instrumentos, dentre os quais, a outorga de direitos de uso de recursos hídricos, que tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

A outorga das águas também é um mecanismo de racionalização do recurso hídrico, impondo prioridades para os seus diferentes usos, protegendo o abastecimento humano em época de escassez, assim como a vazão necessária à preservação do ecossistema aquático (MEDEIROS, 2000).

Segundo Carrera-Fernandez e Garrido (2002, p. 172), a outorga de direito de uso dos recursos hídricos tem caráter disciplinador e racionalizador do uso deste recurso, compatibilizando-o com a disponibilidade hídrica da bacia. Já Cruz (2001) coloca os objetivos da outorga de forma mais abrangente, inclusive no sentido de prioridade de uso: “esse instrumento tem como objetivo racionalizar e compatibilizar a conservação ambiental e os diferentes usos da água, de tal forma que sejam preservados os direitos dos usuários, priorizando entre estes o abastecimento público”.

A expansão da variedade de usos da água, resultante do crescimento populacional e do desenvolvimento industrial e econômico, aliado também às mudanças e alterações ambientais que ocorrem de forma natural, e que vem paulatinamente sendo agravadas e acrescidas pela ação antrópica, levam à redução da disponibilidade hídrica, podendo originar a ocorrência de situações conflitantes pelo uso da água (MENDES, 2007; LEVY; SIDEL, 2011). Neste cenário, o instrumento de outorga dos recursos hídricos mostra-se ainda mais relevante, no sentido de minimizar conflitos entre usuários, garantindo a preservação do recurso hídrico.

Segundo Levy e Sidel (2011), a gestão dos recursos hídricos é uma necessidade iminente, devendo ter como premissa o objetivo de adequar as demandas econômicas, sociais e ambientais por água em níveis sustentáveis, de modo a permitir, sem conflitos, a convivência dos usos atuais e futuros da água.

Os usos de recursos hídricos sujeitos a outorga são estabelecidos na Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997):

Estão sujeitos a outorga pelo Poder Público os direitos dos seguintes usos dos recursos hídricos:

I – derivação ou captação de parcela da água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;

II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;

III – lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV – aproveitamento dos potenciais hidrelétricos;

V – outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

## 2.4 DISPONIBILIDADE HÍDRICA E OUTORGA

Uma das principais variáveis a serem consideradas na gestão de recursos hídricos, especialmente em relação à outorga, é a disponibilidade hídrica, cujo conceito tem diferentes interpretações (CRUZ, 2001). Ainda segundo Cruz (2001), um sistema hídrico como uma bacia hidrográfica tem como saída uma vazão que varia temporalmente e espacialmente, dentro da mesma. Conceitualmente, a disponibilidade hídrica pode ser compreendida como o total desta vazão, à medida que uma parte pode ser utilizada pela sociedade para o seu

desenvolvimento, e parte deve ser mantida na bacia para conservação da integridade de seu sistema ambiental, bem como para atender a usos que não necessitam extrair ou derivar de um curso natural, como a navegação e recreação. Na literatura de língua inglesa, essas vazões são chamadas de “*instream flow*” (KRAMER, 1998).

A disponibilidade hídrica é a informação primordial que fundamenta a análise e decisão sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos para determinado pleito, e assim assegura o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água, conforme disposto no artigo 11 da Lei Federal nº 9.433 (BRASIL, 1997).

Ainda, segundo a mesma Lei nº 9.433, Art. 7º, parágrafo III, a outorga deve estar vinculada a estudos referentes ao “balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais”.

A outorga de recursos hídricos tem sido a temática crescente de diversos trabalhos, considerando os inúmeros desafios encontrados no campo teórico, prático e operacional dos sistemas de gestão e emissão de outorgas. Os trabalhos desenvolvidos geralmente se propõem ao aprimoramento do gerenciamento das demandas e disponibilidades hídricas, amparados pela adoção de metodologias e estratégias de gestão e alocação de água, com objetivo de suprir todas as necessidades de uso, evitando conflitos nas bacias (STINGHEN; MANNICH, 2019).

A identificação da relação entre as demandas, as atividades associadas aos usos em uma bacia, e a disponibilidade de água para supri-las, são fundamentais para o estabelecimento de um bom diagnóstico de recursos hídricos que fornecerá suporte à gestão da água. A dinâmica econômica regional acompanha as tendências de disponibilidade e qualidade das águas ao longo do tempo. O crescimento de atividades poluidoras sem o controle adequado por exemplo, pode provocar degradação da qualidade das águas, ou inversamente, a diminuição das mesmas refletirá em melhorias (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

Segundo Souza (2011) a disponibilidade hídrica de um curso d'água pode ser conhecida a partir da obtenção de dados de monitoramento de estações fluviométricas, no entanto, esses dados são raros, devido à dificuldade em cobrir toda a rede hidrográfica. A falta de dados fluviométricos, o alto custo de implantação, operação e manutenção de uma rede

hidrométrica em toda a rede hidrográfica das bacias e/ou a ausência de dados espaço-temporais, são obstáculos para a existência de dados precisos referentes ao quantitativo hídrico das redes de drenagem. Diante desse cenário, resultados obtidos em determinado sistema hídrico são correlacionados para trechos não monitorados, através de métodos específicos.

Pode-se citar como exemplo o método de regionalização hidrológica (ou de vazões), que consiste em um conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações fluviométricas e pluviométricas existentes, visando à estimativa das variáveis, funções ou parâmetros hidrológicos em regiões com dados limitados (TUCCI, 2000).

Segundo Pereira (2012), a regionalização hidrológica consiste, basicamente, na definição de regiões hidrológicamente homogêneas, onde a variável regionalizada possui tendências hidrológicas semelhantes, ou seja, há o agrupamento espacial de distribuições estatísticas similares.

Euclides *et al.* (2001) afirmam que o processo de regionalização da vazão mínima apesar de ser exaustivo, é considerado simples, pois depende apenas da disponibilidade de dados e de ferramentas computacionais adequadas, além de recursos humanos qualificados.

A regionalização de vazões é bastante utilizada na obtenção da disponibilidade hídrica para concessão de outorga, permitindo maior agilidade e automação dos procedimentos. No Estado de Minas Gerais, o órgão ambiental responsável pela gestão das águas, o IGAM, recomenda como referência bibliográfica, no seu “Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais” (IGAM, 2010), para determinação das vazões de referência em um processo de outorga, na falta de dados das séries históricas de vazões, o trabalho desenvolvido por Souza (1993) para a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA).

No estudo de Souza (1993), um dos utilizados e recomendados pelo IGAM, têm-se mapas contendo isolinhas de rendimento específico, em l/s.km<sup>2</sup>, para vazões mínimas e máximas - com 10 anos de período de retorno, e média de longo termo para todo o Estado. As vazões de referência  $Q_{7,10}^1$ , em cada seção dos cursos de água são obtidas através de

---

<sup>1</sup> Vazão mínima de sete dias consecutivos de duração, e período de retorno de 10 anos.

metodologia que associa o rendimento específico de cada região, a área de drenagem em análise e as características físicas, de solo e meteorológicas das bacias hidrográficas.

O Estado de Santa Catarina também dispõe de estudo semelhante de regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais (SANTA CATARINA, 2006). O estudo contempla a regionalização de vazões com diferentes permanências e vazões médias mínimas para diferentes durações e períodos de retorno, visando à estimativa da disponibilidade hídrica em determinadas seções fluviométricas. A regionalização foi desenvolvida a partir das séries históricas diárias da rede nacional de monitoramento hidrológico da ANA (Agência Nacional de Águas), disponíveis no sistema Hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br>), cujas áreas de drenagem das bacias monitoradas variam de centenas a milhares de quilômetros quadrados.

Vale ressaltar que os estudos de regionalização desenvolvidos geralmente utilizam as vazões existentes, quando estas informações são representativas; no entanto, quando os dados são deficientes, a regionalização fica comprometida (OBREGON *et al.*, 1999).

Silveira e Tucci (1998), desenvolveram um estudo para a quantificação de vazão em pequenas bacias hidrográficas, no qual constataram que a atual rede hidrometeorológica brasileira contempla as grandes bacias hidrográficas, com áreas maiores que 500 km<sup>2</sup>, e que as pequenas bacias, com áreas de drenagem inferiores a 100 km<sup>2</sup>, apresentam carência quase total de dados. Os mesmos autores afirmam, ainda, que a carência de dados fluviométricos leva a grandes incertezas na avaliação quantitativa dos recursos hídricos.

As principais incertezas envolvidas num método de regionalização de vazões estão nas amostras das informações, nos dados de entrada e saída do modelo, na estrutura e nos parâmetros do modelo (CRUZ, 2001). Isso acontece porque os modelos representam simplificada e o que acontece na natureza, não abordando todas as informações. Assani *et al.* (2006) buscaram incorporar outras características do escoamento de maior interesse à ecologia e que envolvessem fatores ambientais, no método de regionalização de vazões denominado “eco-geográfico”. No entanto, segundo Fioreze *et al.* (2008), sendo muito difícil a obtenção dessas informações, grande parte dos modelos disponíveis não considera, por exemplo, as variações provocadas pela ação humana na bacia hidrográfica, capazes de alterar drasticamente a dinâmica de infiltração e escoamento das precipitações.

Sugai *et al.* (1998) compararam estimativas obtidas pelo método da regionalização com aquelas obtidas usando somente dados locais em bacias paranaenses, para análise de

solicitações de outorga. Nesse estudo foram encontrados resultados com diferenças expressivas, comparando-se o método da regionalização e a análise dos dados existentes, da ordem de 3% a 75% para as vazões de 95% de permanência e diferenças entre 6% e 95% para as vazões com 99% de permanência.

Portanto, o método da regionalização de vazões, no qual dados pontuais são espacializados, tendo-se por base características físicas ou geomorfológicas homogêneas (TUCCI, 2000), podem resultar em erros importantes em bacias de pequeno porte sem histórico de monitoramento (SOARES *et al.*, 2010). Hrachowitz *et al.* (2013) destacam a importância do aprimoramento na compreensão dos processos envolvidos, permitindo o desenvolvimento de técnicas sofisticadas de regionalização de vazão em bacias não monitoradas.

Nesse sentido, segundo estudo publicado por IGAM (2012, p.13), intitulado “Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais”:

O preceito estatístico de que o uso das equações de regressão deve ficar restrito apenas à faixa de variação da variável independente utilizada, somada ao fato de que as estações fluviométricas são instaladas em seções para as quais já existe uma grande área de contribuição, acaba por restringir a utilização das equações de regionalização a uma parcela muito reduzida da hidrografia, uma vez que a maior parte da hidrografia apresenta áreas de drenagem inferiores à área de contribuição relativa às estações onde são medidas as vazões. Existe, entretanto, a tendência de utilização da regionalização de forma generalizada, sem um questionamento maior da qualidade de seus resultados, o que pode comprometer o processo de tomada de decisão no gerenciamento dos recursos hídricos, gerando problemas de gestão e conflitos.

Baseado nestes fatos, o método de regionalização de vazões desenvolvido por IGAM (2012) buscou alternativas para reduzir os efeitos destes fatores. A utilização de uma variável caracterizada como a precipitação menos a inércia hídrica está fundamentada no fato de que boa parte da precipitação que ocorre em uma bacia hidrográfica é transformada em evapotranspiração, não sendo, portanto, convertida em escoamento na hidrografia. Desta forma, apenas uma parte da precipitação vai constituir contribuição efetiva para a formação das vazões mínimas e média. A utilização desta variável oportunizou, em muitas bacias hidrográficas a obtenção de melhores ajustes para as equações de regionalização e, conseqüentemente, uma melhor representatividade para a estimativa das vazões.

Ainda, segundo IGAM (2012), buscando reduzir os riscos associados à extrapolação das vazões para as regiões fora da amplitude de variação das variáveis independentes, foi

proposta a uma imposição de restrição, de modo que as vazões extrapoladas nestas regiões não ultrapassem um limite físico conhecido. No caso das vazões médias de longa duração o limite físico estabelecido foi o maior coeficiente de escoamento correspondente às estações fluviométricas utilizadas no estudo e, no caso das vazões mínimas, o limite de imposição constituiu a máxima vazão específica estimada nas estações fluviométricas consideradas no estudo.

Considerando que os procedimentos adotados no estudo de IGAM (2012) permitem minimizar o risco de superestimativa das vazões para as regiões onde é feita a extrapolação, possibilitando uma gestão mais segura dos recursos hídricos, este método de regionalização de vazões foi um dos escolhidos para realização das análises de disponibilidade hídricas neste trabalho, uma vez que grande parte das mesmas foram realizadas em regiões sem monitoramento fluviométrico.

Segundo Pereira (2012), apesar das dificuldades e imprecisões inerentes à regionalização, trata-se de uma ferramenta útil na gestão dos recursos hídricos, visto que possibilita a determinação da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica ainda sem monitoramento, para posterior gerenciamento dos usos múltiplos da água por meio da outorga. Parajka *et al.* (2005) compararam diferentes métodos de regionalização de parâmetros hidrológicos para bacias hidrográficas na Áustria, com área variando de 10 km<sup>2</sup> a 9770 km<sup>2</sup> e diversas condições de relevo, precipitação e uso do solo, obtendo bom desempenho no método baseado na definição de regiões homogêneas e na similaridade das características fisiográficas das bacias.

Salienta-se que uma das bases de dados utilizada neste trabalho, especialmente no que se refere aos dados de  $Q_{7,10}$  dos trechos de cursos d'água da bacia hidrográfica em estudo, tem como base o método de regionalização hidrológica, escolhida justamente pela escassez de dados de monitoramento de estações fluviométricas na bacia hidrográfica do rio Suaçuí.

Masafu *et al.* (2016), propuseram uma estrutura que permite o uso de conjuntos de dados climáticos globais na avaliação da disponibilidade de água e demanda de safras em bacias com escassez de dados. Neste estudo, aplicou-se a estrutura de avaliação da bacia hidrográfica do rio Rokel-Seli em Serra Leoa, na África Ocidental, para investigar a capacidade de conjuntos de dados climáticos globais, complementados com dados históricos regionais, na estimativa de disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica que enfrenta

demandas crescentes de retiradas de água pelo setor agrícola em grande escala. Os autores demonstraram como os registros de vazão do rio de curto prazo podem ser estendidos usando um modelo hidrológico concentrado e, em seguida, usaram um modelo de demanda de água da cultura para gerar demandas de água para irrigação de um grande projeto de biocombustíveis irrigados, abstraindo do rio.

No estudo citado anteriormente, os resultados do uso de vários conjuntos de dados globais diferentes para conduzir a estrutura de avaliação foram comparados e o desempenho avaliado em relação à chuva observada e aos registros do medidor de vazão. Os autores descobriram que o modelo hidrológico simula as vazões baixas e altas de forma satisfatória, e que todos os conjuntos de dados de entrada produzem resultados semelhantes para cenários de retirada de água. A estrutura proposta é aplicada com sucesso para avaliar a variabilidade das vazões disponíveis para abstração em relação à demanda agrícola. As conclusões da estrutura de avaliação são robustas, apesar dos diferentes conjuntos de dados de entrada e cenários de calibração testados, e podem ser estendidas para incluir outros conjuntos de dados de entrada globais.

Kaune *et al.* (2020), avaliaram o benefício do uso de estimativas de disponibilidade de água superficial derivadas de um conjunto de modelos hidrológicos globais para estabelecer a área potencial que pode ser irrigada, onde o tamanho é determinado com base em metas de confiabilidade de abastecimento de água acordadas. A análise foi realizada na bacia do rio Murrumbidgee, no sudeste da Austrália. Resultados estimados da produção agrícola anual devido à verdadeira ocorrência de escassez de água foram gerados para as áreas de irrigação de referência estabelecidas, resultando em um Valor de Utilidade Relativo (RUV) que expressa a utilidade das informações utilizadas. Os resultados mostraram que o uso de um conjunto de modelos hidrológicos globais fornece estimativas de disponibilidade de água mais robustas da área planejada em comparação com o uso de qualquer um dos modelos globais únicos que constituem o conjunto. Uma comparação do conteúdo de informação no conjunto mostra que um conjunto com um período de registro de 15 anos tem um conteúdo de informação equivalente a um único modelo de 30 anos.

Tibebe *et al.* (2015) discutiram a hidrologia do Rio Holetta, Etiópia, sua variabilidade sazonal e gestão da água na bacia hidrográfica. Eles usaram a Ferramenta de Avaliação de Solo e Água (SWAT) para modelar o processo chuva-escoamento da bacia hidrográfica. Métodos estatísticos e métodos gráficos foram usados para avaliar o desempenho do modelo.

Os resultados indicaram que o modelo SWAT teve um bom desempenho para simulação da hidrologia da bacia hidrográfica. Após a modelagem da relação do escoamento da chuva, avaliaram a demanda de água da área, por meio da aplicação do modelo CropWat e análises de levantamento para calcular a demanda de água na área. A demanda total de água para os três principais usuários foi de 0,313, 0,583, 1,004, 0,873 e 0,341 milhões de m<sup>3</sup> de janeiro a maio, respectivamente. A vazão média obtida na simulação do SWAT foi de 0,749, 0,419, 0,829, 0,623 e 0,471 MCM de janeiro a maio, respectivamente. A partir de 5 meses, a demanda e a oferta mostraram um déficit durante os meses de fevereiro, março e abril com 0,59 milhões de m<sup>3</sup>. Os autores concluem que, para resolver a lacuna criada pela demanda, fontes alternativas de abastecimento de água devem ser estudadas e sistemas integrados de gestão da água devem ser implementados.

Silva *et al.* (2015) tiveram como objetivo avaliar os índices de conflito pelo uso da água na gestão e no planejamento de recursos hídricos da bacia do rio Paraopeba, visando identificar potenciais conflitos pelo uso da água e fornecer subsídios às ações do órgão gestor de recursos hídricos do Estado de Minas Gerais. No cálculo dos índices, além do modelo digital de elevação para a obtenção das áreas de drenagem da foz de cada um dos segmentos, foram necessários os valores das vazões outorgadas e das vazões estimadas nas confluências da hidrografia da bacia. Os resultados do cálculo mostraram que em 22,7% dos segmentos analisados o total das vazões outorgadas são superiores as estimativas das vazões permitidas, indicando uma potencial situação de conflito pelo uso da água. Além disso, os autores verificaram que em três segmentos as vazões outorgadas superaram a vazão média de longa duração. A análise efetuada permitiu concluir que, em eventuais conflitos pelo uso da água, a solução pode ser obtida com a adoção de políticas públicas ou investimentos em obras de engenharia que aumentem a disponibilidade de água para outorga ao longo do ano.

Duarte e Miola (2016) avaliaram se a quantidade de outorgas concedidas para uso dos recursos hídricos na microbacia do Ribeirão Paciência, no município de Pará de Minas, resultava em uma pressão excessiva no manancial, além de averiguar se o volume de água da microbacia seria suficiente para manter o equilíbrio entre oferta e demanda referentes às outorgas concedidas, além da manutenção do abastecimento público. Após serem feitos os levantamentos em relação a disponibilidade hídrica da bacia, os autores observaram que a água disponível conseguia manter o equilíbrio entre a oferta e demanda. Entretanto, o aumento populacional, o crescimento industrial e a escassez de investimentos ambientais fazem com que ocorra uma pressão sobre os recursos hídricos.

Castro *et al.* (2021) analisaram a disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Piracicaba (MG) utilizando a metodologia para elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo (ZAP) (Faria *et al.*, 2016). Cálculos de disponibilidade hídrica trecho a trecho da bacia foram realizados, bem como o cálculo da viabilidade de regularização de vazão dos trechos com indisponibilidade hídrica. Como resultado, os autores identificaram 103 trechos com indisponibilidade hídrica na área de estudo, sendo que desses, apenas 3 não possuem viabilidade de regularização de vazão. Os autores concluíram que a informação de disponibilidade hídrica deve ser mantida atualizada periodicamente, a fim de obter um melhor cenário para auxiliar as decisões no âmbito da gestão hídrica da bacia.

Utilizando a mesma metodologia (ZAP), Salis *et al.* (2017) avaliaram e especializaram a disponibilidade e demanda hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Manso, na região metropolitana de Belo Horizonte-MG. Foram identificados na bacia 215 pontos de captação de água superficial com processos de outorga vigentes. Estes representavam uma demanda de 0,1831 m<sup>3</sup>/s associada a 15 usos distintos, sendo os principais: irrigação, consumo humano, dessedentação de animais, aquicultura, mineração e lavagem de veículos. Embora a maior parte do curso d'água esteja em estado de disponibilidade hídrica, alguns pontos apresentaram-se em estado de atenção, apontando a necessidade de uma análise integrada da bacia, de forma a garantir a sua sustentabilidade.

## 2.5 VAZÕES DE REFERÊNCIA

A vazão de referência é o estabelecimento de um valor de vazão que determina o limite para utilização da água em um curso d'água (Ribeiro, 2000). Harris *et al.* (2000) afirmam que o critério de vazão de referência para utilização das águas é um procedimento válido para a proteção dos rios, pois as alocações de água para os usos pretendidos são geralmente feitas a partir de uma vazão de base de pequeno risco.

Segundo Cardoso da Silva e Monteiro (2004), as vazões de referência utilizadas como outorgáveis são as vazões mínimas, como forma de condicionar uma alta garantia de água no manancial. A partir dessa condição, são realizados os cálculos de alocação da água, de modo que, quando essas vazões mínimas ocorrerem, os usuários ou os usos prioritários mantenham, de certa forma, suas retiradas de água. Dessa forma, quando o poder público analisa uma solicitação de outorga de um dado usuário, considerando uma captação a fio d'água em cursos

d'água superficiais, ele deve considerar a vazão solicitada para o empreendimento, frente ao percentual definido como outorgável, em relação à vazão de referência adotada.

Existem várias metodologias para definição da vazão de referência, mas em geral são vazões de elevada permanência no tempo, calculadas de forma estatística, podendo citar como as mais comuns:

-  $Q_{90}$ : é a vazão determinada a partir das observações em um posto fluviométrico em certo período de tempo, em que em 90% daquele período as vazões foram iguais ou superiores a ela. Em outras palavras, pode-se aceitar que existe um nível de 90% de garantia de que naquela seção do curso d'água as vazões sejam maiores do que o  $Q_{90}$ .

-  $Q_{95}$ : tem o mesmo significado que a  $Q_{90}$ , entretanto a garantia corresponde a 95% do tempo de observação. Isso significa que a vazão em determinado corpo d'água é igual ou superior àquele valor em 95% do tempo.

-  $Q_{7,10}$ : é a menor vazão média consecutiva de sete dias que ocorreria com um período de retorno de uma vez em cada 10 anos. O cálculo da  $Q_{7,10}$  é probabilístico, enquanto os da  $Q_{90}$  e da  $Q_{95}$  decorrem de uma análise de frequências.

Segundo Medeiros (2000), a vazão de referência utilizada é a simulada para uma situação crítica de estiagem, como é o caso da  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ . Assim, é outorgada uma parcela da vazão referencial (variável entre as unidades federadas), supondo-se que o restante seja mantido no leito do rio para a proteção do ecossistema (vazão ecológica).

No Brasil, cada Estado tem adotado critérios particulares para o estabelecimento das vazões máximas outorgáveis, sem, porém, apresentar na legislação, justificativas técnicas para adoção desses valores. Vejamos alguns exemplos no Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplo de vazões de referência e critérios para vazões máximas outorgáveis adotadas em alguns Estados brasileiros.

Estado	Regulamentação	Vazão de Referência	Crítérios
Minas Gerais	Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº 1548/2012	$Q_{7,10}$	Vazão máxima outorgável de 50% da $Q_{7,10}$ . Exceções em algumas bacias que a vazão máxima outorgável é de 30% da $Q_{7,10}$ .
Mato Grosso	Resolução CEHIDRO 27/09	$Q_{95}$	Vazão máxima outorgável = 70% da $Q_{95}$
Rio de Janeiro	Portaria SERLA 307/02	$Q_{7,10}$	Vazão máxima outorgável de 50% da $Q_{7,10}$
Espírito Santo	Instrução Normativa nº 013/2009	$Q_{90}$	Vazão máxima outorgável 50% da $Q_{90}$

Fonte: Autor.

É importante ressaltar que as vazões de referência  $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  são calculadas com base na análise dos períodos críticos de estiagem, tem restringido um maior uso de água em meses fora do período de estiagem (MEDEIROS, 2000). Este fato, inclusive, tem sido objeto de vários estudos sobre a sazonalidade no estabelecimento de vazões de outorga. Maia (2005), por exemplo, objetivou subsidiar o Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Sapucaí indicando vazões de outorga de direito de uso das águas para esta bacia. A vazão a ser outorgada foi estabelecida, sempre, em 30% da vazão de referência  $Q_{7,10}$ , para períodos de estiagem, e um valor acima deste para períodos úmidos, aplicando um fator de correção de sazonalidade mensal.

Além disso, segundo Stingham e Mannich (2019), há uma busca sólida de novas ferramentas e modelos a serem incorporados às análises técnicas que tragam facilidade e maior confiabilidade na determinação de valores para as vazões de referência que são a base para a definição das disponibilidades hídricas.

Neste sentido, Garbossa e Pinheiro (2015) avaliaram, para as bacias de pequeno porte situadas no entorno da Ilha de Santa Catarina, os desvios entre a estimativa das vazões de referência, a partir de medições pontuais de vazão e do estudo de regionalização de vazões. Os resultados apontaram que a taxa de urbanização da bacia contribui significativamente para a incerteza na estimativa da vazão de referência. Os autores concluíram que, a real minimização de incertezas e erros pode ser conseguida com o monitoramento fluviométrico contínuo de pequenas bacias hidrográficas ou a adoção de metodologias de estimativas apropriadas para estas bacias.

## 2.6 USOS INSIGNIFICANTES DE ÁGUA

A Outorga de Direito de Uso da Água é condição obrigatória para todo uso de recurso hídrico, de acordo com condições específicas. Os tipos de usos dos recursos hídricos a serem outorgados e aqueles que podem ser dispensados de outorga, variam de acordo com o corpo hídrico e o órgão gestor. Os usos insignificantes de água são estabelecidos quando a vazão captada é menor que a definida em legislação como a mínima para se obter a solicitação da outorga por parte do usuário.

De acordo com o Artigo 12 da Lei nº 9.433/97, § 1º:

Independem de outorga pelo Poder Público, conforme definido em regulamento:

I – o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;

II – as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes;

III – as acumulações de volumes de água consideradas insignificantes.

De acordo com o Parágrafo único do Artigo 5º da Resolução nº 16 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), de 08 de Maio de 2001:

“Os critérios específicos de vazões ou acumulações de volumes de água considerados insignificantes serão estabelecidos nos planos de recursos hídricos, devidamente aprovados pelos correspondentes comitês de bacia hidrográfica ou, na inexistência destes, pela autoridade outorgante”.

Já em seu Artigo 12, a Resolução nº 16 do CNRH estabelece:

A outorga deverá observar os planos de recursos hídricos e, em especial: I - as prioridades de uso estabelecidas; II - a classe em que o corpo de água estiver enquadrado, em consonância com a legislação ambiental; III - a preservação dos usos múltiplos previstos; e IV - a manutenção das condições adequadas ao transporte aquaviário, quando couber.

Em relação à disponibilidade dos volumes outorgados, o mesmo Artigo 12 determina, no parágrafo primeiro: “§ 1º As vazões e os volumes outorgados poderão ficar indisponíveis, total ou parcialmente, para outros usos no corpo de água, considerando o balanço hídrico e a capacidade de autodepuração para o caso de diluição de efluentes”. E no Parágrafo segundo: “§ 2º A vazão de diluição poderá ser destinada a outros usos no corpo de água, desde que não agregue carga poluente adicional”.

A Instrução Normativa do Ministério do Meio Ambiente (MMA) nº 04/00, artigo 2º, inciso XXX, considera como uso insignificante: “derivações, lançamentos e acumulações consideradas insignificantes pelos Comitês de Bacia Hidrográfica ou, na falta destes, pelo poder outorgante, devendo constar do Plano de Recursos Hídricos da respectiva bacia”.

No Artigo 38, inciso V, da Lei nº. 9.433/97, fica estabelecido como competência dos Comitês de Bacia Hidrográfica: “propor ao Conselho Nacional e aos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos as acumulações, derivações, captações e lançamentos de pouca expressão, para efeito de isenção da obrigatoriedade de outorga”.

O Artigo 5º, Parágrafo único da Resolução nº 16/01 do CNRH estabelece que:

os critérios específicos de vazões ou acumulações de volumes de água considerados insignificantes serão estabelecidos nos planos de recursos hídricos, devidamente aprovados pelos correspondentes comitês de bacia hidrográfica ou, na inexistência destes, pela autoridade outorgante.

Para o caso de corpos hídricos de domínio da União, a ANA definiu, por meio da Resolução ANA nº 1.940/2017, que, dentre os usos sujeitos a outorga, consideram-se insignificantes:

- derivações, captações, lançamentos de efluentes em corpos d’água de domínio da União que se enquadrem nos limites estabelecidos no Quadro 2;
- as captações iguais ou inferiores a 86,4 m<sup>3</sup>/dia; os lançamentos de efluentes com carga máxima de DBO<sub>5,20</sub> igual ou inferior a 1,0 kg/dia e lançamento máximo de efluente com temperatura superior à do corpo hídrico igual a 216 m<sup>3</sup>/dia (para lançamento de efluentes com temperatura superior à do corpo hídrico e inferior a 40°C), para os corpos hídricos de domínio da União não relacionados no Quadro 2, exceto quando Resolução específica da ANA dispuser em outro sentido.
- usos de recursos hídricos em corpos d’água de domínio da União destinados ao atendimento emergencial de atividade de interesse público, a depender de fundamentação técnica da ANA;
- usos de recursos hídricos em corpos d’água de domínio da União de curta duração que não se estabeleçam como uso permanente, a depender de fundamentação técnica da ANA.

Quadro 2 – Derivações, captações e lançamentos de efluentes que independem de outorga de direito de uso de recursos hídricos (Anexo I – Resolução ANA nº 1175/2013).

<b>Corpo Hídrico Federal</b>	<b>Captação ou derivação máxima de água (m³/dia)</b>	<b>Lançamento máximo de carga orgânica (DBO<sub>5,20</sub> em kg/dia)</b>	<b>Lançamento máximo de efluente com temperatura superior à do corpo hídrico (*) (m³/dia)</b>
Rio Paraíba do Sul (a partir do reservatório da UHE Funil, inclusive, até a foz)	(Definido pelo CNRH)	15,0	850,0
Rio Doce no Estado do Espírito Santo	(Definido pelo CNRH)	70,0	4.500,0
Rio São Francisco (a partir do reservatório da UHE Três Marias, inclusive, até a foz).	(Definido pelo CNRH)	50,0	3.300,00
Rio Paranapanema (a partir do reservatório da UHE Jurumirim, inclusive, até a foz)	750,0	30,0	1.900,0
Rio Tocantins (a partir do reservatório da UHE Serra da Mesa, inclusive, até a foz do Araguaia)	1.400,0	50,0	3.500,0
Rio Iguaçu (a partir do reservatório da UHE Foz do Areia, inclusive, até a foz)	1.450,0	60,0	3700,0
Rio Parnaíba (a partir do reservatório da UHE Boa Esperança, inclusive, até a foz)	1.700,0	70,0	4.300,0
Rio Araguaia (exceto no trecho de divisa entre Goiás e Mato Grosso)	1.800,0	70,0	4.600,0
Rio Uruguai (a partir do reservatório da UHE Itá, inclusive)	2.250,0	90,0	5.650,0
Rio Grande (a partir do reservatório da UHE Furnas, inclusive, até a foz)	2.500,0	100,0	6.250,0
Rio Paranaíba (a partir do reservatório da UHE Itumbiara, inclusive, até a foz)	2.750,0	110,0	6.900,0
Lagoa Mirim	1.500,0	60,0	3.950,0
Rio Paraguai no Estado de Mato Grosso do Sul	4.150,0	170,0	10.400,0
Rio Paraná (reservatórios das UHE Ilha Solteira, Jupia e Porto Primavera)	13.000,0	520,0	32.600,0
Rio Tocantins-Araguaia (a jusante da confluência entre os rios Tocantins e Araguaia)	15.650,0	630,0	39.150,0
Bacia Amazônica (rios Solimões, Amazonas, Negro, Xingu, Tapajós, Madeira) e Rio Paraná (a jusante da UHE Porto Primavera até a foz do rio Iguaçu)	19.000,0	760,0	47.650,0

DBO<sub>5,20</sub>: Demanda Bioquímica de Oxigênio (carga orgânica).  
 (\*) Para os casos de lançamento de efluentes com temperaturas superiores à do corpo hídrico da União e inferiores a 40°C.

Fonte: Resolução ANA nº 1.940/2017.

Diferentemente do que é adotado e regulamentado no Estado de Minas Gerais, para que o uso seja considerado insignificante em corpos hídricos de domínio da União, considerar-se-á o efeito cumulativo de todas as interferências (captações e lançamentos) do empreendimento em corpos hídricos de domínio da União.

No Estado do Paraná, segundo a Resolução 39/2004 (SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS, 2004), é dispensada a outorga de captações individuais, ou lançamentos de efluentes em corpos d'água com vazão inferior ou igual a 1,8 m<sup>3</sup>/h, equivalente a 0,5 l/s. Além disso, o somatório das captações insignificantes deve ser menor do que 20% da vazão outorgável no corpo hídrico. Caso contrário, qualquer nova interferência na disponibilidade do corpo hídrico fica sujeita aos procedimentos de outorga.

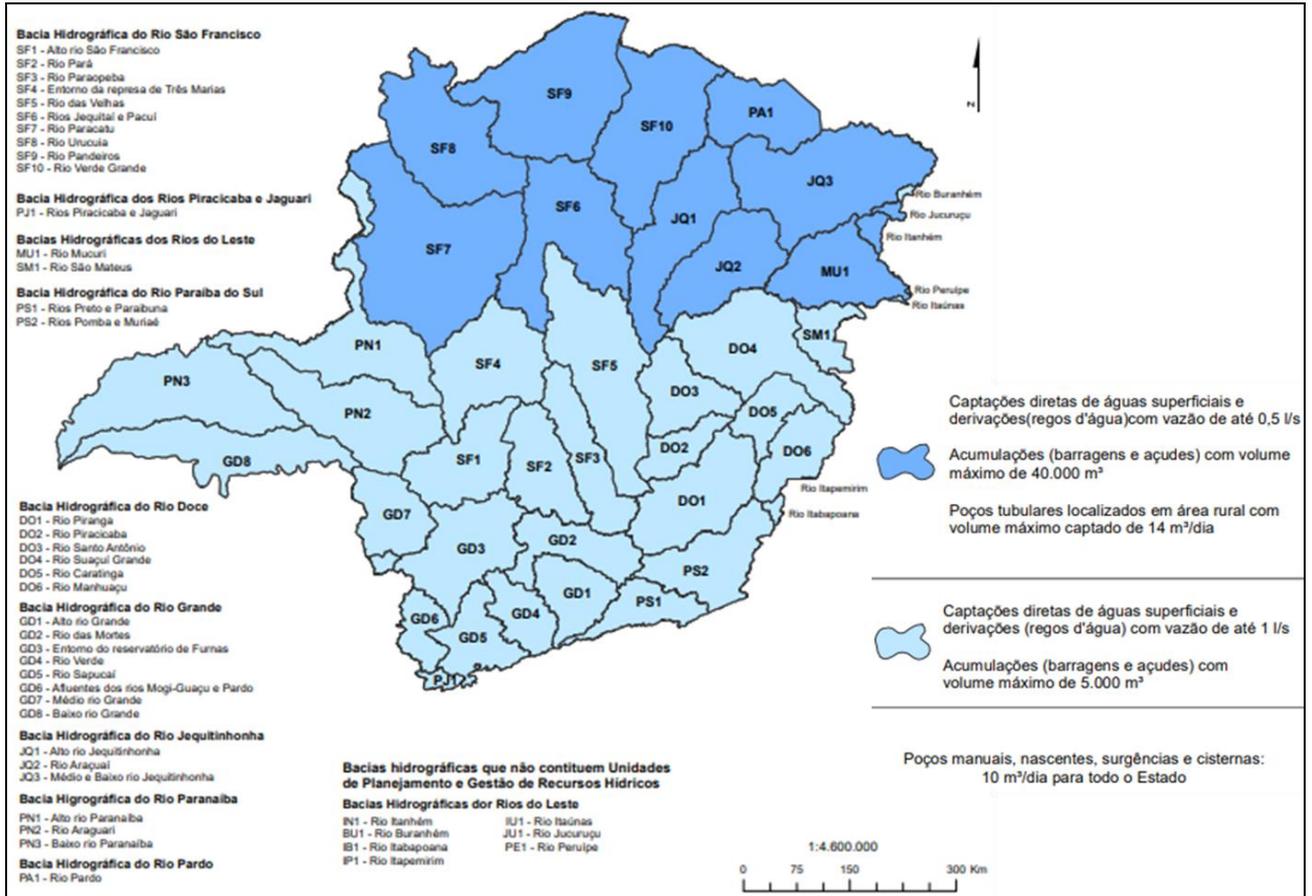
Em corpos d'água de domínio estadual, especificamente em Minas Gerais, essa regra não existe, constituindo uma das justificativas que embasam este trabalho, considerando que o efeito cumulativo de várias captações superficiais insignificantes por um mesmo usuário, pode interferir substancialmente na disponibilidade hídrica do manancial.

A classificação como insignificante não exclui a responsabilidade do órgão gestor em computar e quantificar esses usuários nos balanços hídricos quali-quantitativos, uma vez que um conjunto de usos insignificantes pode tornar-se significativo (SILVA; MONTEIRO, 2003)

Nos corpos d'água de domínio estadual, os órgãos gestores estaduais podem estabelecer critérios diferenciados aprovados por Decretos, Resoluções ou Portarias do próprio órgão. Dessa forma, cada Estado podendo arbitrar nesse assunto, surge uma grande diversidade de critérios.

No caso do Estado de Minas Gerais, onde se situa a bacia hidrográfica em estudo nessa pesquisa, em 16 de junho de 2004 foi publicada a Deliberação Normativa CERH n° 09, a qual estabelece as definições dos usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado, as quais estão ilustradas na Figura 1:

Figura 1 – Mapa ilustrando as Circunscrições Hidrográficas (CH) e os usos considerados insignificantes em Minas Gerais.



Fonte: IGAM, 2020.

A Tabela 1 apresenta os critérios sobre usos considerados insignificantes adotados por alguns Estados, a título de exemplificação da diversidade existente.

Tabela 1 – Vazões de referência e de dispensa de outorga em diferentes Estados do Brasil.

Estado	Vazão de Referência	Vazão limite para dispensas de outorga
PR	Q <sub>95%</sub>	1,8 m³/h
SP	Q <sub>7,10</sub>	1,04 m³/h
BA	Q <sub>90%</sub>	1,8 m³/h (Captação)
MG	Q <sub>7,10</sub>	1,8 m³/h ou 3,6 m³/h (Captação)
CE	Q <sub>90%</sub> anual	2 m³/h (Captação)
PB	Q <sub>90%</sub> anual	2 m³/h (Captação)
SE	Q <sub>90%</sub> anual	2,5 m³/h (Captação)

Fonte: SEMA (Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2004); São Paulo (2017); SRH (Superintendência de Recursos Hídricos do Estado da Bahia, 2007); CERH (Conselho Estadual de Recursos Hídricos, 2004); Ceará (1994); Paraíba (1997), CONERH/SE (Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Sergipe, 2001).

Conforme Costa e Tybusch (2015), “ocorre a contradição de Estados do semi-árido autorizarem a emissão de outorgas até limites de percentuais superiores em relação aos Estados situados em áreas de maiores disponibilidades hídricas como Minas Gerais, Paraná e São Paulo”. Ocorre também, critérios diferentes na emissão de outorgas adotados por Estados situados dentro da mesma bacia hidrográfica. Costa e Tybusch (2015) ainda citam como exemplo da diversidade nos critérios adotados, o Estado do Rio Grande do Sul, que exige a obtenção da outorga para uma captação superior a 2,0 m<sup>3</sup>/dia, ao passo que na maior parte de Minas Gerais este critério é de 86,4 m<sup>3</sup>/dia.

Assim, Costa e Tybusch (2015), chamam a atenção para a necessidade de maior integração entre as entidades outorgantes, a fim de conferir mais uniformidade aos critérios adotados para a concessão da outorga, evitando discrepâncias como a que ocorre quando Estados com baixa disponibilidade hídrica autorizam a emissão de outorgas até limites percentuais superiores aos Estados situados em áreas de maiores disponibilidades hídricas.

Como já citado anteriormente, a outorga é um instrumento da gestão de recursos hídricos que obriga a qualquer usuário, excluindo os casos isentos em lei, a sua solicitação. Para Porto (2008), este instrumento visa garantir a equidade do uso de uma determinada vazão por ponto de captação, superficial ou subterrânea, considerando os usos já existentes, a classe do respectivo corpo hídrico e a disponibilidade hídrica, com a finalidade de captação. Também é uma forma de garantir a qualidade e quantidade de água para usos futuros. Segundo o autor, “é importante destacar que a outorga representa o poder disciplinador da autoridade pública em atender à sua obrigação de fazer valer a equidade entre os usuários da água”.

Portanto, o cadastramento dos usos considerados insignificantes, além dos usos outorgáveis, é de extrema importância, pois, principalmente em bacias em estado de escassez hídrica, os usos considerados “insignificantes”, se considerados numa macro visão, podem ocasionar um impacto negativo sobre a disponibilidade hídrica, não garantindo a oferta entre os múltiplos usos.

Nesse contexto, Stinghen e Mannich (2019) realizaram um diagnóstico para identificar e quantificar os tipos de usos que recebem outorgas e dispensas de outorga por seus usos insignificantes no Estado do Paraná. O enfoque dado na avaliação foi os impactos gerados por usuários cadastrados e dispensados de outorgas em pequenas bacias hidrográficas. A análise

da influência dos usos considerados insignificantes em relação à vazão outorgável em bacias de pequeno porte no Estado do Paraná revelou que a contribuição é inferior a 3% em média. Os autores concluíram, então, que a gestão dos recursos hídricos no Paraná está adequada em relação ao tratamento dos usos insignificantes, não representando uma ameaça à disponibilidade dos recursos hídricos neste Estado.

Cabe salientar que o estudo desenvolvido por Stinghen e Mannich (2019) utilizou a metodologia de análise da disponibilidade hídrica versus demanda a nível de bacia hidrográfica. Diferentemente, neste trabalho, além de fazer tal análise a nível também de bacia hidrográfica, será incluída a análise da disponibilidade hídrica por trechos de cursos d'água, considerando as vazões retiradas pelas outorgas e cadastros de usos insignificantes.

Marcolini (2016) identificou uma deficiência de estudos que avaliem as interferências provocadas pelos usos dispensados de outorgas em bacias de pequeno porte. O autor verificou que a vazão do Ribeirão Água Fria em Palmas (TO) não está suportando a demanda de captações autorizadas pelo órgão ambiental (usos outorgados e usos insignificantes), juntamente com as captações sem autorização, sendo essas captações superiores à disponibilidade hídrica do ribeirão, provocando conflitos de escassez de água.

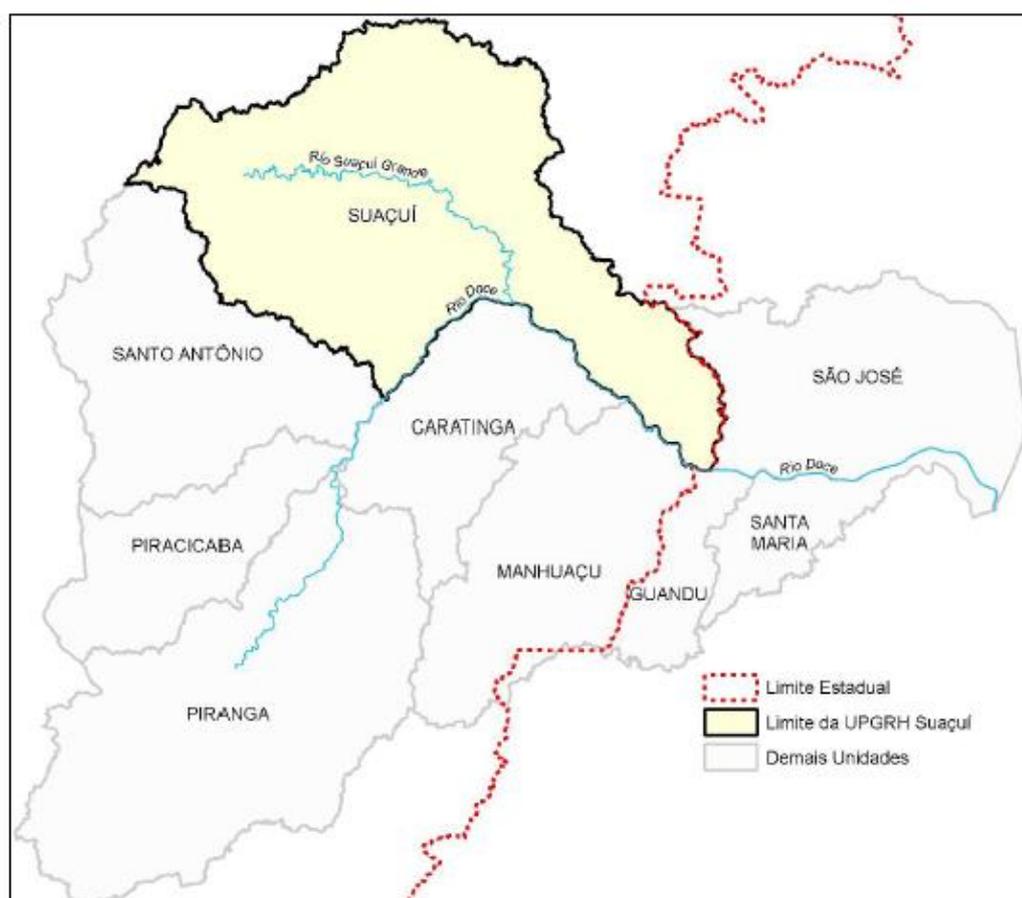
### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo selecionada para realizar as análises propostas nos objetivos deste trabalho foi a circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí (DO4).

A CH DO4 insere-se totalmente no Estado de Minas Gerais. Ocupa área de 21.555 km<sup>2</sup>, constituindo-se na maior unidade da bacia do rio Doce em termos de área (Figura 2). O território da referida bacia hidrográfica possui vocação predominantemente agropecuarista, com alta demanda de água para irrigação, além do consumo humano (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

Figura 2 – Delimitação da CH DO4.

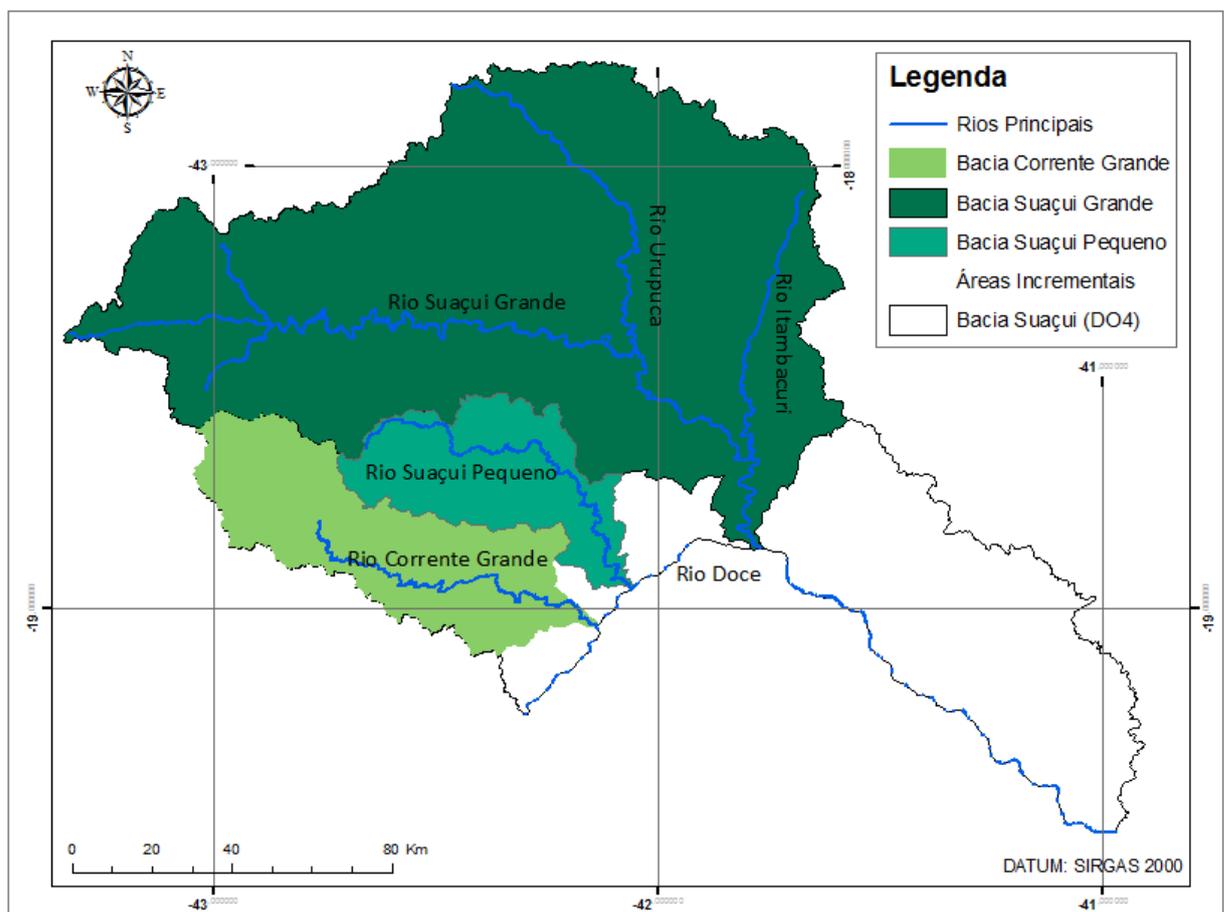


Fonte: CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010.

A CH DO4 é composta pelas bacias hidrográficas do rio Suaçuí Grande, que ocupa uma área de 12.413 km<sup>2</sup>, do rio Suaçuí Pequeno, com área de 1.720km<sup>2</sup>, e pela bacia do rio Corrente Grande, com área de 2.478 km<sup>2</sup> (Figura 3).

Além destas, a área da CH DO4 ainda é acrescida das áreas de drenagem de outros córregos de contribuição hídrica menos representativa que drenam diretamente para o rio Doce pela sua margem esquerda, chamada área incremental Suaçuí (DO4), ocupando 4.945 km<sup>2</sup> (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

Figura 3 – Principais sub-bacias hidrográficas e rios.



Fonte: Autor.

Destaca-se essa peculiaridade da CH DO4, na qual existe mais de uma porção hidrográfica, sendo a do rio Suaçuí Grande considerada a principal. Para a análise proposta no alínea a da seção 2, a área de estudo se limitará às bacias hidrográficas dos rios Suaçuí Grande, Corrente Grande e Itambacuri, devido a disponibilidade dados fluviométricos existentes. No restante dos objetivos específicos as análises se darão em todo o território da CH DO4.

A CH DO4 situa-se na mesorregião Vale do Rio Doce e nas microrregiões Guanhães, Governador Valadares e Peçanha, segundo a divisão do IBGE. As principais rodovias federais que dão acesso ao território da bacia são a BR-116, que liga Governador Valadares a Itambacuri, a BR-120, que liga Guanhães a Água Boa, a BR-259, que liga Guanhães a Governador Valadares pelo oeste e Aimorés a Governador Valadares pelo leste, e ainda a BR-381, que liga Periquito a Governador Valadares e Divino das Laranjeiras. No transporte aéreo, a CH é atendida pelo aeroporto regional de Governador Valadares com voos comerciais regulares (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

O município de Governador Valadares, situado às margens do rio Doce, entre a foz dos rios Suaçuí Grande e Suaçuí Pequeno, é o município com maior população na CH. Uma peculiaridade é que a área urbana do município é dividida pelo rio Doce, e por esta razão, parte do município pertence à CH DO5 (rio Caratinga) (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

### **3.1.1 Caracterização da Área de Estudo**

Os principais rios da CH DO4 são o Suaçuí Grande, Suaçuí Pequeno e Corrente Grande. Em menor expressão existe o Rio Itambacuri, além de outros pequenos córregos localizados nas chamadas áreas incrementais, os quais drenam diretamente para a calha do rio Doce (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

O rio Suaçuí Pequeno tem suas nascentes no município de Peçanha. No seu percurso total de cerca de 150 km, atravessa os municípios de Coroaci e Governador Valadares, até desaguar no rio Doce. Já o rio Corrente Grande nasce no município de Sabinópolis, atravessa os municípios de Guanhães e Açucena, desaguardo no rio Doce, junto ao município de Periquito (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

O rio Suaçuí Grande nasce no município de Serra Azul de Minas, no Parque Estadual do Pico do Itambé, no maciço rochoso da Serra do Espinhaço, com o nome de rio Vermelho. Encontrando-se com os rios Turvo Grande e Cocais, no município de Paulistas, recebe o nome de rio Suaçuí Grande. Percorre um total de cerca de 372 km até desaguar no rio Doce, no município de Governador Valadares. Os principais afluentes do Rio Suaçuí Grande são: pela margem esquerda Rio Urupuca, Cocais, Surubim e Itambacuri; pela margem direita, Rio

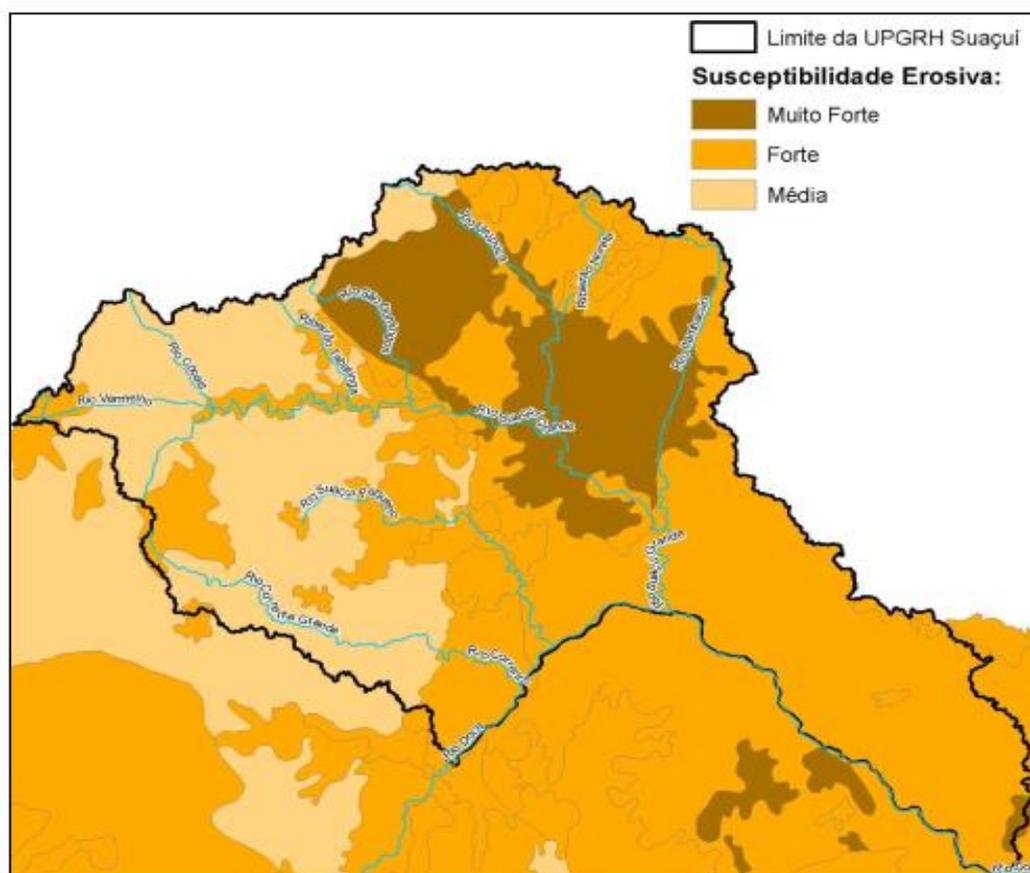
Turvo Grande, Ribeirão São José e Ribeirão do Bugre (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

A CH DO4 está localizada na Depressão Inter-planáltica do Médio Rio Doce, que consiste numa peneplanície de erosão, com predominância de relevos de baixas amplitudes, na sua porção leste e nos Planaltos dos Campos das Vertentes na porção oeste (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

Na CH DO4 predominam os Latossolos Vermelho-Amarelos e Argissolos Vermelhos. Há também a ocorrência de Latossolos Amarelos e Neossolos Litólicos em menor extensão. Destas classes, os Argilossolos são os de maior erodibilidade e os Latossolos, os de menor (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

A CH DO4 é uma das áreas mais problemáticas em relação à suscetibilidade à erosão na bacia do rio Doce, apresentando 27% de sua área na classe de suscetibilidade média, 55% forte e 18% na classe muito forte (Figura 4) (CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME, 2010).

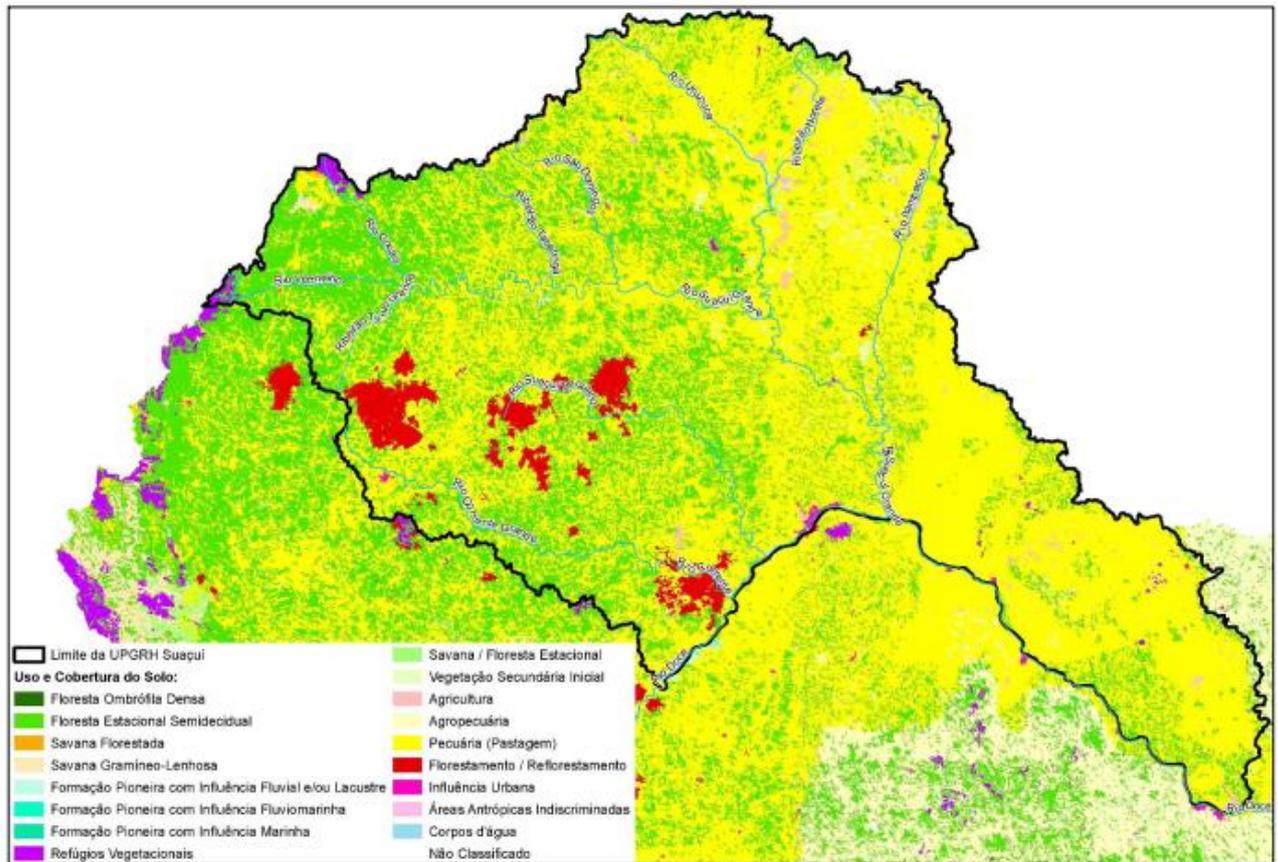
Figura 4 – Classes de suscetibilidade à erosão da CH DO4.



Fonte: CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME (2010).

No Plano de Ação de Recursos Hídricos da circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí (PARH SUAÇUÍ), a classificação da imagem de satélite da CH DO4 (Figura 5) resultou no mapeamento de 14 classes de cobertura dos solos. Verificou-se a predominância do uso Pecuária (cerca de 67%) principalmente no baixo curso dos rios Suaçuí Grande e Itambacuri, sendo cerca de 25% da área da CH DO4 ocupada pelo ecossistema da Floresta Estacional Semi-Decidual.

Figura 5 – Uso do solo na CH DO4.

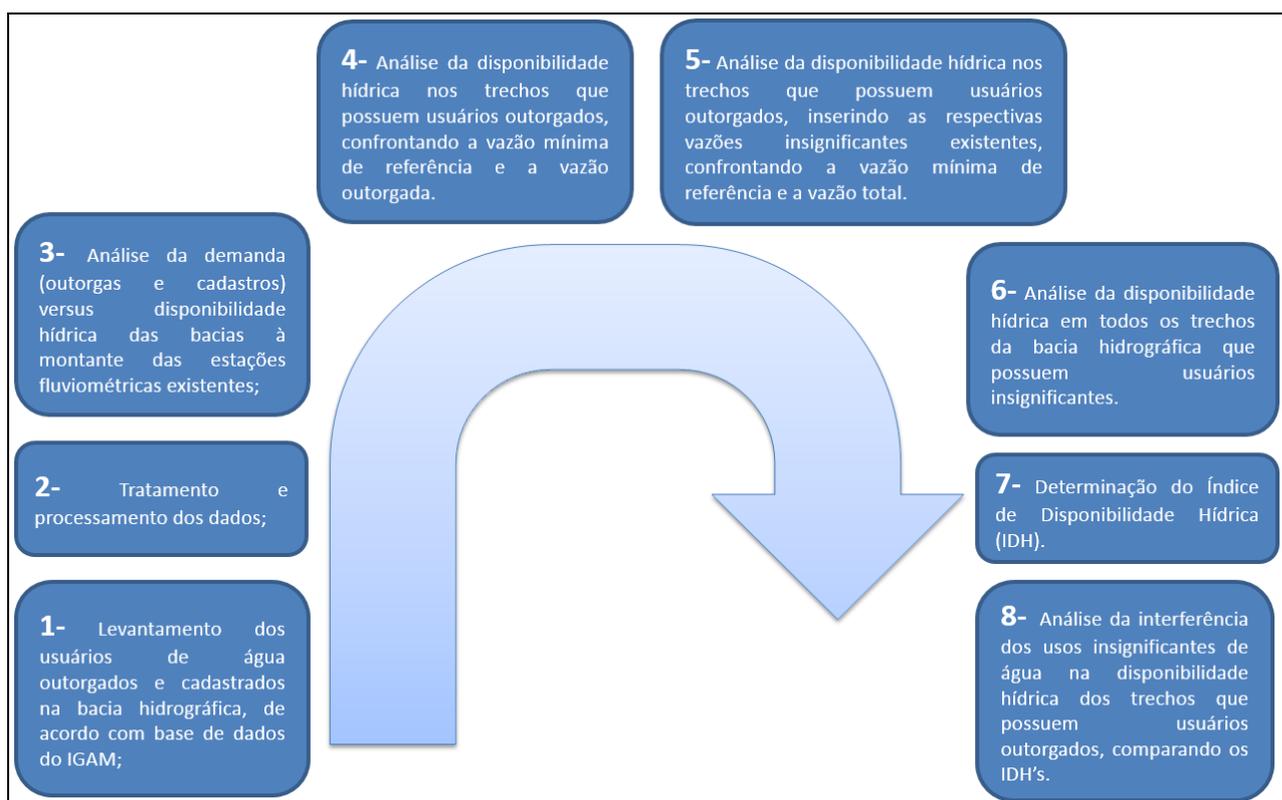


Fonte: CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME (2010).

### 3.2. METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho, de forma a cumprir os objetivos propostos, foi adaptada do manual intitulado Metodologia para Elaboração do Zoneamento Ambiental Produtivo, 3ª edição SEMAD/SEAPA-MG (Faria *et al.*, 2016), sendo, basicamente, a análise da demanda versus disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica em estudo. As etapas a serem realizadas estão demonstradas na Figura 6.

Figura 6 – Etapas das análises realizadas na pesquisa.



Fonte: Autor.

### 3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS

A demanda hídrica de uma bacia, ou seja, os usos consuntivos nela existentes, são conhecidos por meio do banco de dados das outorgas e cadastros de usos insignificantes de captação concedidas pelo órgão ambiental competente, neste caso, no Estado de Minas Gerais, o IGAM. Dessa forma, estes dados foram coletados junto à Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - IDE-SISEMA (<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>), na data de 28 de setembro de 2020.

Os dados foram coletados em formato de planilha excel e geoespacializados em formato Shape, sendo um arquivo excel e um arquivo shape para as outorgas válidas na data do download, que possuem diferentes prazos de validade, a depender do tipo de uso do

recurso hídrico, variando de 5 a 35 anos, assim como para os cadastros de usos insignificantes, que tem prazo de validade fixo, 3 anos para todos os casos.

Entre os dados disponibilizados, têm-se o número do processo, coordenadas geográficas, portaria, ano da portaria, vazão de captação, curso d'água, CH, finalidade, modelo de uso, tipo, data de publicação e validade (Figura 7).

Figura 7 - Planilha Excel com parte dos dados de outorgas, extraída do IDE-SISEMA.

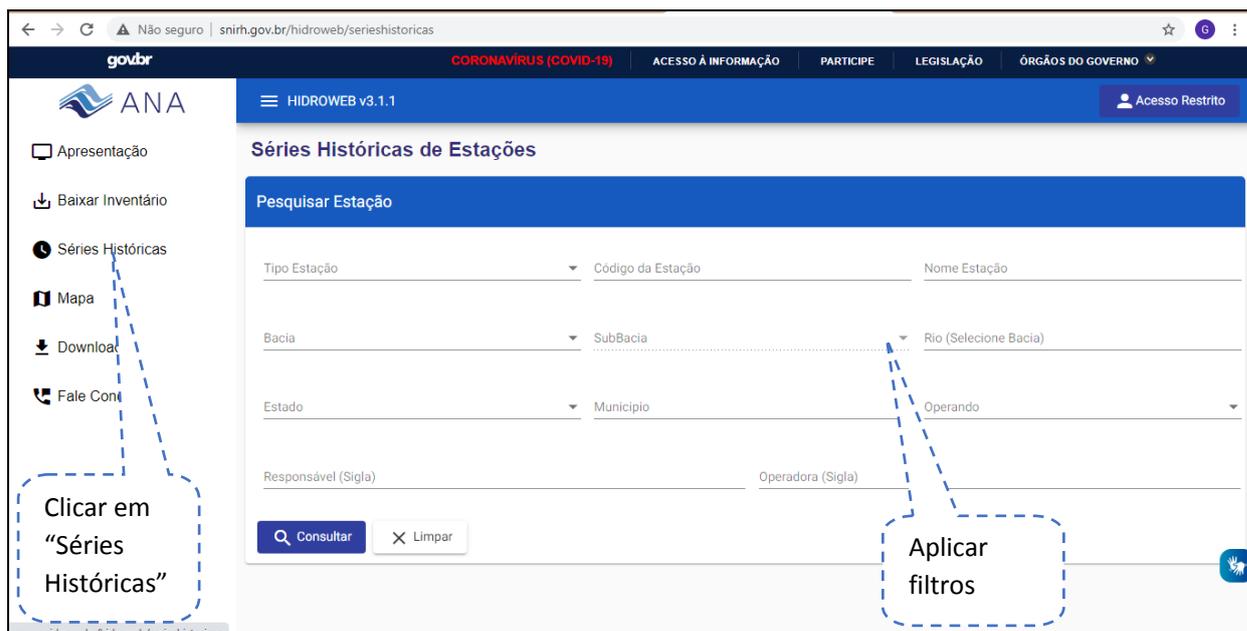
id	sigla	nome_2	baçia_fed	numport_4	dtpub	statuspa_4	usoin	tipo_uso_4	moduso_4	vazjan	vazfev	vazmar	vazabr	vazmai	vazjun
2959	2946	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1500646/2018	43411	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0	0	0	0,0265	0,0265	0,0265
3050	3038	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	0002265/2011	40828	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019	0,0019
3054	3042	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1505532/2019	43636	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
3065	3053	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1504796/2019	43636	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057	0,0057
3078	3066	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1504799/2019	43620	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
3079	3067	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	0002516/2017	42601	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,00172	0,00172	0,00172	0,00172	0,00172	0,00172
3086	3074	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1505542/2019	43620	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009
3096	3084	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	0001725/2010	40354	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026	0,026
3115	3103	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1505542/2019	43636	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	0,0137	0,0137	0,0137	0,0137	0,0137	0,0137

Fonte: IDE-SISEMA, (2020).

Também no IDE-SISEMA foram obtidos shapes da rede hidrográfica estadual, e das circunscrições hidrográficas.

As séries históricas de vazões nas estações fluviométricas disponíveis na CH DO4 foram obtidas no banco de dados do Portal Hidroweb, da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico, conforme ilustra a figura 8.

Figura 8 – Tela de interface do site Hidroweb.



Fonte: Hidroweb. (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>).

### 3.3.1 Seleção e organização dos dados

Para o processamento dos dados dos usuários de água da bacia, foram utilizados os softwares Excel e ArcGis 10.0, de propriedade do autor. A partir dos dados brutos, foram aplicadas diversas seleções por atributos, no ArcGis, de forma a filtrar os dados específicos a serem usados na pesquisa.

Assim, primeiramente, foram selecionados os usuários que fazem captação superficial, excluindo das análises as captações subterrâneas. Selecionou-se também, os usuários considerando o status do processo como outorga deferida, renovada, retificada e cadastro efetivado (uso insignificante). Os demais foram retirados, uma vez que se tratava de outorga arquivada, cancelada, indeferida, vencida, ou outros. Os dados analisados se referem, então, às portarias de outorgas e cadastros de usos insignificantes emitidos e disponibilizados no IDE-SISEMA até a data de 28 de setembro de 2020, ou seja, todos os usos de recursos hídricos na bacia regularizados e dentro da validade, nesta data.

Em seguida, foram excluídos os usuários de acordo com o modo de uso da água, como por exemplo, canalização/retificação de curso d'água, barramento em curso d'água sem captação, travessia rodoferroviária, dragagem, limpeza e desassoreamento de curso d'água,

uma vez que são usos não consuntivos, que não interferem na disponibilidade hídrica quantitativa.

De posse dos cadastros de usuários, o próximo passo foi consistir os dados, verificando a ocorrência de processos repetidos e criando-se assim uma coluna intitulada de vazão captada (m<sup>3</sup>/s). Verificou-se a vazão de captação de cada processo nas portarias de outorga por meio do website da SEMAD, principalmente em relação à unidade de medida l/s ou m<sup>3</sup>/s. Como há uma coluna de vazão para cada mês do ano, considerou-se a vazão do mês de setembro, por ser o mês fim do ano hidrológico, portanto marcando a transição entre o período seco e chuvoso, quando todos os usuários realizavam a captação (alguns não captam no período chuvoso), e todos os valores foram transformados em m<sup>3</sup>/s. A Figura 9 mostra uma parte da planilha com os dados consistidos.

Figura 9 – Parte da planilha Excel com dados de outorgas consistidos.

Tabela de Atributos Camada - IDE-SISEMA													
id	sigla	nome_2	basia_fed	numport_4	dtpub	statuspa	usoinseg	tipo_uso_4	modus_4	vazset_4	finuso_4	tpoconsu	unidvaz
2946	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1500646/2018	43411	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS	0,0265	Irrigação	Consuntivo	m3/s
3038	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	0002265/2011	40828	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS	0,0019	Abastecimento público	Consuntivo	m3/s
3042	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1505532/2019	43636	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS NATURAIS ETC)	0,012	Irrigação	Consuntivo	m3/s
3053	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1504796/2019	43636	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS NATURAIS ETC)	0,0057	Irrigação	Consuntivo	m3/s
3066	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	1504799/2019	43620	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS NATURAIS ETC)	0,025	Irrigação	Consuntivo	m3/s
3067	DO4	Rio Suaçuí Grande	Rio Doce	0002516/2017	42601	OUTORGA DEFERIDA	N	SUPERFICIAL	CAPTAÇÃO EM CORPO DE ÁGUA (RIOS, LAGOAS	0,00172	Consumo Agroindustrial	Consuntivo	m3/s

Fonte: IDE-SISEMA, 2020.

### 3.3.2 Importação e organização dos dados no ArcGis

Durante todo o processamento de dados em relação à geoespacialização e mapeamento, utilizou-se o software ArcGis versão 10, devido à sua capacidade técnica em geoprocessamento. Como os dados extraídos do IDE-SISEMA já eram georeferenciados, em formato .shp, os mesmos foram diretamente inseridos no ArcGis, onde foram trabalhados.

Assim como os dados obtidos em formato Excel, os dados shapes também passaram por filtros e seleções necessárias, utilizando ferramentas próprias no software ArcGis, de modo a obter os mesmos dados gerados na planilha Excel, ou seja, os usos consuntivos, superficiais e válidos dentro da CH DO4, cujo arquivo shape também foi obtido junto ao IDE-

SISEMA. Foi gerado então um mapa com os usuários da bacia, divididos em outorgas e cadastros de uso insignificante.

### 3.4 ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA CIRCUNSCRIÇÃO HIDROGRÁFICA EM ESTUDO.

Para análise da disponibilidade hídrica da CH DO4, foram utilizadas 3 metodologias para definição da vazão de referência  $Q_{7,10}$ , para efeitos de comparação e a favor da segurança, uma vez que cada método possui suas deficiências, como as incertezas contidas nos métodos de regionalização de vazão. Portanto, os métodos utilizados foram os seguintes:

- Análise estatística a partir das séries históricas de vazões nas estações fluviométricas disponíveis na CH DO4;
- Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais (SOUZA, 1993);
- Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais (IGAM, 2012).

#### **3.4.1 Análise estatística a partir das séries históricas de vazões nas estações fluviométricas disponíveis na CH DO4**

Segundo Souza (2011), a disponibilidade hídrica de um curso d'água pode ser conhecida a partir da obtenção de dados de monitoramento de estações fluviométricas, no entanto esses dados são raros, devido à dificuldade em cobrir toda a rede hidrográfica.

Nesse contexto, para a análise do impacto das vazões retiradas pelos usuários insignificantes de água na bacia, foi necessário restringir a área de estudo de acordo com as estações fluviométricas existentes e com dados de vazão disponíveis no banco de dados do Portal Hidroweb (<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>).

Por isso, as análises foram feitas considerando as seguintes áreas:

- Bacia à montante da estação fluviométrica “Vila Matias Montante” (código 56891900), com dados de vazões de 1965 a 2014;

- Bacia à montante da estação fluviométrica “São Pedro do Suaçuí” (código 56860000), com dados de vazões de 1965 a 2014.

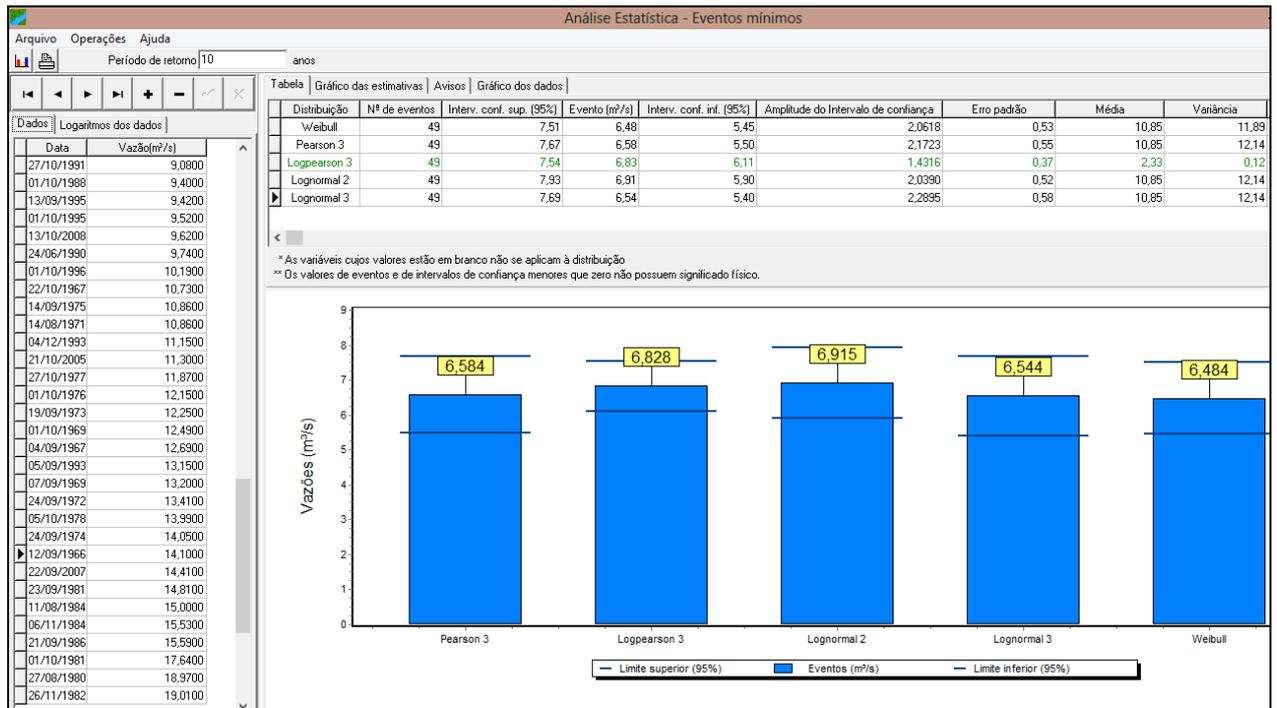
- Bacia à montante da estação fluviométrica “Campanário” (código 56851000), com dados de vazões de 1938 a 2021.

- Bacia à montante da estação fluviométrica “Fazenda Corrente” (código 56845000), com dados de vazões de 1952 a 2018.

A restrição foi necessária tendo em vista a necessidade das séries históricas de vazões da CH DO4, as quais só foram obtidas para as estações especificadas. Na bacia do rio Suaçuí Pequeno não foram encontradas estações fluviométricas com dados de medição de vazão, o que impossibilitou a análise das séries históricas de vazões do citado rio.

Para análise da disponibilidade hídrica, foram obtidas as séries históricas de vazões da CH DO4, a partir das estações fluviométricas citadas. Esses dados foram processados por meio do software SisCAH 1.0 - Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SOUSA et al, 2009), com objetivo de encontrar os valores de  $Q_{7,10}$  para cada estação fluviométrica (Figura 10). O pré-processamento considerou o início do ano hidrológico em outubro, e descarte de meses com percentual de falhas de 5%. A distribuição estatística que melhor se ajustou nas 4 estações foi Log-Pearson III.

Figura 10 - Interface do software SisCAH 1.0, com valores encontrados para  $Q_{7,10}$ , segundo distribuições probabilísticas.



Fonte: Autor.

### 3.4.2 Cálculo $Q_{7,10}$ segundo metodologia de Souza (1993) – Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais

Para produzir o efeito de comparação, o cálculo da  $Q_{7,10}$  considerando esta metodologia abordará as bacias à montante dos pontos onde estão localizadas as 4 estações fluviométricas analisadas anteriormente.

O método consiste em caracterizar a “Tipologia Regional Homogênea” onde está localizada a estação ou ponto analisado, obtendo então os dados necessários para o cálculo. A base de dados georeferenciada contendo as isolinhas de regionalização foi obtida através de download na plataforma IDE-SISEMA, possibilitando então o conhecimento dos dados necessários em cada um dos pontos onde se localizam as estações anteriormente analisadas. De posse dos dados, o procedimento para obtenção da  $Q_{7,10}$  é o seguinte:

A vazão mínima de duração mensal e recorrência decenal foi calculada através da seguinte equação:

$$Q_{10,M} = Re_{10,M} \cdot Ad \quad (1)$$

onde:

- $Re_{10,M}$  - Rendimento Específico Médio Mensal – Mínimas com 10 anos de Recorrência (FIG. 6);

- Ad - Área de drenagem à montante da estação.

O Fator de Proporção fornecido pela função de inferência para rendimentos mínimos, foi determinado pela seguinte equação:

$$F_{T,D} = (\alpha + \beta \times \gamma^D) \cdot (\log T)^{-(r \cdot \log T + S) \cdot D^{(m+n \cdot \log^2 T)}} \quad (2)$$

Considerou-se um evento com período de retorno (T) de 10 anos e duração (D) de 7 dias. Os valores paramétricos tabelados para a função de inferência foram obtidos no Anexo 3, do livro Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais (SOUZA, 1993).

Por fim, os resultados obtidos permitem o cálculo da  $Q_{7,10}$  através da seguinte equação:

$$Q_{7,10} = F_{7,10} \cdot Q_{10,M} \quad (3)$$

### **3.4.3 Obtenção da $Q_{7,10}$ segundo metodologia de IGAM (2012) – Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais**

Para obtenção das respectivas  $Q_{7,10}$  em cada estação fluviométrica analisada no item 3.4.1, foi realizada consulta na plataforma IDE-SISEMA, habilitando a camada do citado estudo e clicando sobre a hidrografia nos pontos onde se localizam as estações fluviométricas, automaticamente obtendo os valores.

### **3.4.4 Delimitação das bacias hidrográficas de influência e análise da disponibilidade hídrica**

Por meio dos shapes da CH DO4 e da rede hidrográfica da bacia, foram delimitadas, no ArcGis, as bacias à montante dessas estações, via digitalização de camada vetorial, criando polígonos referentes às mesmas.

Utilizando a ferramenta “Clip<sup>2</sup>” do ArcGis, foram então selecionados os usuários outorgados e cadastrados, referentes às bacias especificadas, objeto do estudo. A seleção gerou, então, um shape com uma tabela de atributos onde foi possível obter as vazões das outorgas e dos cadastros insignificantes de cada uma das bacias analisadas, que, exportadas para o Excel, realizou-se a soma dessas vazões, tendo como resultado a vazão total de usuários outorgados e vazão total de usuários insignificantes (cadastros), nas respectivas bacias.

Por fim, os resultados foram tabelados e utilizou-se a Equação 4 para obter a disponibilidade hídrica das bacias estudadas, considerando a  $Q_{7,10}$  obtida com cada um dos 3 métodos utilizados.

$$DHB = Q_{total} - 50\%Q_{7,10} \quad (4)$$

Onde:

DHB = Disponibilidade Hídrica da Bacia;

$Q_{total}$  = Soma das vazões totais de usos outorgados e cadastrados como insignificantes

### **3.4.2 Análise da disponibilidade hídrica nos trechos que possuem usuários outorgados.**

Após a verificação da disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas à montante das estações fluviométricas citadas, buscou-se então verificar a situação da disponibilidade hídrica, de forma mais abrangente, na CH DO4, por trechos de cursos d’água.

Como é praticamente impossível obter dados fluviométricos de todos os trechos de cursos d’água da bacia hidrográfica (pois seria necessário séries históricas de medição de vazão em cada um deles), nesta análise a vazão de referência ( $Q_{7,10}$ ) foi obtida de acordo com os dados do Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais (IGAM, 2012), desenvolvido pela UFV e IGAM e

---

<sup>2</sup> Ferramenta que extrai recursos de entrada que se sobrepõem aos recursos do clipe. Usada para cortar um pedaço de uma classe de recurso usando um ou mais dos recursos em outra classe de recurso como um "cortador de biscoitos". Isso é particularmente útil para criar uma nova classe de recurso - também conhecida como área de estudo ou área de interesse (AOI) - que contém um subconjunto geográfico dos recursos em outra classe de recurso maior (ArcGis 10.0).

disponibilizado no website do IDE-Sisema, onde foi feito o download do shape “rede hidrográfica”, o qual continha os valores de  $Q_{7,10}$  de cada um dos trechos, dentre outros atributos, como “vazão média de longo termo”.

Na CH DO4 o limite máximo de captações a serem outorgadas, por cada seção considerada em condições naturais é de 50% da  $Q_{7,10}$ , conforme Portaria IGAM n° 48, de 04 de outubro de 2019.

As demandas pelo uso da água em cada trecho foram obtidas por meio do ArcGis, utilizando a ferramenta “Buffer<sup>3</sup>” com extensão de 200 m ao redor de cada trecho da rede hidrográfica, de modo que, no interior do polígono gerado estivessem todos os pontos das outorgas, relacionando-os aos respectivos trechos. Esse procedimento foi necessário tendo em vista que os pontos de outorgas plotados não necessariamente coincidem, fisicamente, com a linha do trecho de curso d’água. Foi realizada uma análise manual no intuito de observar se todos os usos de recursos hídricos foram incluídos no buffer gerado.

A partir desse procedimento, foi usada a ferramenta “Intersect<sup>4</sup>” entre as camadas do buffer gerado anteriormente e as camadas contendo os usos outorgados. Assim, foi gerada uma nova camada, obtendo uma tabela de atributos com os dados das vazões outorgadas existentes em cada trecho, e a respectiva  $Q_{7,10}$ . Essa tabela foi exportada para a planilha Excel, onde foram criadas as colunas “QDO” (vazão de demanda hídrica outorgada) e “ $Q_{7,10}$ ”. Os dados dessa planilha foram consistidos manualmente de forma a agrupar os dados de trechos com mais de um uso de recurso hídrico, somando todas as vazões existentes em cada trecho eliminando vazões replicadas em buffer de trecho vizinho.

O mesmo procedimento foi realizado com o shape dos cadastros de usos insignificantes, sendo então inserida na planilha Excel a coluna “QDUI” (vazões de demanda hídrica de usos insignificantes).

A vazão de disponibilidade hídrica (QDH) em cada trecho que possui demanda pelo uso da água foi determinada por meio da Equação 5:

$$QDH = 0.5 * Q_{7,10} - QDO \quad (5)$$

---

<sup>3</sup>Cria polígonos de buffer em torno dos recursos de entrada a uma distância especificada (ArcGis 10.0).

<sup>4</sup>Calcula uma interseção geométrica dos recursos de entrada. Recursos ou partes de recursos que se sobrepõem em todas as camadas e / ou classes de recursos serão gravados na classe de recursos de saída (ArcGis 10.0).

Onde:

QDH: vazão de disponibilidade hídrica

QDO: vazão de demanda hídrica outorgada

Deste modo, adicionou-se uma nova coluna intitulada de “QDH”. Nessa coluna foi feito o cálculo da disponibilidade hídrica de cada trecho, considerando a retirada das vazões outorgadas, por meio da expressão citada anteriormente.

### **3.4.3 Análise da interferência dos usos insignificantes de água na disponibilidade hídrica dos trechos que possuem usuários outorgados**

Construído o cenário da disponibilidade hídrica da CH DO4, buscou-se avaliar qual o impacto dos usos insignificantes cadastrados na bacia hidrográfica, nos trechos que possuem outorgas.

Para isso, foi realizado o levantamento dos usuários de cadastros insignificantes existentes em cada trecho que possui um usuário outorgado, de forma manual, criando a coluna “QDUIITO” (vazão de demanda de usos insignificantes em cada trecho com outorgas) com o somatório das vazões insignificantes existentes. Em seguida, foi criada uma nova coluna intitulada “QDT” (vazão de demanda total), aplicando a Equação 6 a seguir:

$$QDT = QDO + QDUIITO \quad (6)$$

Onde:

QDT = vazão de demanda total

QDO = vazão de demanda hídrica outorgada

QDUIITO = vazão de demanda de usos insignificantes em cada trecho com outorgas

Portanto, a QDT é o somatório das vazões outorgadas e de usos insignificantes existentes em cada trecho de curso d’água, e com ela novamente foi feita a análise da disponibilidade hídrica nesse cenário.

A vazão de disponibilidade hídrica considerando os usos insignificantes em cada trecho que possui demanda pelo uso da água (QDHUITO) foi determinada por meio da Equação 7:

$$QDHUITO = 0.5 * Q_{7,10} - QDT \quad (7)$$

Onde:

QDHUITO = vazão de disponibilidade hídrica considerando os usos insignificantes em cada trecho que possui demanda outorgada.

QDT = vazão de demanda total

A Figura 11 ilustra a planilha Excel com a organização das respectivas colunas.

Figura 11 – Ilustração da planilha Excel utilizada para os cálculos, para trechos outorgados.

Trecho	Q7,10	50% Q7,10	QDO	QDH	QDUITO	QDT	QDHUITO	IDH_QDO	IDH_QDT
76322373	0,092045	0,0460223	0,0265	0,019522		0,0265	0,019522345	Atenção	Atenção
7634253	0,011157	0,0055787	0,0019	0,003679		0,0019	0,003678707	Disponibilidade	Disponibilidade
76592793	0,080931	0,0404657	0,012	0,028466		0,012	0,028465682	Disponibilidade	Disponibilidade
7659291	0,043738	0,0218689	0,0057	0,016169		0,0057	0,016168911	Disponibilidade	Disponibilidade
7657613	0,243598	0,1217992	0,025	0,096799		0,025	0,09679917	Disponibilidade	Disponibilidade
76576922	0,002828	0,0014138	0,00172	-0,00031		0,00172	-0,000306189	Indisponibilidade	Indisponibilidade
76576913	0,063217	0,0316087	0,009	0,022609	0,0008	0,0098	0,021808666	Disponibilidade	Disponibilidade
7632987	0,000979	0,0004893	0,026	-0,02551		0,026	-0,025510747	Indisponibilidade	Indisponibilidade
7657253	0,097287	0,0486435	0,0137	0,034944		0,0137	0,034943514	Disponibilidade	Disponibilidade
76563275	0,003994	0,0019969	0,005	-0,003		0,005	-0,00300307	Indisponibilidade	Indisponibilidade
7656111	5,708325	2,8541626	0,017	2,837163	0,0015	0,0185	2,835662552	Disponibilidade	Disponibilidade
7656115	5,674635	2,8373174	0,9	1,937317	0,0018	0,9018	1,935517375	Disponibilidade	Disponibilidade
7634671	0,034052	0,017026	0,009	0,008026		0,009	0,00802596	Atenção	Atenção
7656115	5,674635	2,8373174	0,117	2,720317	0,0018	0,1188	2,718517375	Disponibilidade	Disponibilidade
76561213	0,010087	0,0050436	0,0115	-0,00646		0,0115	-0,006456378	Indisponibilidade	Indisponibilidade
76541113	3,374269	1,6871346	0,017	1,670135	0,002	0,019	1,668134632	Disponibilidade	Disponibilidade
76541113	3,374269	1,6871346	0,1	1,587135	0,002	0,102	1,585134632	Disponibilidade	Disponibilidade

Fonte: Autor.

### 3.4.4 Análise da disponibilidade hídrica em todos os trechos da bacia hidrográfica que possuem usuários insignificantes

Após ser realizada a análise do impacto na disponibilidade hídrica das vazões nos trechos nos quais existem outorgas, e o impacto adicional nestes trechos, das vazões de usos insignificantes, analisou-se a disponibilidade hídrica de todos os demais trechos de cursos

d'água da CH DO4, nos quais existam usos insignificantes de água cadastrados (QDHUI), por meio da Equação 8:

$$QDHUI = 0.5 * Q710 - QDTUI \quad (8)$$

Onde:

QDHUI = vazão de disponibilidade hídrica de trechos com usos insignificantes

QDTUI = vazão de demanda total de usos insignificantes

A Figura 12 ilustra a planilha Excel com a organização das respectivas colunas.

Figura 12 – Ilustração da planilha Excel utilizada para os cálculos, para trechos com demandas de usos insignificantes.

Ottocódigo Curso D'água	Ottocódigo Bacia	Nome Curso D'água	Q7,10	0,5*Q7,10	QDTUI(m <sup>3</sup> -s)	IDH_QDTUI
761794	76179411	Córrego Gimirim	0,029782	0,0148911	0,001	Disponibilidade
761796	761796391	Córrego Vala Seca	0,012575	0,0062877	0,0009	Disponibilidade
761796394	761796394	sem nome	0,000147	7,334E-05	0,001	Indisponibilidade
761796396	761796396	sem nome	9,39E-05	4,697E-05	0,001	Indisponibilidade
7617946	76179463	Córrego Varejão	0,001126	0,0005631	0,001	Indisponibilidade
7632248	76322483	sem nome	0,001105	0,0005525	0,001	Indisponibilidade
76179476	761794765	sem nome	0,000288	0,0001439	0,0009	Indisponibilidade

Fonte: Autor.

### 3.4.5 Determinação do Índice de Disponibilidade Hídrica (IDH)

Para determinar o grau de impacto das captações superficiais analisadas, criou-se o índice de disponibilidade hídrica (IDH). O índice foi criado e avaliado nas 3 situações analisadas anteriormente, assim, considerando QDO, QDT e QDHUI.

Para isso, foi inserida uma nova coluna na planilha, para cálculo da porcentagem de comprometimento da disponibilidade hídrica intitulada de "IDH\_QDO". Nessa coluna os valores foram gerados de acordo com as seguintes condições:

Se  $QDO/0.5*Q_{7,10} < 50\%$  = Disponibilidade;

Se  $50\% \leq QDO/0.5*Q_{7,10} < 100\%$  = Atenção;

Se  $QDO/0.5*Q_{7,10} \geq 100\%$  = Indisponibilidade

Após esse procedimento, foi possível, por meio do estilo graduado para a coluna “IDH\_QDO”, classificar os trechos dos cursos d’água da bacia de acordo com as situações de indisponibilidade ( $>100$ ), estado de atenção (50 a 100) e de disponibilidade ( $< 50$ ), considerando as vazões de captações outorgadas (QDO).

O mesmo procedimento foi realizado para QDT e QDTUI, gerando índices para as respectivas vazões (IDH\_QDT e IDH\_QDTUI).

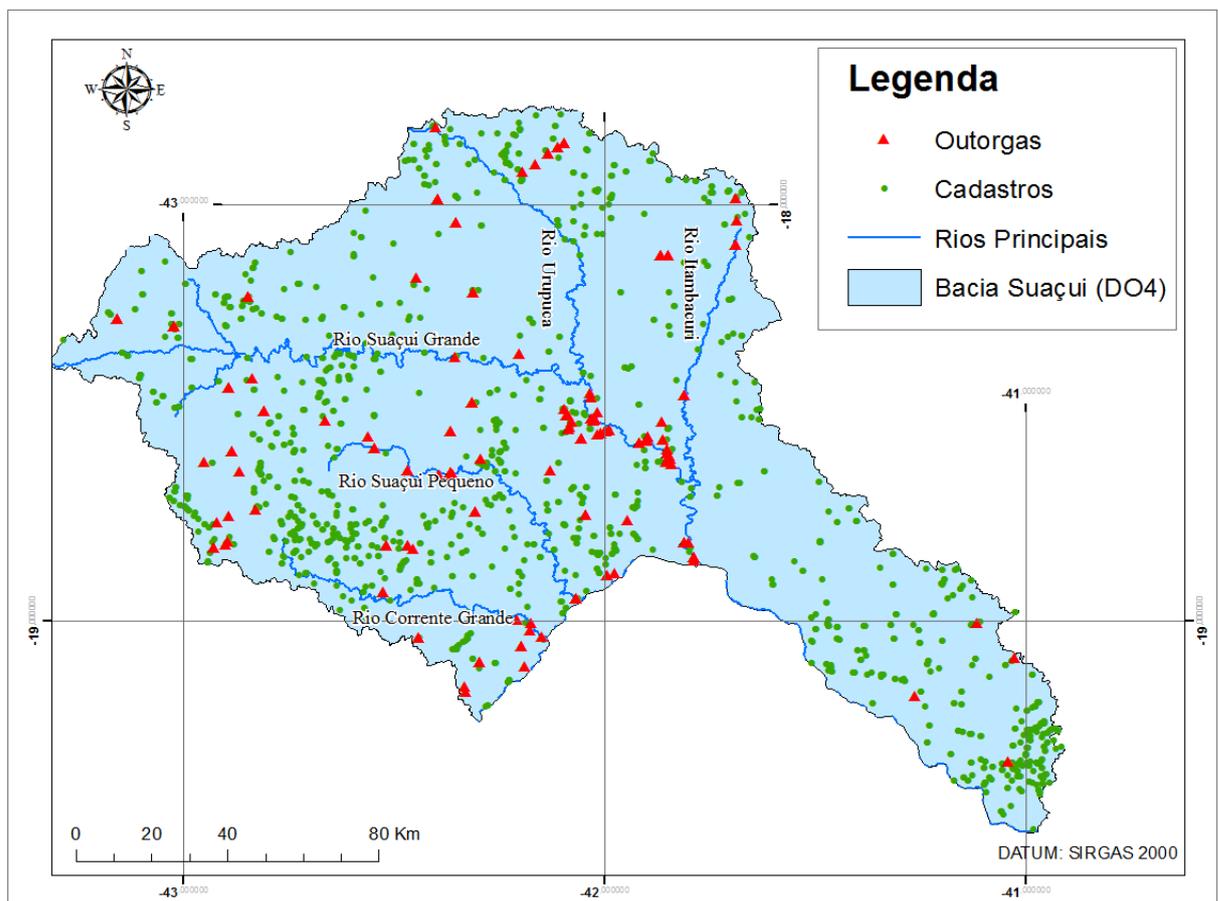
Assim, realizou-se a comparação dos trechos com status diferentes entre as colunas “IDH\_QDO” e “IDH\_QDT”, de forma a identificar trechos com outorgas que tiveram a disponibilidade hídrica alterada após a inserção das vazões de usos insignificantes.

## 4 RESULTADOS E DICUSSÃO

### 4.1 USUÁRIOS DE RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA

Na data de 28 de setembro de 2020, data de coleta dos dados, existiam 1098 cadastros de usos insignificantes e 118 pontos de outorga de uso da água, totalizando 1216 captações superficiais regularizadas e válidas na circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí, com demanda de 5,28 m<sup>3</sup>/s. Destes, 4,45 m<sup>3</sup>/s são referentes às vazões outorgadas (84,28%) e 0,83 m<sup>3</sup>/s referentes aos usos insignificantes (15,72%). Os resultados estão apresentados na Figura 13.

Figura 13 – Captações superficiais em corpo de água na bacia do rio Suaçuí.

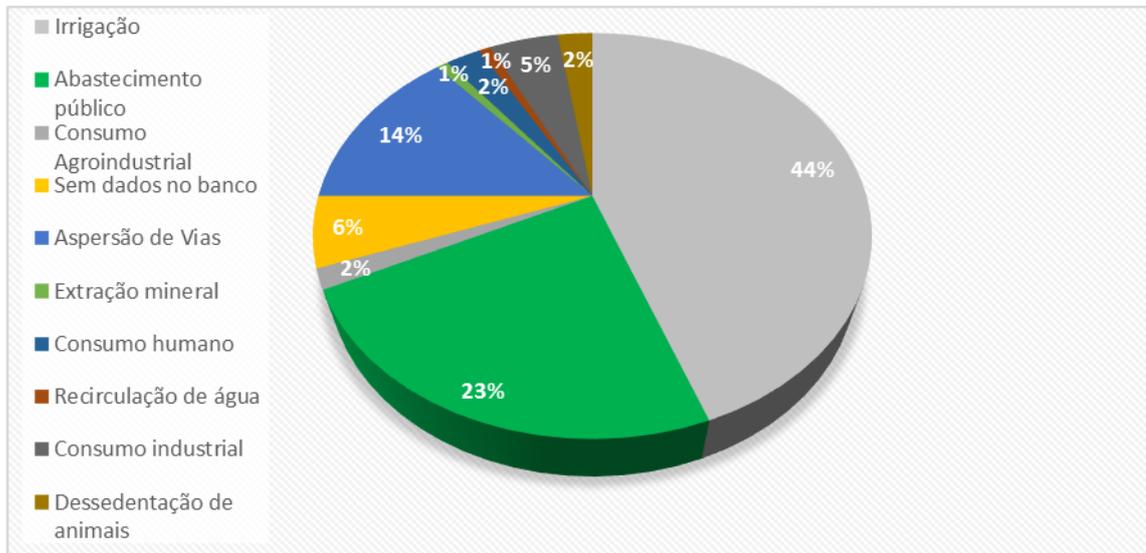


Fonte: Autor

Dada a vocação agropecuarista, o tipo de uso consuntivo da água predominante na bacia do rio Suaçuí é a irrigação, correspondendo a 44% da vazão consumida, seguido de abastecimento público, que soma 29%, devido a densidade populacional da bacia. O terceiro maior uso é aspersão em vias, que corresponde a 14% das retiradas. Os demais usos como

consumo agroindustrial, dessedentação animal e extração mineral, são pouco expressivos na bacia, sendo que cada um corresponde por aproximadamente 1% das retiradas. Deve-se ressaltar que 6% dos usos não possuíam informações sobre o tipo de uso (Gráfico 1).

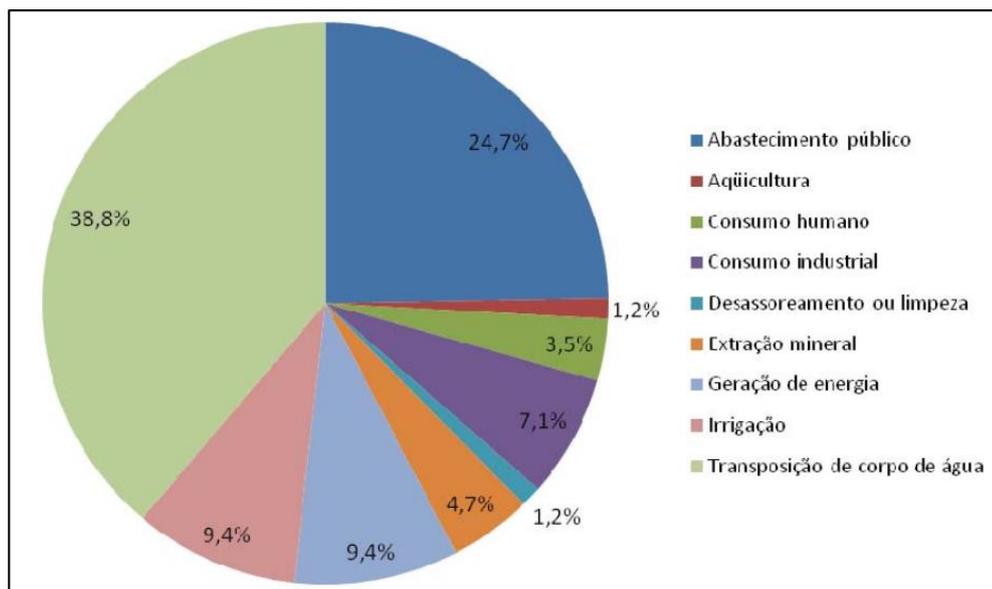
Gráfico 1 – Tipos de uso hídrico na CH DO4 no ano de 2020.



Fonte: Autor

Quanto aos tipos de uso da água na bacia, pode-se observar que ocorreu considerável aumento no consumo por irrigação comparado ao consumo encontrado pelo PARH – Suaçuí no ano de 2010 (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Tipos de uso hídrico PARH – Suaçuí, 2010.



Fonte: CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME (2010).

Os valores de demanda para irrigação são elevados, principalmente junto aos municípios do médio/baixo Suaçuí, podendo citar como exemplo o município de Marilac, onde predomina o cultivo irrigado de hortaliças e banana, principalmente.

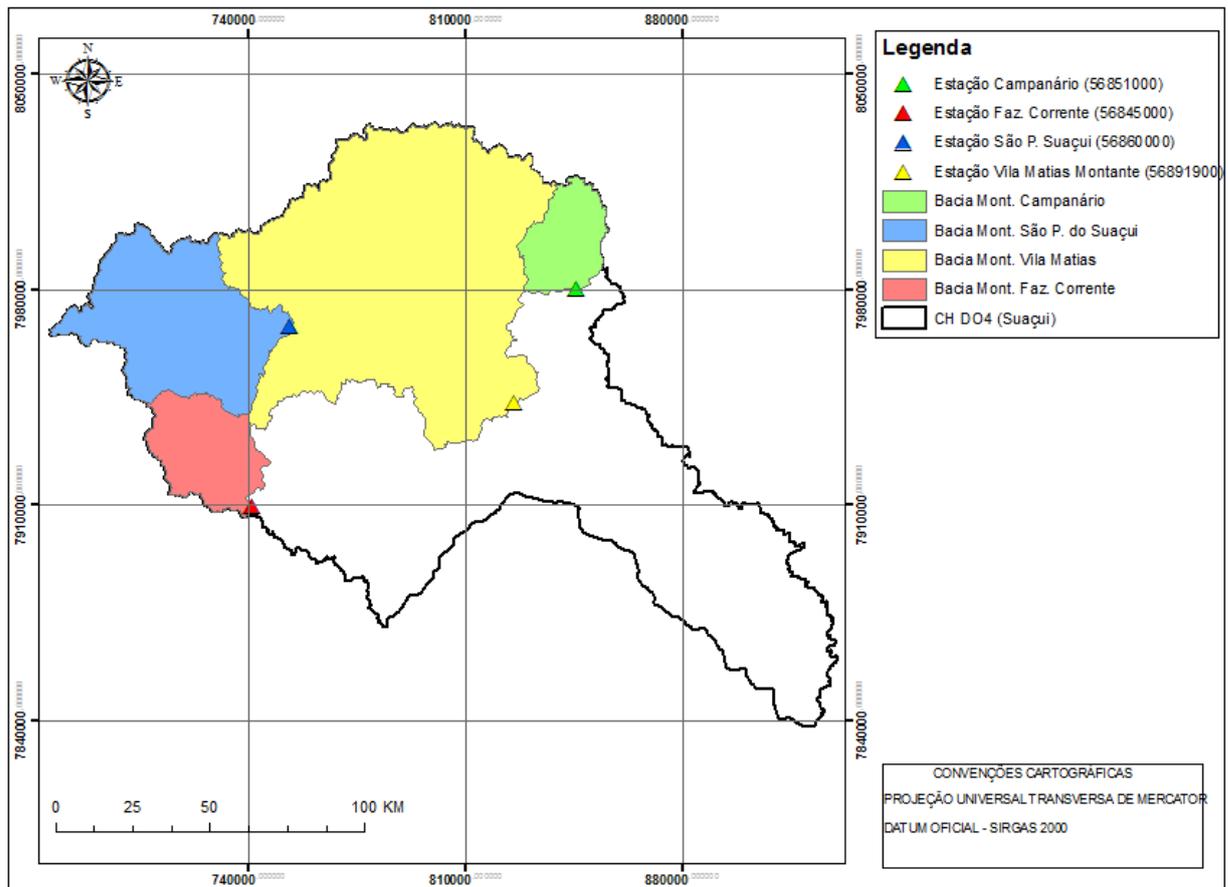
De acordo com a ANA (2019), o inventário de cadastros e outorgas de uso da água é útil para diversas aplicações, mas também não garante precisão quanto aos volumes efetivamente utilizados, visto que o valor outorgado tende a um limite máximo de abastecimento, a exemplo de uma indústria operando com 100% da capacidade instalada ou de um município que visa atender sua crescente população em um horizonte futuro. As vazões médias efetivas tendem a ser inferiores, especialmente para grandes usuários.

Por outro lado, existem usuários de água na bacia hidrográfica do rio Suaçuí que captam o recurso hídrico sem a devida outorga ou cadastro de uso insignificante, de forma irregular, e assim não estão sendo contabilizados oficialmente, conforme evidencia estudo feito por Moreira *et al.* (2020), no qual avaliou-se fiscalizações em recursos hídricos realizadas pelo órgão ambiental de Minas Gerais, na bacia hidrográfica do rio Suaçuí. Neste estudo os resultados apontaram que 18,75% dos usuários fiscalizados foram autuados por captar água superficial sem a devida outorga, e 18,75% dos usuários fiscalizados foram autuados por utilizar recursos hídricos, nos casos de usos insignificantes definidos, sem o respectivo cadastro.

#### 4.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUAÇUÍ GRANDE

Conforme já citado, a análise da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica foi realizada nas bacias à montante das estações fluviométricas existentes e com dados disponíveis na CH DO4, conforme representado na Figura 14:

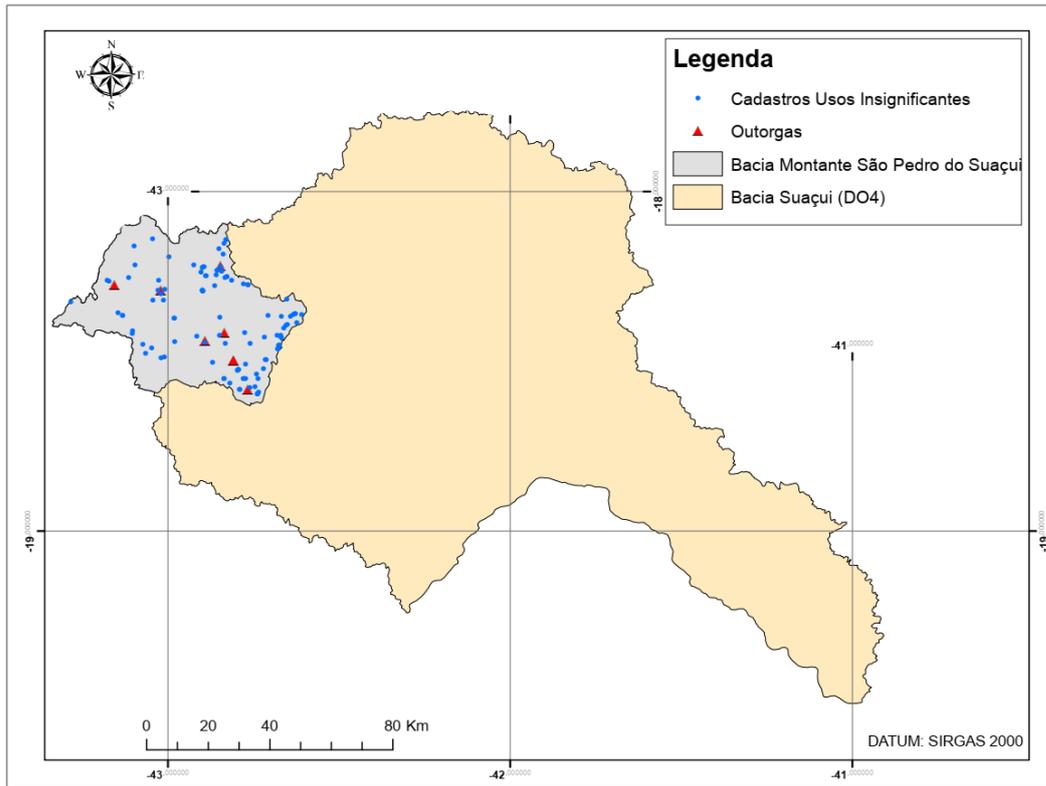
Figura 14 – Áreas de estudo delimitadas de acordo com as estações fluviométricas disponíveis.



Fonte: Autor.

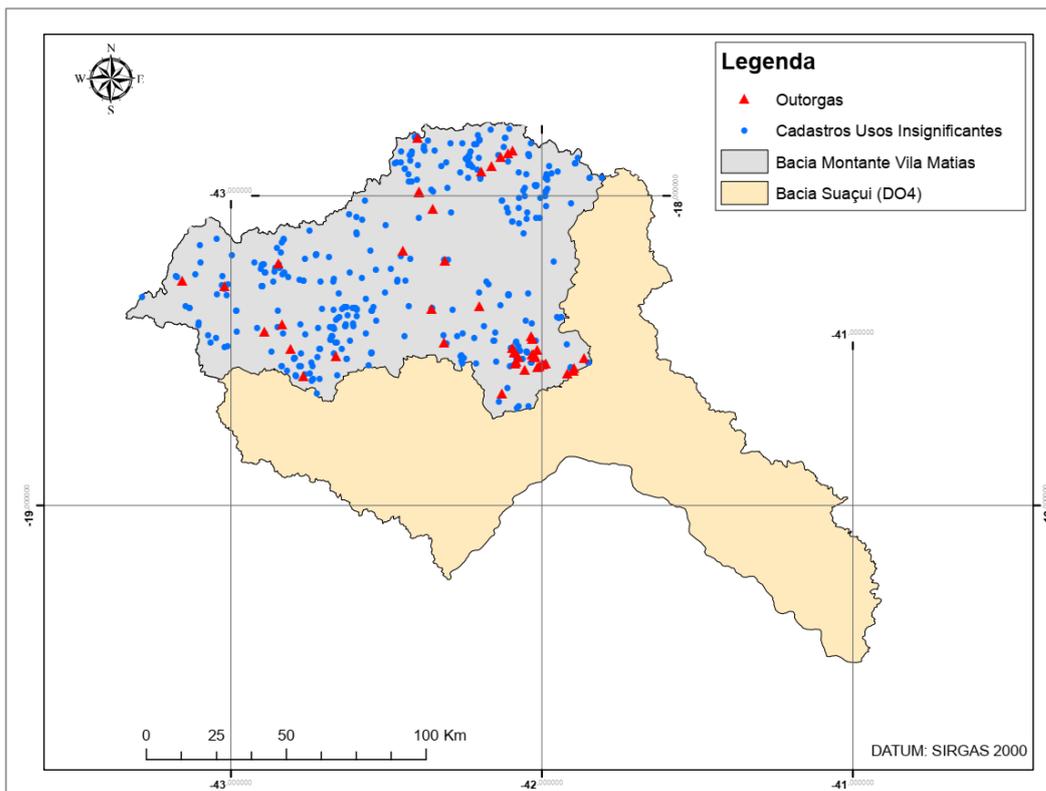
As Figuras 15, 16, 17 e 18 a seguir, representam as bacias hidrográficas à montante das estações fluviométricas analisadas e as respectivas captações superficiais nelas existentes, seja outorgada ou cadastrada como uso insignificante.

Figura 15 – Bacia à montante da estação “São Pedro do Suaçuí” e os usuários de águas superficiais.



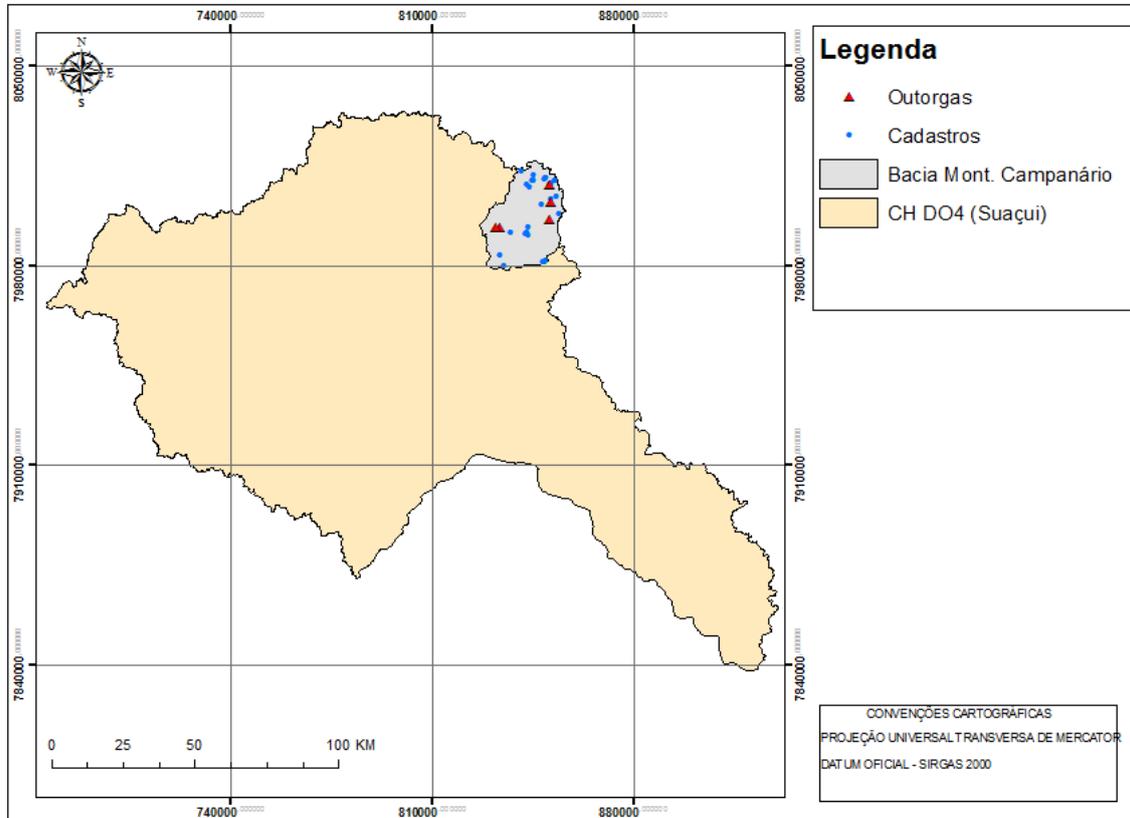
Fonte: Autor.

Figura 16 – Bacia à montante da estação “Vila Matias Montante” e os usuários de águas superficiais.



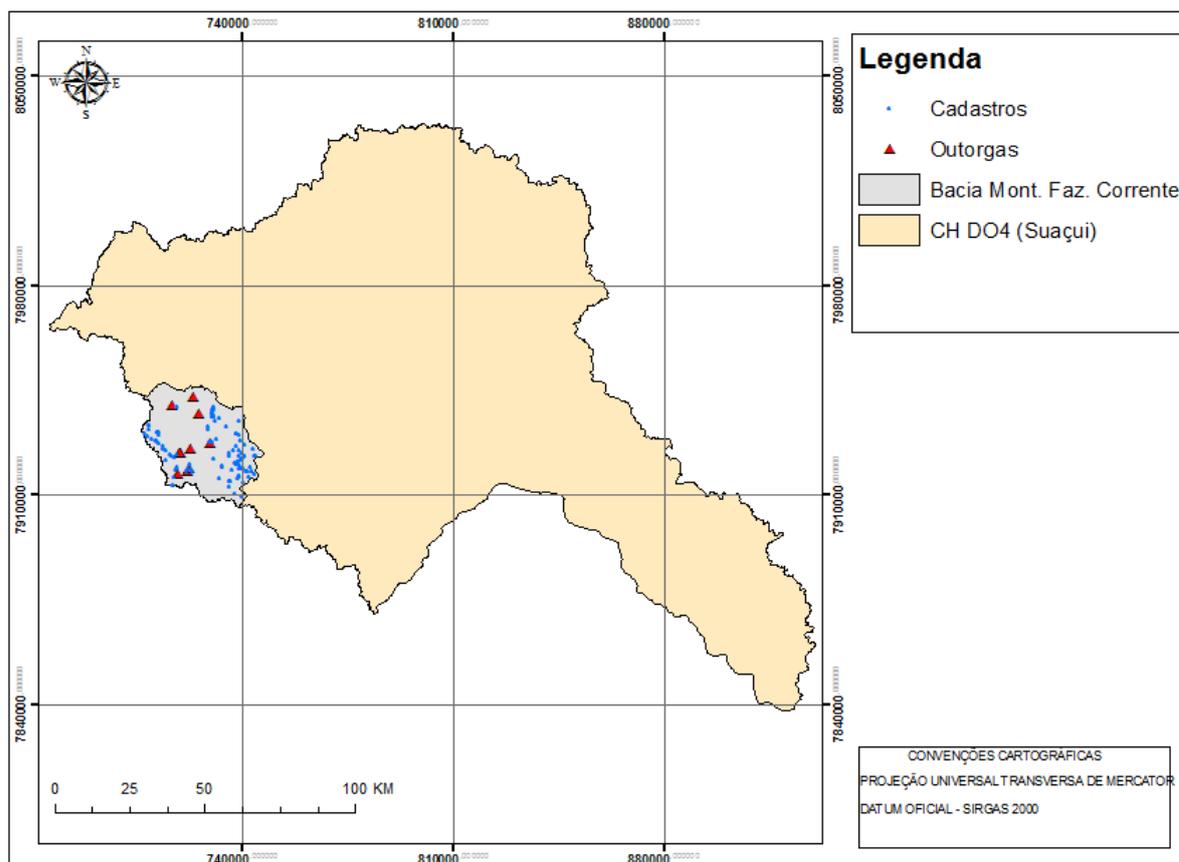
Fonte: Autor.

Figura 17 – Bacia à montante da estação “Campanário” e os usuários de águas superficiais.



Fonte: Autor.

Figura 18 – Bacia à montante da estação “Fazenda Corrente” e os usuários de águas superficiais



Fonte: Autor.

#### 4.2.1 Cálculo da $Q_{7,10}$ considerando as séries históricas das estações fluviométricas disponíveis

Após download das respectivas séries históricas e processamento no software SISCAH 1.0, foram obtidos os seguintes resultados dados no Quadro 3:

Quadro 3 – Valores de  $Q_{7,10}$  considerando as séries históricas das estações fluviométricas disponíveis.

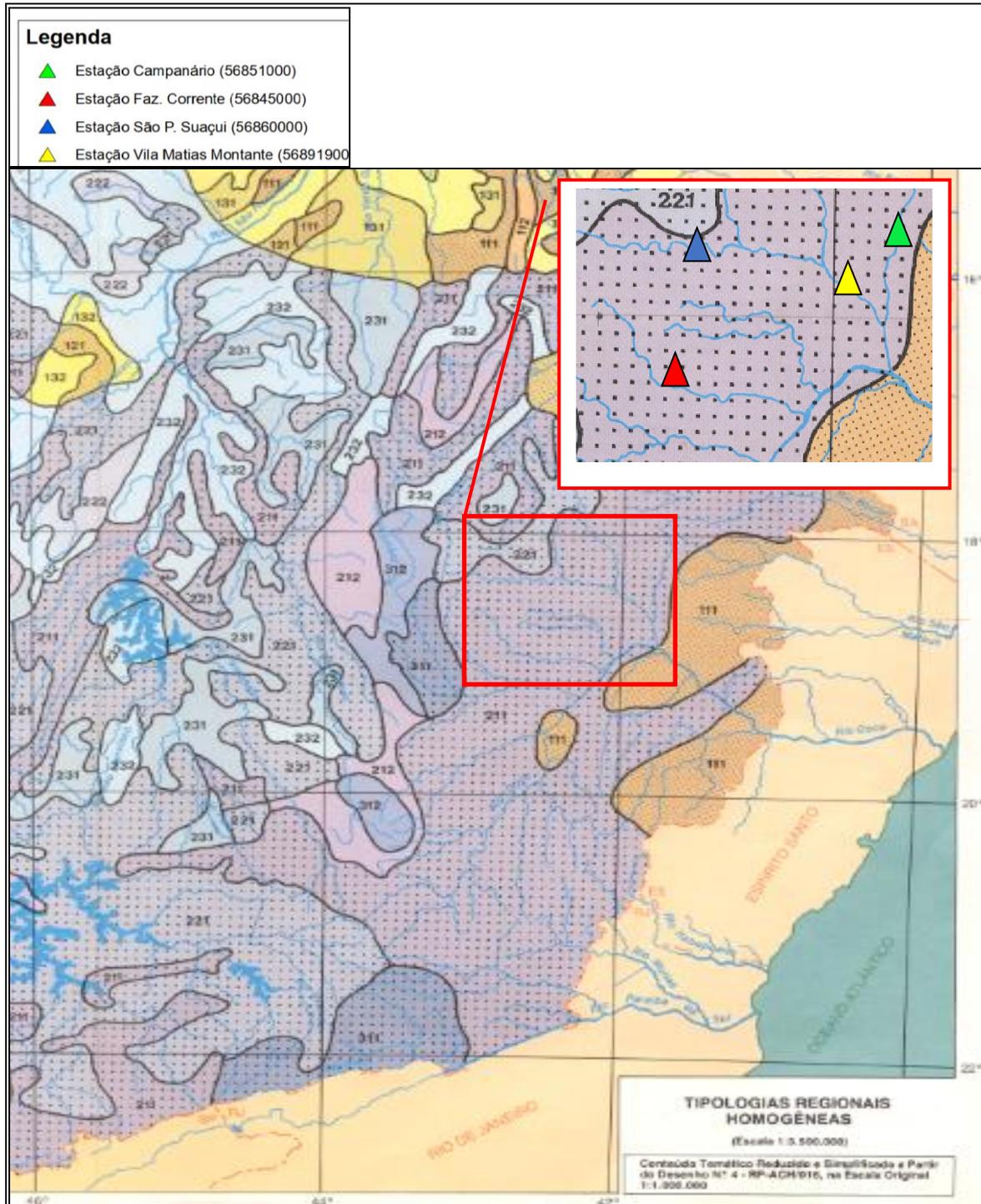
Estação Fluviométrica	Vila Matias Montante	São Pedro do Suaçuí	Fazenda Corrente	Campanário
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	10,92	6,82	2,22	0,174

Fonte: Autor.

#### 4.2.2 Cálculo da $Q_{7,10}$ considerando a metodologia dos “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais” de Souza (1993).

De acordo com a literatura consultada, as 4 estações fluviométricas analisadas se encontram na Tipologia Regional Homogênea 211, conforme demonstra a Figura 19.

Figura 19 – Mapa “Tipologias Regionais Homogêneas”, segundo Souza (1993).



Fonte: Adaptado de Souza (1993).

A partir da definição da Tipologia Regional Homogênea foi possível obter os valores paramétricos tabelados para a função de inferência para rendimentos mínimos a partir do anexo 3 do livro “Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais” de Souza (1993), como demonstrados na Figura 20:

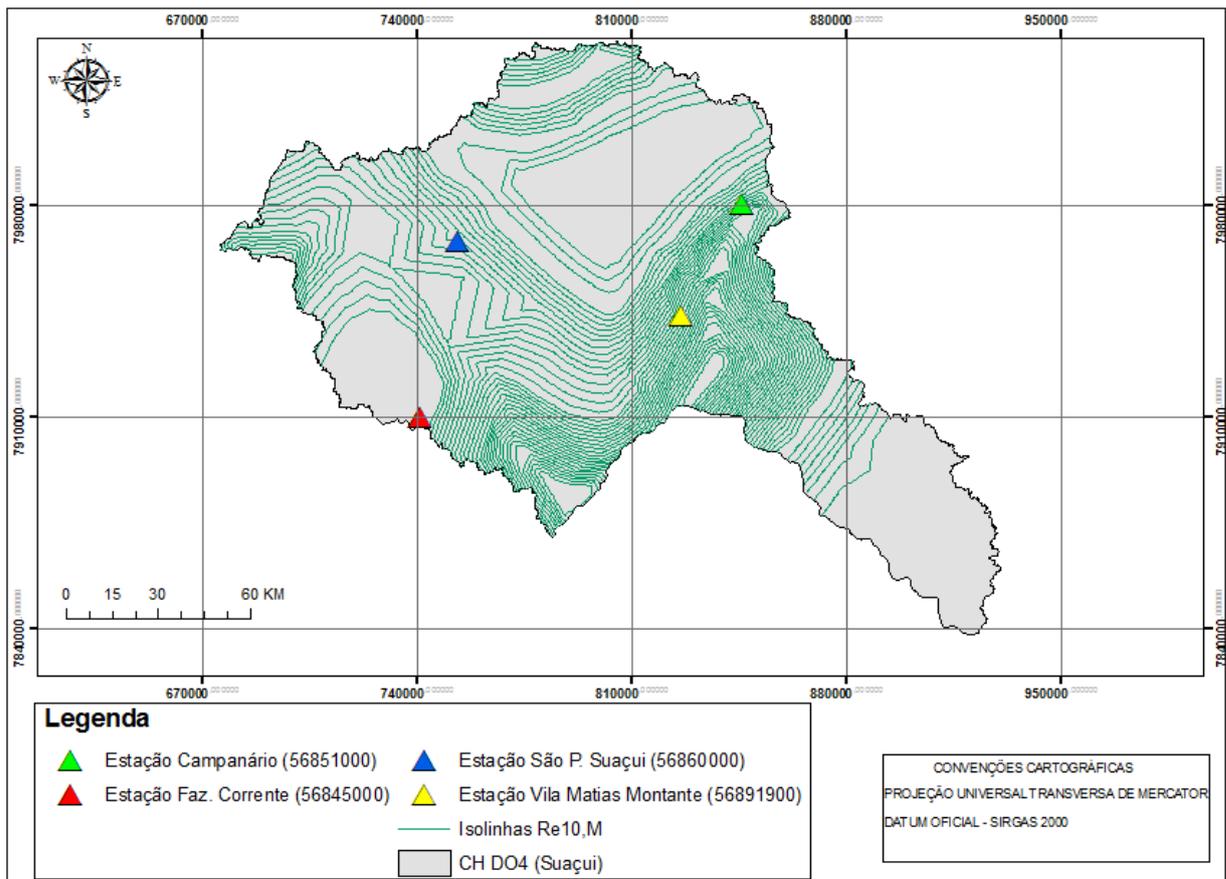
Figura 20 – Valores paramétricos para função de inferência para rendimentos mínimos.

FUNÇÃO DE INFERÊNCIA PARA RENDIMENTOS MÍNIMOS							
FORMA: $F_{TD} = (\alpha + \beta \cdot \gamma^D) \cdot (\log T)^{-(r \cdot \log T + s) \cdot D^{(m + n \cdot \log^2 T)}}$							
TIPOLOGIA HOMOGÊNEA (CÓDIGO)	PARÂMETROS						
	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$r$	$s$	$m$	$n$
111	0,482396	0,415234	1,005878	0,218569	0,217688	-0,015536	-0,041697
112	0,480076	0,402981	1,007266	0,246250	0,336821	0,000663	-0,034264
121	0,489924	0,398269	1,006209	0,227272	0,199395	-0,006555	-0,038427
122	0,475558	0,399228	1,007556	0,275545	0,359782	-0,004670	-0,038005
131	0,477122	0,393082	1,008173	0,273253	0,374222	0,017085	-0,026872
132	0,475088	0,403761	1,007164	0,240521	0,337239	0,003595	-0,035498
211	0,465547	0,402812	1,007099	0,175113	0,212533	-0,008058	-0,032602

Fonte: Souza (1993).

E a partir da localização, no ArcGis, da estação fluviométrica em relação às isolinhas da base de dados de regionalização do método desenvolvido por Souza (1993), foi possível obter o valor do Rendimento Específico Médio Mensal – Mínimas com 10 anos de recorrência ( $Re_{10, M}$ ), para cada um dos pontos onde se localizam as estações, conforme ilustra a Figura 21. Os valores de  $Re_{10, M}$  estão demonstrados no Quadro 4.

Figura 21 – Mapa da CH DO4 contendo as isolinhas de rendimento específico médio mensal – mínimas com 10 anos de recorrência ( $Re_{10, M}$ ), e a localização das estações fluviométricas.



Fonte: Autor.

Quadro 4 – Valores de  $Re_{10,M}$  encontrados para cada estação fluviométrica.

	Campanário	Vila Matias Montante	São Pedro do Suaçuí	Faz. Corrente
$Re_{10,M}$ (L/s.Km <sup>2</sup> )	3,4	5,0	3,4	3,2

Fonte: Autor.

Por fim, as áreas de drenagens à montante de cada estação fluviométrica, são dadas no Quadro 5:

Quadro 5 – Áreas de drenagens à montante das estações fluviométricas.

	Campanário	Vila Matias Montante	São Pedro do Suaçuí	Faz. Corrente
Área drenagem (Km <sup>2</sup> )	758	9770	2570	1050

Fonte: Autor.

Assim, substituindo os valores e parâmetros nas respectivas equações, tem-se os seguintes resultados para  $Q_{7,10}$ , dados no Quadro 6:

Quadro 6 – Valores de  $Q_{7,10}$  obtidos segundo metodologia de Souza (1993).

	Campanário	Vila Matias Montante	São Pedro do Suaçuí	Faz. Corrente
$Q_{10,M} = Re_{10,M} \cdot Ad$	2577,2	48850	8738	3360
$F_{T,D} = (\alpha + \beta \times \gamma^D) \cdot (\log T)^{-(r \cdot \log T + S)} \cdot D^{(m+n \cdot \log^2 T)}$	0,88	0,88	0,88	0,88
$Q_{7,10} = F_{7,10} \cdot Q_{10,M}$ (L/s)	2267,94	42988	7689,44	2956,8
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	2,27	42,99	7,69	2,96

Fonte: Autor.

#### 4.2.3 Cálculo da $Q_{7,10}$ considerando a metodologia do “Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais” do IGAM (2012)

Os valores de  $Q_{7,10}$  foram obtidos por meio de simples consulta na plataforma IDE-SISEMA, e estão demonstrados no Quadro 7.

Quadro 7 – Valores de  $Q_{7,10}$  obtidos no IDE-SISEMA (IGAM, 2012).

	Campanário	Vila Matias Montante	São Pedro do Suaçuí	Faz. Corrente
$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s) (IGAM, 2012)	0,95	30,53	5,46	1,89

Fonte: Autor.

#### 4.2.4 Análise da disponibilidade hídrica

O Quadro 8 mostra os resultados obtidos a partir da utilização das 3 metodologias citadas, para os pontos onde se localizam cada umas das estações fluviométricas. Observa-se grande variação entre os resultados encontrados, o que vai de encontro ao trabalho realizado por Sugai et al. (1998), já citado neste trabalho, que também constatou diferenças expressivas, comparando-se o método da regionalização e a análise dos dados existentes.

Quadro 8 – Comparativo entre os valores de  $Q_{7,10}$  para cada estação fluviométrica, a partir dos 3 métodos utilizados.

	<b>Campanário</b>	<b>Vila Matias Montante</b>	<b>São Pedro do Suaçuí</b>	<b>Faz. Corrente</b>
<b><math>Q_{7,10}</math> (m<sup>3</sup>/s) (Séries Históricas)</b>	0,174	10,92	6,82	2,22
<b><math>Q_{7,10}</math> (m<sup>3</sup>/s) (Souza, 1993)</b>	2,27	42,99	7,69	2,96
<b><math>Q_{7,10}</math> (m<sup>3</sup>/s) (IGAM, 2012)</b>	0,95	30,53	5,46	1,89

Fonte: Autor.

Quando comparados os dois métodos de regionalização de vazões utilizados, em relação à análise dos dados das estações fluviométricas, foram constatadas variações que vão desde -19,94% a 1304,6%, conforme demonstra o Quadro 9:

Quadro 9 – Diferenças entre os métodos de regionalização de vazões utilizados, em relação à análise estatística das séries históricas de cada estação fluviométrica.

	<b>Estações e <math>Q_{7,10}</math> (m<sup>3</sup>/s) (séries históricas)</b>	<b><math>Q_{7,10}</math> (m<sup>3</sup>/s) (Souza, 1993)</b>	<b><math>Q_{7,10}</math> (m<sup>3</sup>/s) (IGAM, 2012)</b>
<b>Diferença (%)</b>	<b>Campanário (0,174)</b>	2,27 (1304,6%)	0,95 (545,97%)
	<b>Vila Matias Montante (10,92)</b>	42,99 (393,68%)	30,53 (279,57%)
	<b>São Pedro do Suaçuí (6,82)</b>	7,69 (12,75%)	5,46 (-19,94%)
	<b>Faz. Corrente (2,22)</b>	2,96 (33,33%)	1,89 (-14,86%)

Fonte: Autor.

Apesar da grande diferença entre os resultados, a análise da disponibilidade hídrica foi realizada considerando a  $Q_{7,10}$  obtida pelas 3 metodologias, considerando aspectos de segurança, obtendo também 3 resultados distintos.

#### 4.2.4.1 Análise da disponibilidade hídrica considerando a $Q_{7,10}$ obtida através das séries históricas

Quanto a disponibilidade hídrica passível de outorga, de acordo com os resultados encontrados, a vazão mínima de referência ( $Q_{7,10}$ ) nas estações fluviométricas analisadas, é de 10,92 m<sup>3</sup>/s para a estação “Vila Matias Montante”, 6,82 m<sup>3</sup>/s na estação “São Pedro do Suaçuí”, 2,22 m<sup>3</sup>/s na estação “Fazenda Corrente”, e de 0,174 m<sup>3</sup>/s na estação “Campanário”.

Dessa forma, a disponibilidade hídrica máxima passível de outorga, segundo a legislação de Minas Gerais, para as respectivas estações são de 5,46 m<sup>3</sup>/s, 3,13 m<sup>3</sup>/s, 1,11 m<sup>3</sup>/s e 0,08 m<sup>3</sup>/s para captações de água. Verifica-se que a soma das captações nas bacias são de 1,30 m<sup>3</sup>/s, 0,15 m<sup>3</sup>/s, 0,9 m<sup>3</sup>/s e 0,03 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Assim, o valor de vazão de disponibilidade hídrica da bacia (DHB) é de 4,17 m<sup>3</sup>/s na bacia “Vila Matias Montante”, de 3,26 m<sup>3</sup>/s na bacia “São Pedro do Suaçuí”, 0,21 m<sup>3</sup>/s na bacia à montante da estação “Fazenda Corrente” e 0,05 m<sup>3</sup>/s na bacia à montante da estação “Campanário”, ou seja, as captações existentes em ambas as bacias analisadas reduziram em 23,8%, 4,8%, 81% e 37,5% respectivamente, a disponibilidade hídrica da bacia (Quadro 10).

Quadro 10 – Vazão mínima de referência e vazão disponível nas bacias à montante das estações fluviométricas analisadas (Método análise séries históricas).

Bacia Hidrográfica	Somatório vazões de usos insignificantes (m <sup>3</sup> /s)	Somatório vazões de usos outorgados (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{total}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	50% $Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	DHB (m <sup>3</sup> /s)	Demanda por disponibilidade (%)
Vila Matias Montante	0,24	1,05	1,29	10,92	5,46	4,17	23,6
São Pedro do Suaçuí	0,07	0,08	0,15	6,82	3,41	3,26	4,4
Fazenda Corrente	0,08	0,82	0,9	2,22	1,11	0,21	81
Campanário	0,02	0,01	0,03	0,17	0,08	0,05	37,5

Fonte: Autor.

Em relação ao balanço hídrico, a situação demonstra que as retiradas não produzem interferências sensíveis na disponibilidade hídrica das bacias “Vila Matias Montante”, “São Pedro do Suaçuí” e “Campanário”, considerando a disponibilidade total das mesmas. No entanto, na bacia à montante da estação “Fazenda Corrente”, a situação demonstra certo comprometimento da disponibilidade hídrica.

#### 4.2.4.2 Análise da disponibilidade hídrica considerando a $Q_{7,10}$ obtida através da metodologia de Souza (1993)

Neste caso, de acordo com os resultados encontrados, a vazão mínima de referência ( $Q_{7,10}$ ) nas estações fluviométricas analisadas, é de 42,99 m<sup>3</sup>/s para a estação “Vila Matias Montante”, 7,69 m<sup>3</sup>/s na estação “São Pedro do Suaçuí”, 2,96 m<sup>3</sup>/s na estação “Fazenda Corrente”, e de 2,27 m<sup>3</sup>/s na estação “Campanário”.

Dessa forma, a disponibilidade hídrica máxima passível de outorga, segundo a legislação de Minas Gerais, para as respectivas estações são de 21,50 m<sup>3</sup>/s, 3,85 m<sup>3</sup>/s, 1,48 m<sup>3</sup>/s e 1,14 m<sup>3</sup>/s para captações de água. Verifica-se que a soma das captações nas bacias são de 1,30 m<sup>3</sup>/s, 0,15 m<sup>3</sup>/s, 0,9 m<sup>3</sup>/s e 0,03 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Assim, o valor de vazão de DHB é de 20,21 m<sup>3</sup>/s na bacia “Vila Matias Montante”, de 3,70 m<sup>3</sup>/s na bacia “São Pedro do Suaçuí”, 0,58 m<sup>3</sup>/s na bacia à montante da estação “Fazenda Corrente” e 1,11 m<sup>3</sup>/s na bacia à montante da estação “Campanário”, ou seja, as captações existentes em ambas as bacias analisadas reduziram em 6,00%, 3,90%, 60,81% e 2,64% respectivamente, a disponibilidade hídrica da bacia (Quadro 11).

Quadro 11 – Vazão mínima de referência e vazão disponível nas bacias à montante das estações fluviométricas analisadas (Método Souza, 1993).

Bacia Hidrográfica	Somatório vazões de usos insignificantes (m <sup>3</sup> /s)	Somatório vazões de usos outorgados (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{total}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	50% $Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	DHB (m <sup>3</sup> /s)	Demanda por disponibilidade (%)
Vila Matias Montante	0,24	1,05	1,29	42,99	21,50	20,21	6,00
São Pedro do Suaçuí	0,07	0,08	0,15	7,69	3,85	3,70	3,90
Fazenda Corrente	0,08	0,82	0,9	2,96	1,48	0,58	60,81
Campanário	0,02	0,01	0,03	2,27	1,14	1,11	2,64

Fonte: Autor.

Novamente, a situação demonstra que as retiradas não produzem interferências sensíveis na disponibilidade hídrica das bacias “Vila Matias Montante”, “São Pedro do Suaçuí” e “Campanário”, considerando a disponibilidade total das mesmas. No entanto, na bacia à montante da estação “Fazenda Corrente”, a situação demonstra certo comprometimento da disponibilidade hídrica.

#### 4.2.4.3 Análise da disponibilidade hídrica considerando a $Q_{7,10}$ obtida através da metodologia de IGAM (2012)

Segundo a metodologia analisada, a vazão mínima de referência ( $Q_{7,10}$ ) nas estações fluviométricas analisadas, é de 30,53 m<sup>3</sup>/s para a estação “Vila Matias Montante”, 5,46 m<sup>3</sup>/s na estação “São Pedro do Suaçuí”, 1,89 m<sup>3</sup>/s na estação “Fazenda Corrente”, e de 0,95 m<sup>3</sup>/s na estação “Campanário”.

Dessa forma, a disponibilidade hídrica máxima passível de outorga, segundo a legislação de Minas Gerais, para as respectivas estações são de 15,27 m<sup>3</sup>/s, 2,73 m<sup>3</sup>/s, 0,95 m<sup>3</sup>/s e 0,48 m<sup>3</sup>/s para captações de água. Verifica-se que a soma das captações nas bacias são de 1,30 m<sup>3</sup>/s, 0,15 m<sup>3</sup>/s, 0,9 m<sup>3</sup>/s e 0,03 m<sup>3</sup>/s respectivamente. Assim, o valor de vazão de DHB é de 13,98 m<sup>3</sup>/s na bacia “Vila Matias Montante”, de 2,58 m<sup>3</sup>/s na bacia “São Pedro do Suaçuí”, 0,05 m<sup>3</sup>/s na bacia à montante da estação “Fazenda Corrente” e 0,45 m<sup>3</sup>/s na bacia à montante da estação “Campanário”, ou seja, as captações existentes em ambas as bacias analisadas reduziram em 8,45%, 5,49%, 95,24% e 6,32% respectivamente, a disponibilidade hídrica da bacia (Quadro 12).

Quadro 12 – Vazão mínima de referência e vazão disponível nas bacias à montante das estações fluviométricas analisadas (Método IGAM, 2012).

Bacia Hidrográfica	Somatório vazões de usos insignificantes (m <sup>3</sup> /s)	Somatório vazões de usos outorgados (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{total}$ (m <sup>3</sup> /s)	$Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	50% $Q_{7,10}$ (m <sup>3</sup> /s)	DHB (m <sup>3</sup> /s)	Demanda por disponibilidade (%)
Vila Matias Montante	0,24	1,05	1,29	30,53	15,27	13,98	8,45
São Pedro do Suaçuí	0,07	0,08	0,15	5,46	2,73	2,58	5,49
Fazenda Corrente	0,08	0,82	0,9	1,89	0,95	0,05	95,24
Campanário	0,02	0,01	0,03	0,95	0,48	0,45	6,32

Fonte: Autor.

Nota-se que persiste a situação demonstrada pelos outros métodos, estando as bacias “Vila Matias Montante”, “São Pedro do Suaçuí” e “Campanário”, em situação confortável quanto à disponibilidade hídrica, considerando a disponibilidade total das mesmas. Já em relação à bacia à montante da estação “Fazenda Corrente”, desta vez os resultados apontaram o comprometimento quase total da disponibilidade hídrica.

Portanto, em que pese a disparidade dos resultados de  $Q_{7,10}$  produzidos pelas 3 metodologias adotadas, quando os mesmos são aplicados na análise da disponibilidade hídrica das bacias em análise, induziram a resultados semelhantes, indicando a bacia à montante da estação “Fazenda Corrente” como a de situação de disponibilidade hídrica em certo comprometimento, estando com a relação “demanda/disponibilidade” maior que 60%, em todos os casos. Salienta-se que, nesta bacia, os usos insignificantes representam aproximadamente 9% da vazão total de demanda, não provocando, então, grande impacto na redução da disponibilidade hídrica.

#### 4.3 DISPONIBILIDADE HÍDRICA NOS TRECHOS QUE POSSUEM USUÁRIOS OUTORGADOS

Nesta análise, a abordagem foi realizada para toda a CH DO4, uma vez que os dados de  $Q_{7,10}$  utilizados foram coletados no IDE-SISEMA (IGAM, 2012) para todos os trechos de cursos d’água, não dependendo de estações fluviométricas para cálculo.

Os métodos de regionalização de vazões são baseados em estimativas, portanto, neles estão contidas incertezas, principalmente quando são aplicados em pequenas bacias. No Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais, segundo IGAM (2012), para minimizar os riscos associados à extrapolação das vazões para as regiões fora da amplitude de variação das variáveis independentes, foi proposta a utilização de um processo de imposição de restrição na metodologia, conforme o qual a vazão nestas regiões de extrapolação não ultrapasse um limite físico conhecido.

Para verificar a confiabilidade dos resultados a serem gerados, e a favor da segurança, foram sorteados aleatoriamente dois trechos de cabeceira (bacia de contribuição pequena), onde existe captação, para aplicação do método de Souza (1993), por não apresentar em sua metodologia limitação de área, além de ser recomendado pelo IGAM, e comparação dos resultados entre ambas metodologias.

Assim, foi escolhida a bacia do córrego Trambuque (ottocódigo 76429642), na qual existe a captação superficial outorgada pela Portaria nº 1508586/2019, com vazão de 0,0012 m<sup>3</sup>/s e cuja área da bacia à montante possui apenas 1,3 km<sup>2</sup>. Segundo IGAM (2012), a  $Q_{7,10}$  no

trecho é de 0,00072 m<sup>3</sup>/s (50% = 0,00036 m<sup>3</sup>/s), e segundo Souza (1993), a Q<sub>7,10</sub> calculada para o trecho resultou em 0,00086 m<sup>3</sup>/s (50% = 0,000432 m<sup>3</sup>/s), apresentando então erro de 16,28% entre os métodos, considerado pequeno. Além disso, diante das duas metodologias a vazão captada é superior à disponibilidade hídrica.

O outro trecho escolhido foi o córrego “sem nome” (ottocódigo 764794781), afluente do ribeirão Matizada, cuja área da bacia à montante é de 4,91 km<sup>2</sup>, e no qual existem as certidões de usos insignificantes nº 128001/2019 (0,008 m<sup>3</sup>/s), 128005/2019 (0,008 m<sup>3</sup>/s) e 157146/2019 (0,0002 m<sup>3</sup>/s), que somam a vazão de 0,0162 m<sup>3</sup>/s. A Q<sub>7,10</sub> no trecho, segundo IGAM (2012) é 0,0016 m<sup>3</sup>/s (50% = 0,00082 m<sup>3</sup>/s), e a Q<sub>7,10</sub> calculada pelo método de Souza (1993) resultou também em 0,0016 m<sup>3</sup>/s. Nos dois casos as vazões captadas são superiores à disponibilidade hídrica.

Diante desses resultados, prosseguiu-se com o processamento de todos os trechos com usuários outorgados, através da metodologia de IGAM (2012), devido a simples exequibilidade, ressaltando que para aplicação da metodologia de Souza (1993), para todos os trechos, é necessário cálculo de área de drenagem à montante dos mesmos, função de inferência e rendimento específico médio mensal mínimo, processo complexo e dispendioso de tempo, considerando o total de trechos a serem analisados, que somam 1098.

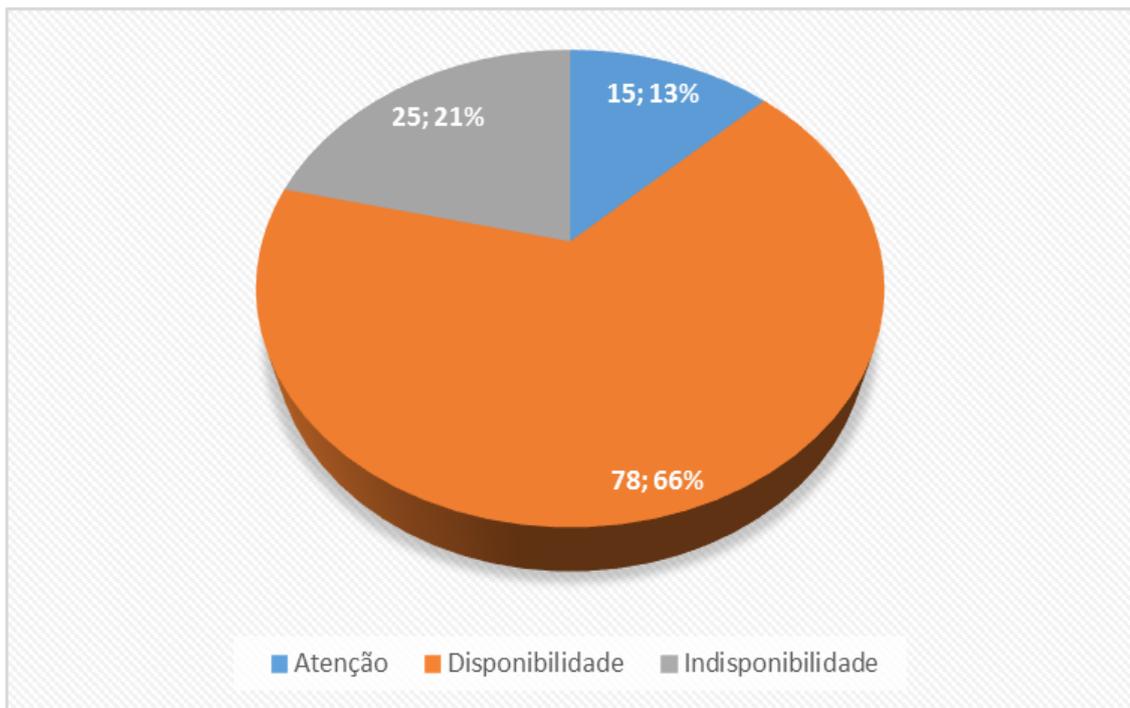
Até a data de coleta dos dados dos usuários de água na bacia hidrográfica do rio Suaçuí, existiam 118 usuários de água outorgados, ou seja, captando vazões de águas superficiais superiores a 1,0 l/s. Além disso, a CH DO4 possui ao todo 35.278 trechos de cursos d'água.

Segundo a metodologia aplicada neste trabalho, dos 118 usuários de águas superficiais na CH DO4, 25 fazem captação de água superficial em trecho classificado como “Indisponibilidade”, ou seja, a vazão de demanda outorgada (QDO) é superior à vazão mínima de referência, resultando num total de 759 trechos em situação de indisponibilidade, considerando que todos os trechos à montante da captação também são considerados na mesma situação.

Outros 15 usuários captam água em trechos classificados como “atenção”, resultando num total de 719 trechos em estado de atenção, ou seja, a QDO está entre 50 a 100% da vazão mínima de referência, sugerindo uma gestão mais cautelosa em relação à disponibilidade hídrica.

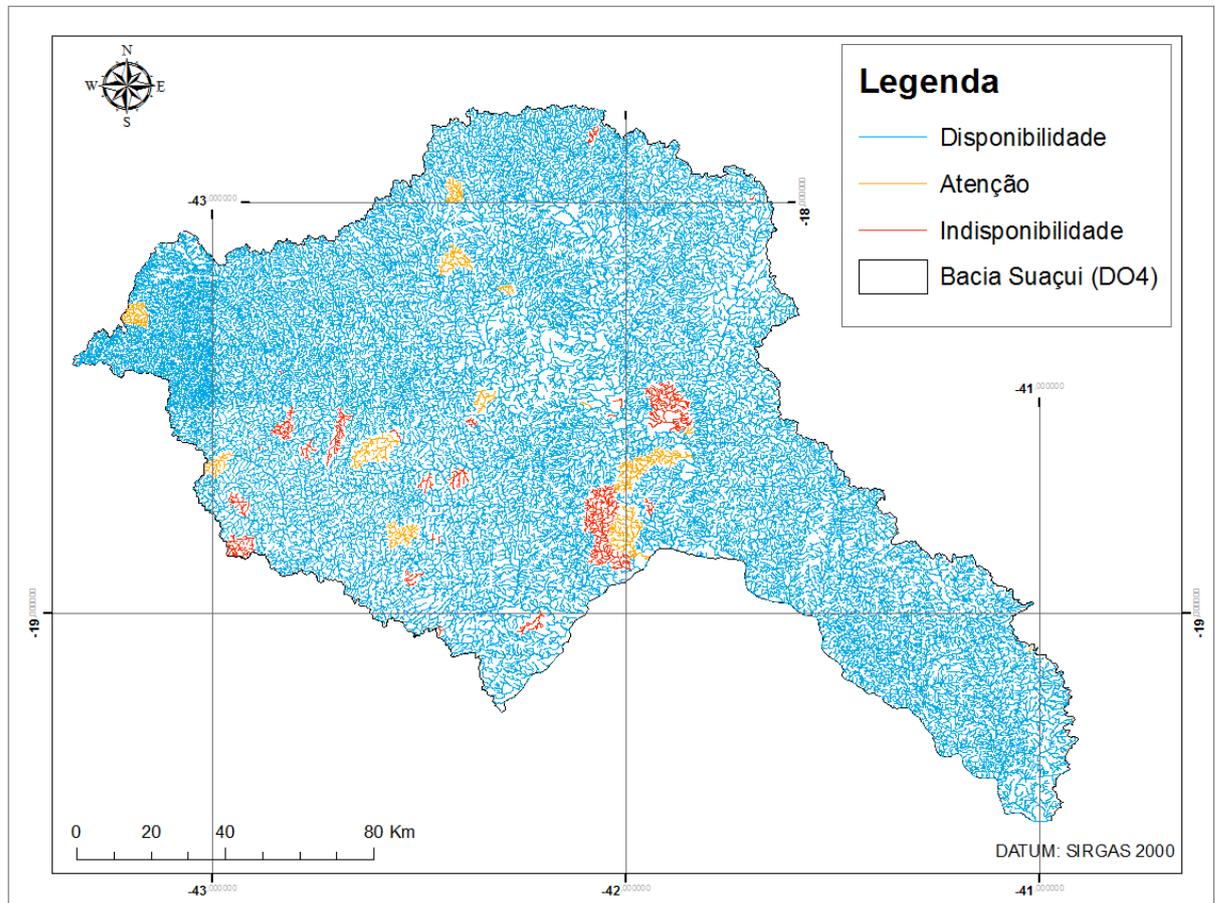
E 78 usuários captam água em trechos que foram classificados como “Disponibilidade”, ou seja, a (QDO) é inferior a 50% da vazão mínima de referência, conforme ilustra o Gráfico 3 e Figura 22. Assim, os 33.800 trechos restantes se encontram em situação de disponibilidade, considerando também aqueles que não apresentam demanda outorgada.

Gráfico 3 – Índice de disponibilidade hídrica, segundo usos outorgados (IDH\_QDO).



Fonte: Autor.

Figura 22 – Mapa com a classificação do índice de disponibilidade hídrica em trechos de cursos d’água com usuários outorgados (IDH\_QDO).



Fonte: Autor.

Observou-se, portanto, que os usos outorgados geram interferências significativas na disponibilidade hídrica dos respectivos trechos de cursos d’água, mesmo desconsiderados os usos insignificantes neles existentes. Destaca-se que dos 25 usos outorgados instalados em trecho classificado como “Indisponibilidade”, 10 (40%) tem como finalidade do uso a irrigação, 7 (28%) o abastecimento público, 5 (20%) aspersão de vias, 2 (8%) consumo industrial, 1 (4%) consumo humano.

#### 4.4 INTERFERÊNCIA DOS USOS INSIGNIFICANTES DE ÁGUA NA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DOS TRECHOS QUE POSSUEM USUÁRIOS OUTORGADOS

Para avaliar o impacto dos usos insignificantes cadastrados na bacia hidrográfica, nos trechos que possuem captações outorgadas, realizou-se a comparação dos trechos com status diferentes entre as colunas “IDH\_QDO” e “IDH\_QDT”, com o intuito de identificar trechos com outorgas que tiveram a disponibilidade hídrica alterada após a inserção das vazões de usos insignificantes (QDT).

A comparação não resultou em alterações, sendo então o IDH\_QDT igual ao IDH\_QDO para todos os trechos, ou seja, o IDH\_QDT ficou como “disponibilidade” em 78 (66%) dos usuários. Outros 15 (13%) usuários captam água em trechos classificados como “atenção”, resultando num total de 719 trechos em estado de “atenção”, e 25 (21%) fazem captação de água superficial em trecho classificado como “Indisponibilidade”, resultando num total de 759 trechos em situação de indisponibilidade, tal qual como ilustra as figuras 21 e 22 citadas no item anterior.

No entanto, 4 dos trechos nos quais houve a inserção de vazões de usos insignificantes, se encontravam com IDH\_QDO “indisponibilidade”, sendo evidente que, com o acréscimo das vazões retiradas, a situação da disponibilidade hídrica se agrava.

#### 4.5 DISPONIBILIDADE HÍDRICA EM TODOS OS TRECHOS DA BACIA HIDROGRÁFICA QUE POSSUEM USUÁRIOS INSIGNIFICANTES

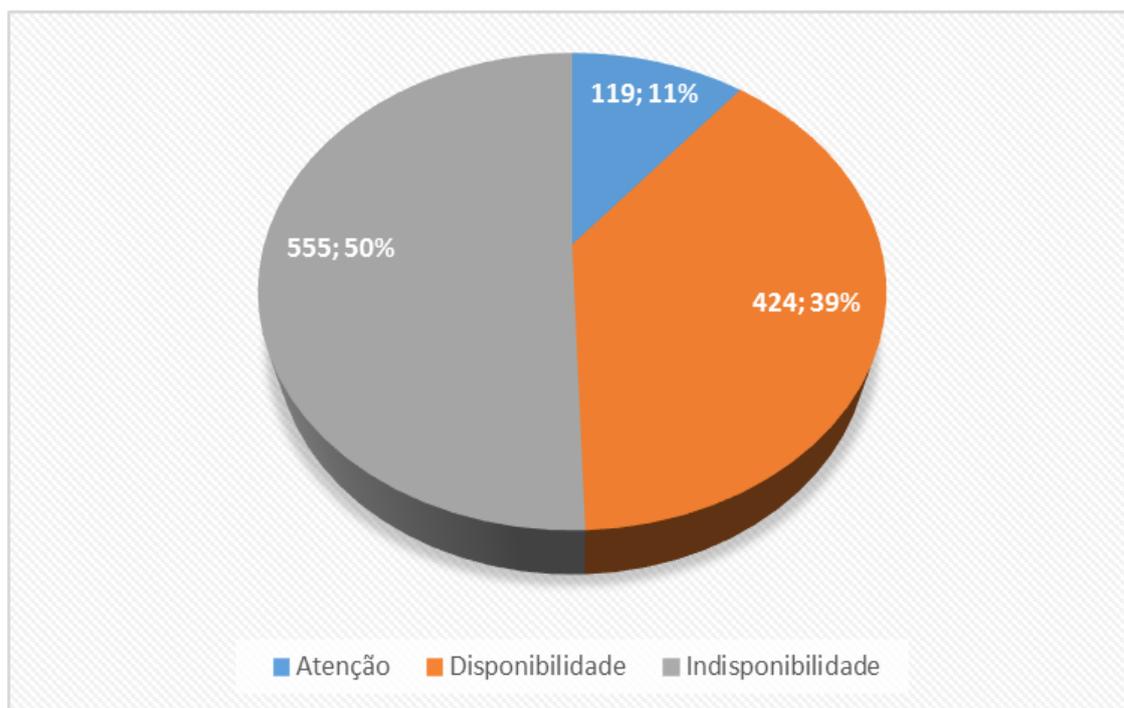
Nesta análise, a abordagem também foi realizada para toda a CH DO4, conforme o item 4.3. Os usuários insignificantes de água existentes na CH DO4, até a data de coleta dos dados, somavam 1098, captando vazões de águas superficiais iguais ou inferiores a 1,0 l/s.

Segundo a metodologia aplicada neste trabalho, dos 1098 usuários de águas superficiais na CH DO4, 555 fazem captação de água superficial em trecho classificado como “Indisponibilidade”, ou seja, a vazão de demanda total de usos insignificantes (QDTUI) é superior à vazão mínima de referência do trecho, resultando num total de 776 trechos em situação de indisponibilidade, considerando que todos os trechos à montante da captação também são considerados na mesma situação.

Outros 119 usuários captam água em trechos classificados como “atenção”, resultando num total de 467 trechos em estado de atenção, ou seja, a QDUI está entre 50 a 100% da vazão mínima de referência, sugerindo uma gestão mais cautelosa em relação à disponibilidade hídrica. Nesses casos, verificou-se que a inserção de um ou mais usuários no trecho, pode leva-lo à situação de indisponibilidade.

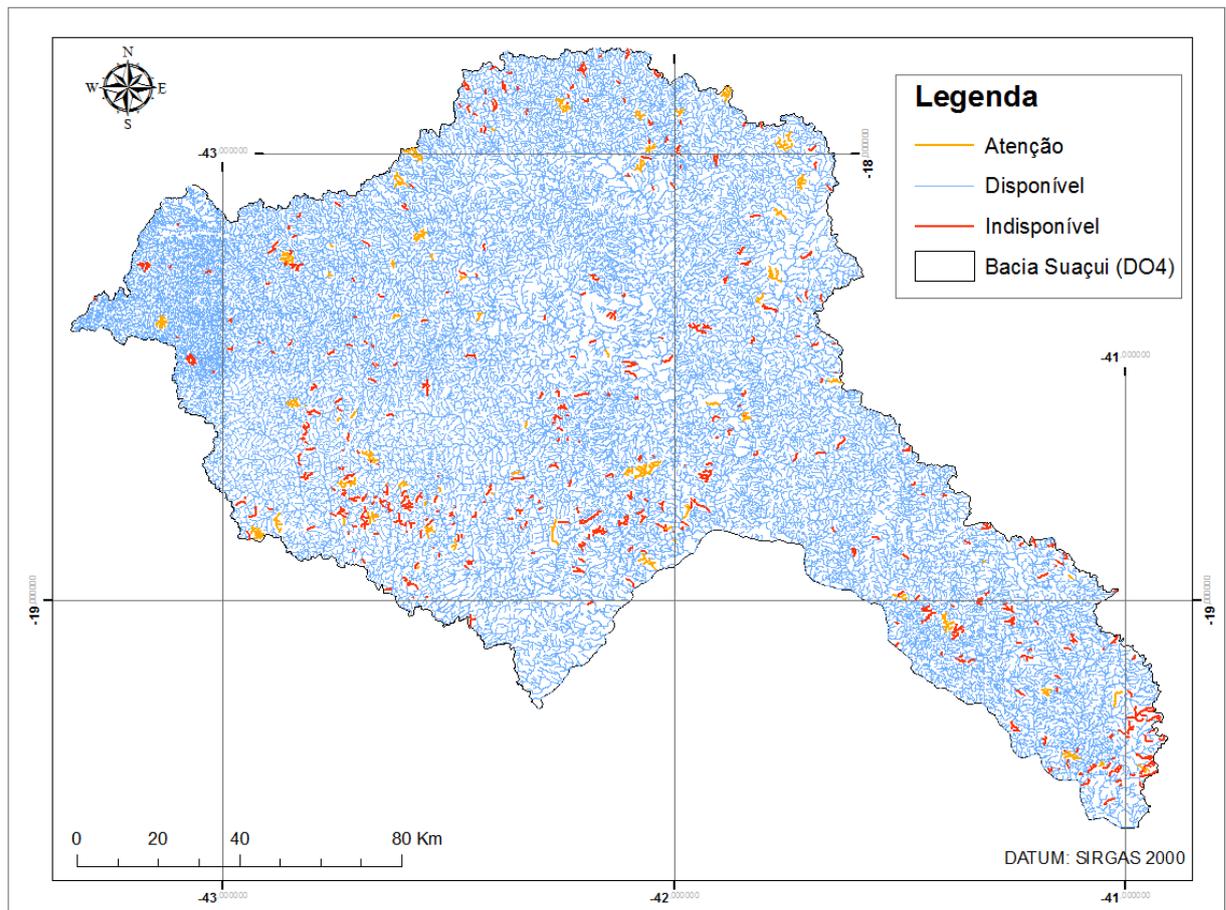
E 424 usuários captam água em trechos que foram classificados como “Disponibilidade”, ou seja, a (QDTUI) é inferior a 50% da vazão mínima de referência, conforme ilustra o Gráfico 4 e Figura 23. Assim, os 34.604 trechos restantes se encontram em situação de disponibilidade, considerando também aqueles que não apresentam demanda de usos insignificantes.

Gráfico 4 – Índice de disponibilidade hídrica, segundo usos insignificantes (IDH\_QDTUI).



Fonte: Autor:

Figura 23 – Mapa com a classificação do índice de disponibilidade hídrica nos trechos de cursos d'água com usuários insignificantes (IDH\_QDTUI).



Fonte: Autor.

A bacia hidrográfica do rio Suaçuí é composta de 35.278 trechos de cursos d'água, os quais são identificados com um ottocódigo na base de dados obtida. Destes, 1199 apresentam demanda pelo uso de recursos hídricos (outorgas e usos insignificantes de água).

Apesar de os resultados apontarem uma situação de disponibilidade hídrica confortável, quando analisada a nível de bacia, as análises realizadas considerando cada trecho de curso d'água que apresenta demanda pelo uso da água, seja outorgado ou cadastrado como uso insignificante, revelaram um cenário de relativa indisponibilidade, principalmente considerando os usos insignificantes, quando esta situação foi majoritária.

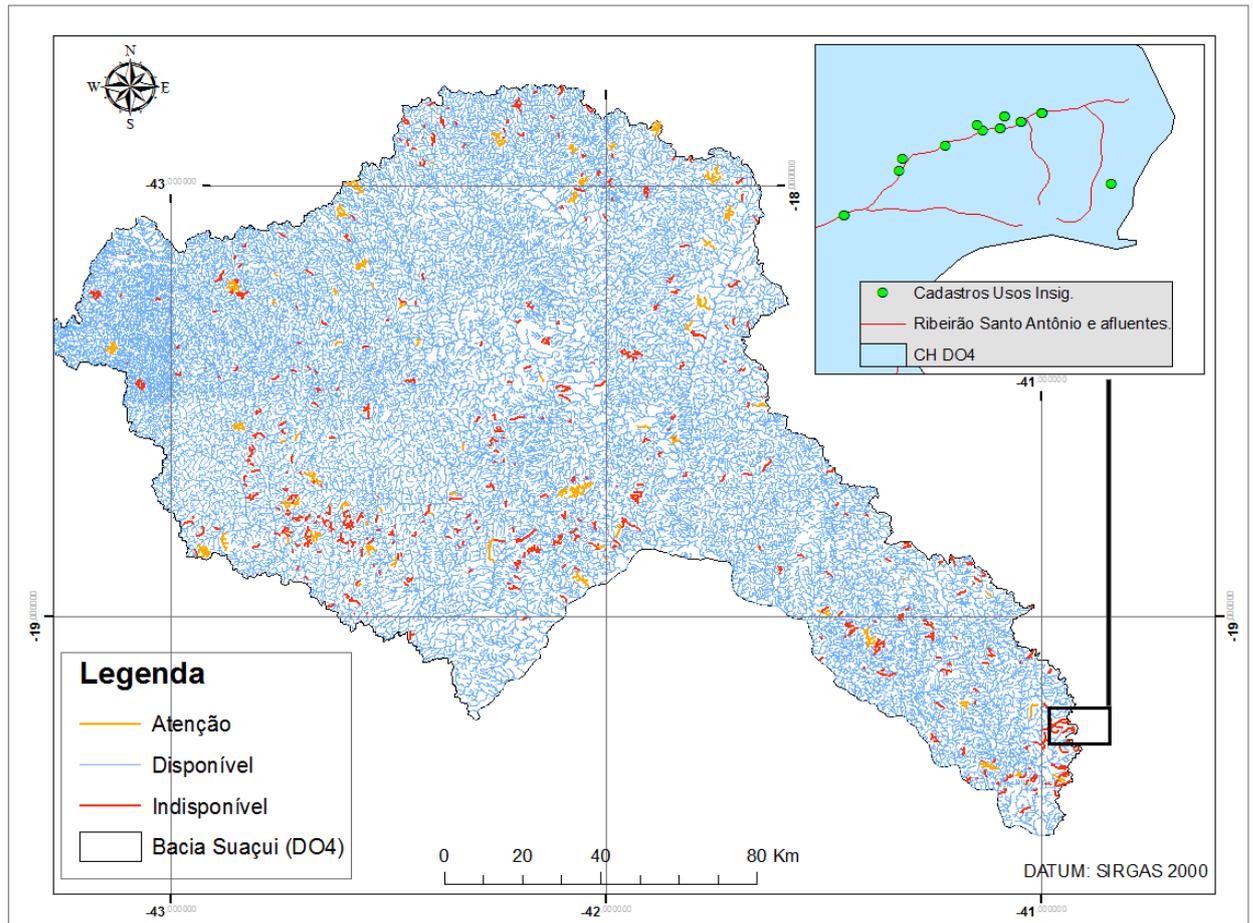
Observou-se, de acordo com os resultados encontrados, que grande parte dos trechos com demandas de usos insignificantes em situação de “Indisponibilidade” se encontram em trechos de pequena extensão e em cabeceiras de bacia. Estes trechos normalmente apresentam baixas vazões e, conseqüentemente, as vazões mínimas de referência ainda mais reduzidas, afetando drasticamente a disponibilidade hídrica dos mesmos. Além disso, as captações

insignificantes existentes nestes trechos tem como finalidade de uso para irrigação, consumo humano e dessedentação de animais, que juntos representam 79% dos usuários.

Ainda, foi observado que a presença de duas ou mais captações consideradas insignificantes em um trecho, ou em trechos consecutivos, também representa boa parte dos trechos em situação de indisponibilidade. Como exemplo, temos o Ribeirão Santo Antônio, localizado na zona rural do município de Itueta-MG, no qual existem 11 captações inferiores a 1,0 l/s (Figura 24), mas que ao todo somam a vazão de 0,0088 m<sup>3</sup>/s (8,8 l/s), ao passo que a vazão mínima de referência no trecho da captação mais a jusante é de 0,0014 m<sup>3</sup>/s (1,4 l/s), portanto, mais de 6 vezes menor que vazão captada.

Esta análise também tem os mesmos efeitos considerando o cálculo da vazão mínima de referência (50% Q<sub>7,10</sub>) segundo a metodologia de Souza (1993), que resulta em 0,0006 m<sup>3</sup>/s (0,6 l/s), persistindo em situação de “Indisponibilidade”, em um cenário ainda pior. Este resultado, inclusive, corrobora com a comparação realizada anteriormente no item 4.3, endossando a aplicabilidade da metodologia de IGAM (2012), considerando se tratar de um trecho cuja bacia de contribuição é pequena, 6,75 km<sup>2</sup>, ocasiões em que o método é mais susceptível a falhas.

Figura 24 – Zoom esquemático no Ribeirão Santo Antônio, evidenciando os usos insignificantes existentes.



Fonte: Autor.

Os resultados apontam que os usos insignificantes existentes na CH DO4 são capazes de gerar interferências negativas na disponibilidade hídrica de sub-bacias, principalmente as localizadas em regiões de cabeceira, mais à montante. Provam, ainda, que um conjunto de usos insignificantes em determinados trechos podem diminuir substancialmente a disponibilidade hídrica, fator que pode desencadear impactos significativos nos recursos hídricos, principalmente no que se refere à manutenção das vazões mínimas ou ecológicas, necessárias à garantia da manutenção dos ecossistemas aquáticos.

Portanto, fica evidente que a forma como são concedidos os cadastros de usos insignificantes deve ser revista, tomando como base a disponibilidade hídrica do trecho a ser demandado, e não apenas limitado por uma vazão máxima genérica. Nesta hipótese, provavelmente, em alguns casos, não haverá disponibilidade hídrica para todos os usos pretendidos, uma vez que poderá ser menor que a demanda dos usuários.

Alternativas podem ser adotadas, neste caso, como a construção de pequenos barramentos em curso de água com regularização de vazão. Ribeiro *et al.* (2018) analisaram

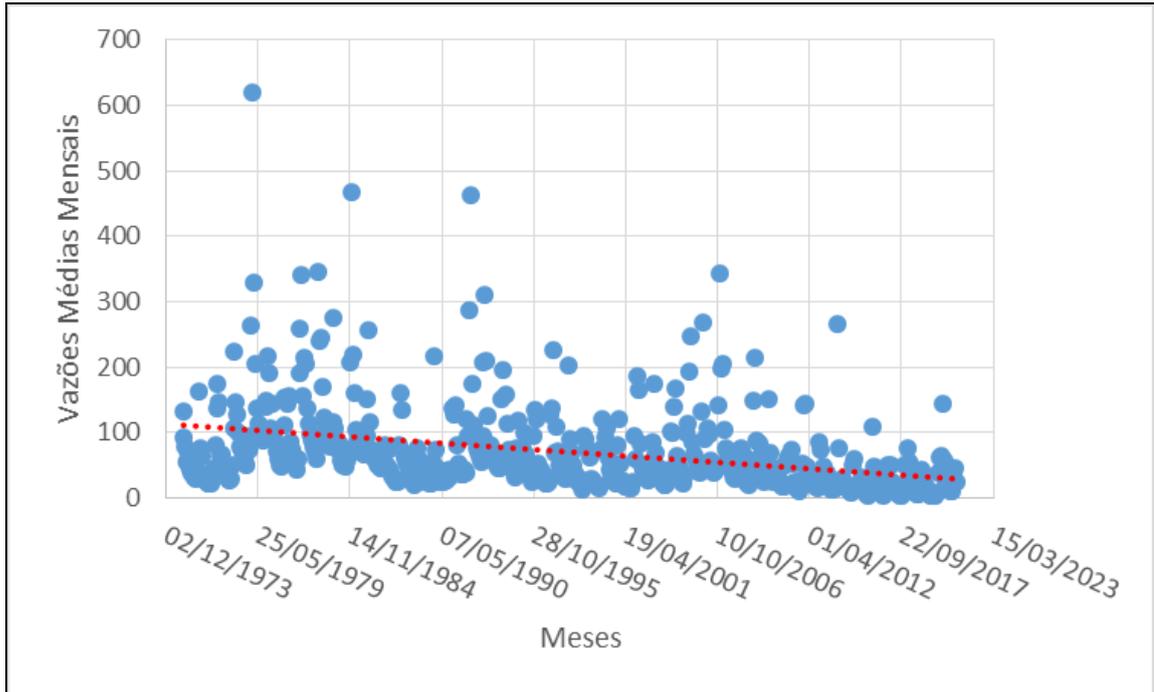
as variações na disponibilidade hídrica ocasionadas pela consideração da vazão permissível para outorga para condições de regularização em relação ao critério a fio d'água, sendo para isso apresentado um estudo de caso para a bacia do Paracatu. Para isso, foi estimada, para cada trecho da hidrografia, a relação  $Q_{mld}/Q_{7,10}$  e a diferença percentual entre os critérios utilizados no estado para concessão de outorga com e sem a presença de estruturas de regularização. Os valores obtidos para a relação  $Q_{mld}/Q_{7,10}$  variaram de 3,7 a 10,0, e o incremento de disponibilidade de 531 a 1795%, resultado que reforça a potencialidade dos reservatórios no aproveitamento do uso da água. Outra alternativa é a oferta de águas subterrâneas, em poços manuais (cisternas) e poços tubulares.

Contudo, é sabido que a bacia hidrográfica do rio Suaçuí Grande tem sido castigada pelos efeitos da seca, nos períodos de estiagem, chegando a ter vazões diárias de 7 dias consecutivos observadas na estação fluviométrica “Vila Matias Montante” inferiores a 50% da  $Q_{7,10}$ , conforme declarações de situação crítica de escassez hídrica, pelo IGAM, nos últimos anos, conforme Portarias IGAM n° 36/2015, 38/2017, 23/2018, 25/2019 e, a mais recente, Portaria IGAM n° 43, de 11 de junho de 2021.

Consoante a isso, a análise dos dados das séries históricas das estações fluviométricas “Vila Matias Montante” (56891900) e “São Pedro do Suaçuí”, localizadas no rio Suaçuí Grande, da estação “Campanário” (56851000), localizada no rio Itambacuri, e da estação “Fazenda Corrente” (56845000), localizada no rio Corrente Grande, permitem afirmar que as vazões médias mensais tem tendência de queda, conforme ilustram os gráficos 5, 6, 7 e 8 respectivamente.

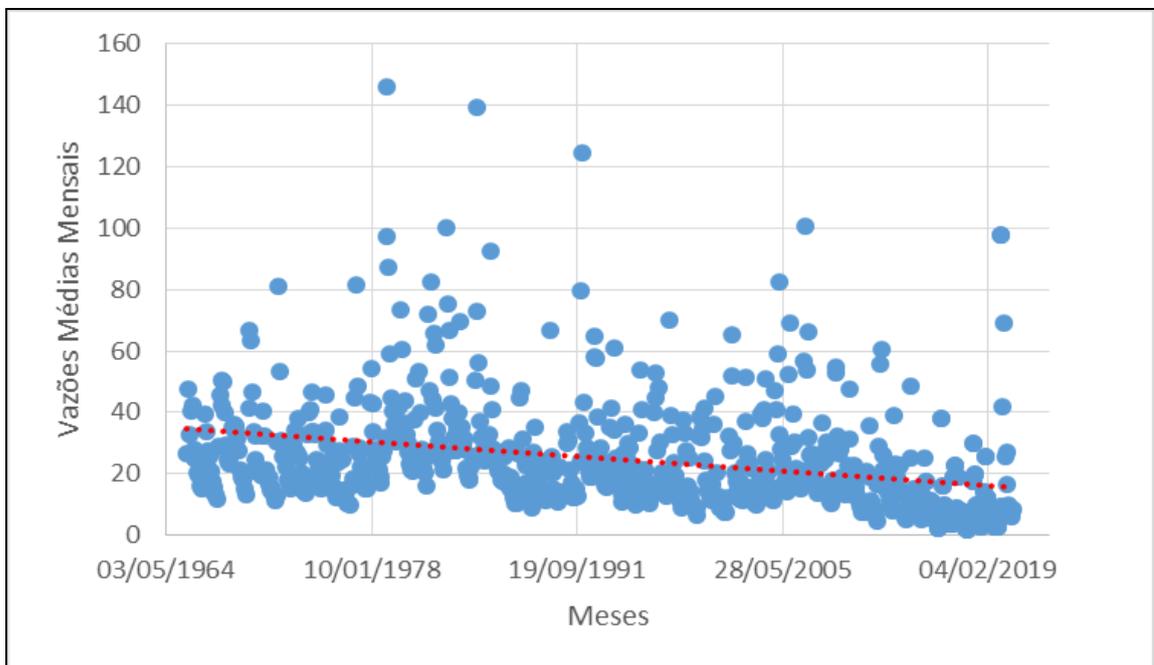
A diminuição das vazões médias na circunscrição hidrográfica do rio Suaçuí também é fator que contribui para o comprometimento da disponibilidade hídrica desta porção hidrográfica. Esse fenômeno pode estar relacionado às mudanças climáticas e seus efeitos no regime de chuvas, assim como também pode haver influência dos usos consuntivos na bacia hidrográfica.

Gráfico 5 – Dispersão das vazões médias mensais do rio Suaçuí Grande, na estação “Vila Matias Montante”, e linha de tendência.



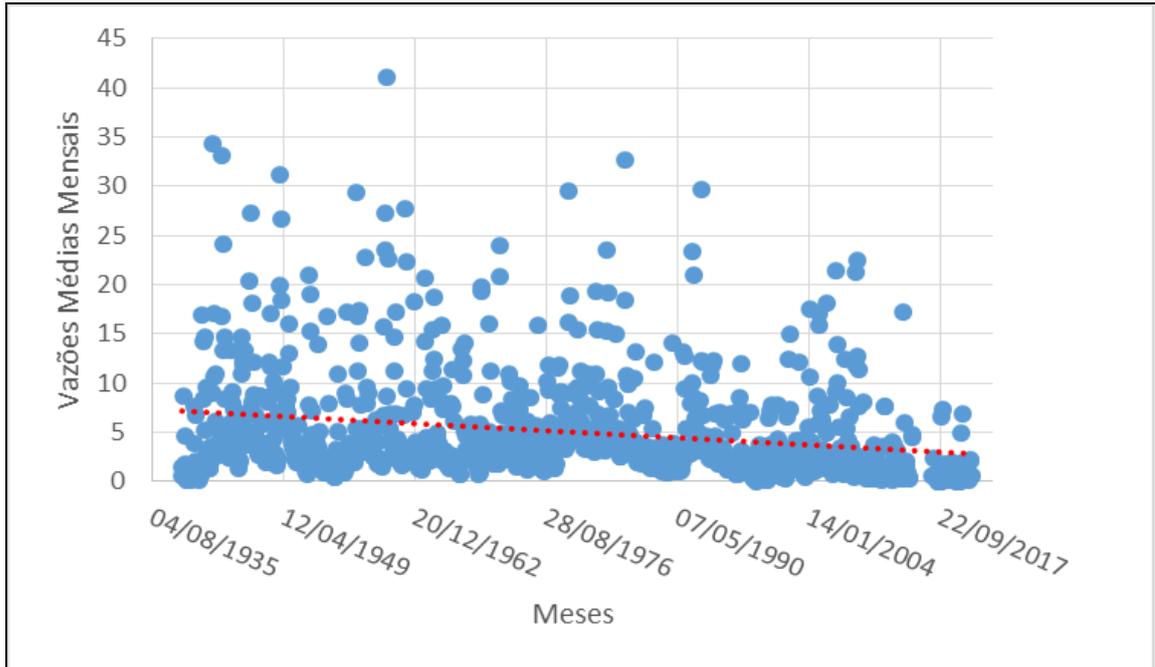
Fonte: Hidroweb.

Gráfico 6 – Dispersão das vazões médias mensais do rio Suaçuí Grande, na estação “São Pedro do Suaçuí”, e linha de tendência.



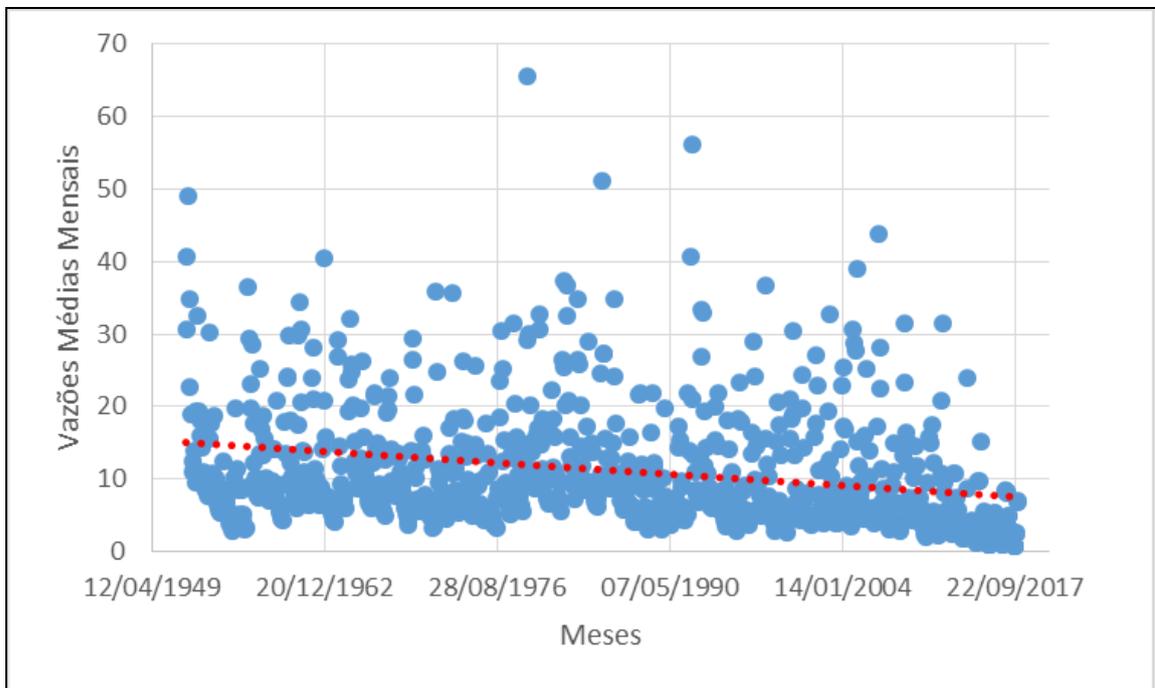
Fonte: Hidroweb.

Gráfico 7 – Dispersão das vazões médias mensais do rio Itambacuri, na estação “Campanário”, e linha de tendência.



Fonte: Hidroweb.

Gráfico 8 – Dispersão das vazões médias mensais do rio Corrente Grande, na estação “Fazenda Corrente”, e linha de tendência.



Fonte: Hidroweb.

## 5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O diagnóstico da disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do rio Suaçuí (CH DO4) permite, além de identificar a interferência dos usos insignificantes de água, principal objetivo desta pesquisa, fornecer subsídios para a gestão integrada dos aspectos quantitativos dos recursos hídricos, em nível de bacia hidrográfica, ao ser realizada a estimativa da disponibilidade hídrica e identificação dos trechos dos cursos d'água comprometidos e em situação de indisponibilidade.

As análises realizadas nas bacias à montante das estações fluviométricas estudadas, revelaram que as vazões captadas nas respectivas bacias não produzem impactos capazes de comprometer a disponibilidade hídrica, considerando a disponibilidade total à montante das mesmas, exceto para a bacia à montante da estação “Fazenda Corrente”, cuja relação “demanda/disponibilidade” foi maior que 60%, em todos os métodos de cálculo, indicando certo grau de comprometimento da disponibilidade hídrica.

Quando feita a análise da disponibilidade hídrica por cada trecho de curso d'água da CH DO4, em relação às vazões outorgadas, foram identificados 759 trechos em situação de indisponibilidade hídrica, causados por 25 captações outorgadas, equivalente a 21% dos usos outorgados.

Seguindo a metodologia aplicada, ao considerar na análise anterior as vazões de usos insignificantes de água existentes em cada trecho em que já existe um uso outorgado, os resultados indicaram não haver interferência significativa dos usos insignificantes na disponibilidade hídrica de nenhum dos trechos analisados.

Apesar dos usos insignificantes não interferirem na disponibilidade hídrica dos trechos com volumes outorgados, naqueles em que se já encontravam em situação de indisponibilidade, a inserção de vazões de usos insignificantes pode agravar a situação da disponibilidade hídrica.

Ao analisar a situação da disponibilidade hídrica na CH DO4 em todos os trechos de cursos d'água com usos insignificantes cadastrados, foram identificados 776 trechos em situação de indisponibilidade hídrica, causados por 555 captações de usos insignificantes, o que corresponde a 50% dos usuários considerados insignificantes. Grande parte deste usos se

encontram em trechos de pequena extensão e em cabeceiras de bacia, os quais apresentam baixas vazões e, conseqüentemente, as vazões mínimas de referência ainda mais reduzidas, afetando drasticamente a disponibilidade hídrica dos mesmos.

A presença de duas ou mais captações consideradas insignificantes em um trecho, ou em trechos consecutivos, também representou boa parte dos trechos em situação de indisponibilidade hídrica. Desse modo, pode-se concluir que um conjunto de usos insignificantes em determinados trechos pode diminuir substancialmente a disponibilidade hídrica, fator que pode desencadear impactos significativos nos recursos hídricos, principalmente no que se refere à manutenção das vazões mínimas ou ecológicas, necessárias à garantia da manutenção dos ecossistemas aquáticos.

Além da demanda pela água na CH DO4, outro fator que contribui para o comprometimento da disponibilidade hídrica da porção hidrográfica é a tendência de queda das vazões médias mensais na bacia hidrográfica, conforme constatado através da análise de tendência dos dados medidos nas estações fluviométricas analisadas.

Portanto, diante dos resultados, conclui-se que os usos insignificantes de água são capazes de interferir sistematicamente na disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica, principalmente em Minas Gerais, considerando sua regulamentação atual para regularização destes usos.

Emerge a necessidade de atualização da política estadual de recursos hídricos de Minas Gerais, nesse sentido, visando a preservação do ecossistema aquático e uma alocação das águas mais realista. Para tanto, recomenda-se que eventual nova metodologia de emissão de cadastros de usos insignificantes no Estado de Minas Gerais tenha como referência a disponibilidade hídrica do trecho a ser demandado, seguindo os critérios da vazão de referência. Além disso, é fundamental que a regularização destes usos leve em consideração todos os usuários existentes no trecho, de forma a obter um balanço hídrico real.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **ATLAS BRASIL - Abastecimento Urbano de Água: Panorama Nacional**. Ministério do Meio Ambiente. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: Agência Nacional de Águas, 2010. 72 p Disponível em: <https://www.aris.sc.gov.br/uploads/revista/2735/YXwFOHqcDQSDQEA2bJfi2KfS2Pt-Binw.pdf> Acesso em: 10 de Ago de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**. 2017: relatório pleno. Agência Nacional de Águas, Brasília, 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**.-Brasília: ANA, 2019. 75 p. Disponível em: [http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana\\_manual\\_de\\_usos\\_consuntivos\\_da\\_agua\\_no\\_brasil.pdf](http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf) Acesso em: 10 de Ago de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Resolução nº 1.940, de 30 de outubro de 2017. Dispõe sobre critérios para definição de derivações, captações e lançamentos de efluentes insignificantes, bem como serviços e outras interferências em corpos d'água de domínio da União não sujeitos a outorga. Disponível em: [https://www.in.gov.br/materia/-/asset\\_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19396320/do1-2017-11-06-resolucao-n-1-940-de-30-de-outubro-de-2017-19396186](https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19396320/do1-2017-11-06-resolucao-n-1-940-de-30-de-outubro-de-2017-19396186). Acesso em 09/06/2020.

ALMEIDA, C. C. **Evolução histórica da proteção jurídica das águas no Brasil**. Teresina: Jus Navigandi, ano 7, n. 60, nov. 2002. Disponível em <<https://jus.com.br/artigos/3421/evolucao-historica-da-protECAo-juridica-das-aguas-no-brasil>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

ASSANI, A. A.; TARDIF, S.; BENSEGHIR, S.; CHALIFOUR, A.; MHAMED, M. **Développement d'une nouvelle méthode de régionalisation basée sur le concept de « régime des débits naturels » : la méthode éco-géographique**. Revue des Sciences de l'Eau, Québec, v. 19, n. 4, p. 365-380, 2006.

BORSOI, Z. M. F; TORRES, S. D. A. **A política de recursos hídricos no Brasil**. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, p. 143-166, 1997.

BRASIL, Constituição Política do Império do Brasil, elaborada por um Conselho de Estado e outorgada pelo Imperador D. Pedro I, em 25 de Março de 1824. Disponível em: Constituição Política do Império do Brasil, elaborada por um Conselho de Estado e outorgada pelo Imperador D. Pedro I, em 25.03.1824 Acesso em: 20 de Mar de 2019.

BRASIL, Código Penal. Decreto nº 847 de 11 de Outubro de 1890. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1851-1899/d847.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1851-1899/d847.htm) Acesso em 20 de Mar de 2019.

BRASIL, Código Civil. Decreto de Lei nº 3071 de 1º de Janeiro de 1916. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/13071.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/13071.htm) Acesso em 20 de Mar de 2019.

BRASIL, Código Penal. Decreto-Lei 2.848, de 7 de dezembro de 1940. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto-lei/De12848.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/De12848.htm)>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

BRASIL, Decreta o Código de Águas. Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/D24643.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/D24643.htm)>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

BRASIL, Lei da Política Nacional do Meio Ambiente, Lei nº 6.938 de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm)>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

BRASIL, Lei da Política Nacional dos Recursos Hídricos, Lei nº 9433 de 8 de Janeiro de 1997 Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm) Acesso em: 10 de Mar de 2019.

BRASIL, Resolução Conama nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente. Disponível em <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 31 de janeiro de 2021.

Cadastro de Uso Insignificante. IGAM, 2020. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/cadastro-de-uso-insignificante-de-recurso-hidrico>. Acesso em: 20 de jun. de 2020.

CAMPOS, N. **Gestão de Águas: princípios e práticas**. Associação Brasileira de Recursos Hídricos: Fortaleza, 2001

CARDOSO DA SILVA, L. M.; MONTEIRO, R. A. **Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: uma das possíveis abordagens**. Gestão de Águas Doces/Carlos José Saldanha Machado (Organizador). Capítulo V, p. 135-178. Rio de Janeiro: Interciência. 2004.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, J. R. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edufba, 2002. 120 p.

CASTRO, M. M. *et al.* **Análise da disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Piracicaba - MG.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e42610313552, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13552. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13552>. Acesso em: 1 abr. 2021.

CEARÁ. Decreto N° 23.067, de 11 de fevereiro de 1994. **Regulamenta o artigo 4° da Lei n° 11. 996**, de 24 de julho de 1992, na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos, cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e dá outras providências. Regulamenta o artigo 4° da Lei n° 11. 996, de 24 de julho de 1992, na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos, cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e dá outras providências.

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos. (2001). **Resolução n° 16. Estabelece critérios gerais para a outorga de direito de uso dos recursos hídricos.** Brasília: MMA.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – CERH. **Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos - MG n° 09**, de 16 de junho de 2004. Minas Gerais. Define os usos insignificantes para as circunscrições hidrográficas no Estado de Minas Gerais.

CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS DE SERGIPE – CONERH/SE. Resolução n° 01/2001 de 19 de abril de 2001. Dispõe sobre critérios para a outorga de uso de recursos hídricos.

CONSÓRCIO ECOPLAN – LUME. **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão.** 2010. DO2, 97 p.

COSTA, J. V. M.; TYBUSCH, J. S. 2015. **Uma abordagem crítica sobre a outorga dos direitos de uso dos recursos hídricos no Brasil.** In: Fadisma, Santa Maria. Anais... Santa Maria. Disponível em: <<http://sites.fadisma.com.br/entrementes/anais/wp-content/uploads/2015/08/uma-abordagem-critica-sobre-a-outorga-dos-direitos-de-uso-dos-recursos-hidricos-no-brasil.pdf>>. Acesso em: 02 jul. 2020.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação dos aspectos técnicos e conceituais.** Porto Alegre: UFRGS. 2001. 199p. Tese Doutorado

DARONCO, G. C. **Evolução histórica da legislação brasileira no tratamento dos recursos hídricos: das primeiras legislações até a Constituição Federal de 1988.** Porto Alegre: [s.n.], 2013. Disponível em <[https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/2138e9424748a787dc20c5aec625a25c\\_49028a51492e0183072f8d38ac42dbc6.pdf](https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/155/2138e9424748a787dc20c5aec625a25c_49028a51492e0183072f8d38ac42dbc6.pdf)>. Acesso em: 31 de julho de 2018.

DUARTE, V. A. & MIOLA, D. T. B. (2016). **Análise de disponibilidade hídrica na microbacia do Ribeirão Paciência: relação entre a oferta e o volume de água outorgado em Pará de Minas.** Revista Digital FAPAM. 7 (7), 32-54.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; RUBERT, O. A. SANTOS, R. M. **Regionalização Hidrológica na Bacia do Alto São Francisco a Montante da Barragem de Três Marias, Minas Gerais.** Revista Brasileira de Recurso Hídrico. Porto Alegre, n.6, p.81-105, abr./jun., 2001.

FAO. **Producción de alimentos: función decisiva del agua.** [www.fao.org/wsf/final/volume2/t07sum-s.htm](http://www.fao.org/wsf/final/volume2/t07sum-s.htm). 1996.

FARIA, L.V; BRITO, G. C. B.; CAGNA, C. E.; LEÃO, G. O. **Metodologia do Zoneamento Ambiental Produtivo – ZAP de sub-bacias hidrográfica.** Ed 2ª, Belo Horizonte - MG, 2016.

FIGUEIREDO, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. **Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil.** Ambi-Água, Taubaté, v. 3, n. 2, p. 62-76, 2008.

GARBOSSA, L. H. P.; PINHEIRO, A. **Vazões de referência para gestão de bacias hidrográficas rurais e urbanas sem monitoramento.** REGA: Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 12, n. 1, p. 43-52, 2015.

HARRIS, N. M.; GURNELL, A. M.; HANNAH, D. M.; PETTS, G. E. **Classification of river regimes: a context for hydroecology.** In: John Wiley & Sons: Hydrological Processes. v. 14. p. 2831-2848, 2000.

HODGSON, S. **Modern water rights: theory and practice.** Food & Agriculture Org., 2006.

HRACHOWITZ, M.; SAVENIJE, H.H.G.; BLÖSCHL, G.; MCDONNELL, J.J.; SIVAPALAN, M.; POMEROY, J.W.; ARHEIMER, B.; BLUME, T.; CLARK, M.P.; EHRET, U.; FENICIA, F.; FREER, J.E.; GELFAN, A.; GUPTA, H.V.; HUGHES, D.A.; HUT, R.W.; MONTANARI, A.; PANDE, S.; TETZLAFF, D.; TROCH, P.A.; UHLENBROOK, S.; WAGENER, T.; WINSEMIUS, H.C.; WOODS, R.A.; ZEHE, E.; CUDENNEC, C. **A decade of Predictions in Ungauged Basins– a review.** Hydrological Sciences Journal, v. 58, n. 6, p. 1198-1255, 2013.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Manual Técnico e Administrativo de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Igam, 2010. 113 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. **Estudo de Regionalização de Vazão para o Aprimoramento do Processo de Outorga no Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Igam, 2012. 417 p.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, Portaria nº 36 de 03 de Dezembro de 2015, Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção hidrográfica localizada a montante da estação Vila Matias e a sua bacia de contribuição. Disponível em:

<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=39536> Acesso em: 21 de Abr de 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, Portaria nº 38 de 25 de Julho de 2017, Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção hidrográfica localizada a montante da estação Vila Matias e a sua bacia de contribuição. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=44790> Acesso em: 21 de Abr de 2019.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, Portaria nº 43 de 11 de Junho de 2021, Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção hidrográfica localizada a montante da estação São Pedro do Suaçuí e a sua bacia de contribuição. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=53947> Acesso em: 21 de Jun de 2021.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, Portaria nº 23 de 13 de agosto de 2018, Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção hidrográfica localizada a montante da estação Vila Matias e a sua bacia de contribuição. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=46430> Acesso em 31 de Mar de 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, Portaria nº 48 de 04 de Outubro de 2019, Estabelece normas suplementares para a regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719> Acesso em: 31 de Mar de 2020.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS, Portaria nº 57 de 04 de outubro de 2017, Declara Situação Crítica de Escassez Hídrica Superficial na porção hidrográfica localizada a montante da estação Vila Matias e a sua bacia de contribuição. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=45321> Acesso em: 31 de Mar de 2020.

KAUNE, A., LÓPEZ LÓPEZ, P., GEVAERT, A., VELDKAMP, T., WERNER, M. E DE FRAITURE, C. **The Benefit of Using an Ensemble of Global Hydrological Models in Surface Water Availability for Irrigation Area Planning**. Water Resour Manage 34, 2221–2240 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02544-1>

KRAMER, K. (1998). **The challenge of protecting instream flows in Texas: closing the barn door after the horse has left?** 25th Water for Texas Conference: Water planning strategies for Senate Bill 1. Dec, 1-2; 1998, Austin, Texas. Disponível on-line em <http://twri.tamu.edu/~twricconf/w4tx98/papers/kramer.html>

LANNA, A. E. L; BENETTI, A. D.; COBALCHINI, M. S. **Metodologias para Determinação de vazões ecológicas em rios**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n.2, p. 149-160. abr./jun. 2003.

LANNA, A. E. L.; RIBEIRO, M. M. R. **A outorga integrada das vazões de captação e diluição.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n.3, p. 151-168. jul./set. 2003.

LEVY, B. S.; SIDEL, V. W. **Water rights and water fights: preventing and resolving conflicts before they boil over.** 2011. Am J Public Health. 2011 May; 101(5): 778–780. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3076402/> Acesso em 31 de Mar de 2020.

MAIA, J. L.; MAUAD, F. F.; BARBOSA, A. A. **Estabelecimento de vazões de outorga na bacia hidrográfica do alto Sapucaí, com a utilização de sazonalidade.** Anais.. João Pessoa: ABRH, 2004.

MARCOLINI, F. C. P. **A influência das captações de águas superficiais consideradas insignificantes na vazão do Ribeirão Água Fria, Palmas - TO.** 2016. 100f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2016.

MASAFU C. K.; TRIGG M. A.; CARTER R.; HOWDEN N. J. K. (2016) **Water availability and agricultural demand: an assessment framework using global datasets in a data scarce catchment, Rokel-Seli River, Sierra Leone.** J Hydrol Reg Stud 8:222–234. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2016.10.001>

CASTRO, M. M. de; MAIA, J. L. .; SILVA, J. P. O. .; VIEIRA, E. M. . **Análise da disponibilidade hídrica superficial na bacia hidrográfica do rio Piracicaba - MG.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 10, n. 3, p. e42610313552, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i3.13552. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/13552>. Acesso em: 22 mai. 2020.

MATOS, F.; DIAS, R. **Governança da água e a gestão dos recursos hídricos: a formação de comitês de bacia no Brasil.** [s.l.]: Delos, Revista Desarrollo Local Sostenible, vol. 6, nº 17, Junho 2013. Disponível em <<http://www.eumed.net/rev/delos/17/governabilidade.pdf>>. Acesso em: 31 de julho de 2018.

MEDEIROS, M. J. **Avaliação da vazão referencial como critério de outorga dos direitos de usos das águas na bacia do Paraopeba.** 2000. 176 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2000.

MENDES, L. A. **Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência / L.A. Mendes.** - ed.rev. - São Paulo, 2007. 187 p.

MINAS GERAIS, Política Estadual De Recursos Hídricos e dá outras providências, Lei 13999 de 29 de Janeiro de 1999. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?num=13199&ano=1999&tipo=LEI> Acesso em: 31 de Mar de 2020.

MOREIRA, G. de B.; ANDRADE, C. B. S. de; GONÇALVES, J. A. C. **A fiscalização do uso outorgado dos recursos hídricos de bacia declarada em situação crítica de escassez hídrica: estudo de caso na bacia Rio Suaçuí - MG.** Research, Society and Development, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e81973729, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.3729. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3729>. Acesso em: 20 mar. 2021.

MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. da.; PRUSKI, F. F.; LARA, M. S. **Índices para Identificação de Conflitos pelo Uso da Água: Proposição Metodológica e Estudo de Caso.** Artigo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.7.n.3.Jul/set,2012. Porto Alegre: RBRH,2012.

OBREGON, E.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A.(1999). **Regionalização de vazões com base em séries estendidas: bacias afluentes à lagoa Mirim, RS.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Belo Horizonte-MG, v. 4, n. 1, 1999, p. 57-75.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE *et al.* **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000-2017: special focus on inequalities.** World Health Organization, 2019. Disponível em: [https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2019/06/JMP-2019-FINAL-high-res\\_compressed.pdf](https://data.unicef.org/wp-content/uploads/2019/06/JMP-2019-FINAL-high-res_compressed.pdf). Acesso em: 10 de out de 2020.

PARAÍBA, Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997. Regulamenta a Outorga do Direito de Uso dos Recursos Hídricos.

PEREIRA, E. M. **Análise De Conflitos Pelo Uso Da Água Relacionados À Oferta E À Demanda: Bacia Do Rio Piracicaba – MG.** Belo Horizonte: UFMG, 2012.

PARAJKA, J.; MERZ, R.; BLÖSCHL, G. **A comparison of regionalisation methods for catchment model parameters.** Hydrology and Earth System Sciences Discussions, v.2, p. 509-542, 2005.

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

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. **Gestão de bacias hidrográficas.** Estudos Avançados, São Paulo, v.22, n.63, p.43-60, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 28 jun. 2020.

RIBEIRO, M. M. R. **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso.** 2000. 200 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e 55 Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre, 2000.

RIBEIRO, R. B.; PRUSKI, F. F.; RAMOS, M. C. A.. **Disponibilidade hídrica em condições de regularização de vazão.** Sustentare, v.2, n.2, 2018. Disponível em :< <http://periodicos.unincor.br/index.php/sustentare/article/view/5117>>. Acesso em 01/07/2021.

ROSENZWEIG, C.; MEHROTRA, S.; SOLECKI, W. D. Climate change and cities: First assessment report of the urban climate change research network. Cambridge University Press, 2011. 312p.

SALIS H. C. **Diagnóstico da disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Manso-MG**. Caminhos de Geografia, [S.l.], v. 18, n. 64, p. 91-102, ISSN 1678-6343. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40914>>. Acesso em: 01 abr. 2021.

SANTA CATARINA. Regionalização de vazões das bacias hidrográficas estaduais do estado de Santa Catarina, volume 1 – texto. 2006. Disponível em <http://www.aguas.sc.gov.br/>. Acesso em 20 de março de 2021.

SÃO PAULO. Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Portaria DAEE n° 1.631, de 30 de maio de 2017. 2017. Diário Oficial [do] Estado de São Paulo.

SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – SEMA. Resolução 039/2004 da Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2004.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – SEMAD. Fiscalização Ambiental 2019 - Relatório de Atividades. 2019. Página Inicial. Disponível em [http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/FISCALIZACAO/Relat%C3%B3rio\\_de\\_Atividades\\_-\\_Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o\\_Ambiental\\_2019\\_V04\\_Final.pdf](http://www.meioambiente.mg.gov.br/images/stories/2021/FISCALIZACAO/Relat%C3%B3rio_de_Atividades_-_Fiscaliza%C3%A7%C3%A3o_Ambiental_2019_V04_Final.pdf). Acesso em 20 jun. de 2020.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. **Introdução ao Gerenciamento de Recursos Hídricos**. Brasília, 2001. 226p. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Introducao\\_Gerenciamento.pdf](https://www2.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/Introducao_Gerenciamento.pdf). Acesso em: 01 jul. 2020.

SILVA, B. M. B.; SILVA, D. D.; MOREIRA, M. C. **Índices para a Gestão e Planejamento de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraopeba, Estado de Minas Gerais**. Revista Ambiente e Água, Taubaté, v. 0, n. 03, p. 687, Jul./Set. 2015. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v10n3/1980-993X-ambiagua-10-03-00685.pdf>> Acesso em 01 abr.2021

SILVA, L. M. C.; MONTEIRO, R. A. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos: uma das possíveis abordagens. Gestão de águas doces: usos múltiplos, políticas públicas e exercício da cidadania no Brasil**. Interciencia, Rio de Janeiro, p. 140-179, 2003.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M. **Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 97-110, 1998.

SOARES, P. A. *et al.*. **Estimativa da disponibilidade hídrica em pequenas bacias hidrográficas com escassez de dados fluviométricos**. Revista de estudos ambientais, v. 12, p. 29-38, 2010.

SOUSA, H. T.. **Sistema computacional para regionalização de vazões**. 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

SOUZA, S.M.T. **Deflúvios superficiais no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: Hidrossistemas**. 1993. 264p.

SOUZA, J. F. **Sistema de informações para apoio ao planejamento e gestão de recursos hídricos**. 2011. 88 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2011.

STINGHEN, C. M.; MANNICH, M. **Diagnóstico de outorgas de captação e lançamento de efluentes no Paraná e impactos dos usos insignificantes**. Revista de Gestão de Água da América Latina, v. 16, e10, 2019. <https://dx.doi.org/10.21168/reg.v16e10>.

SUGAI, M. R. V. B.; FILL, H. D.; GOMES, J. A. **A importância do monitoramento na gestão de recursos hídricos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, 1998, Gramado. Anais... Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998.

SUPERINTENDÊNCIA DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DA BAHIA – SRH. Instrução Normativa nº 01, de 27 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a emissão de outorga de direito de uso dos recursos hídricos de domínio do Estado da Bahia, assim como a sua renovação, ampliação, alteração, transferência, revisão, suspensão e extinção, e dá outras providências.

TIBEBE, M.; MELESSE, A. M.; ZEMADIM, B. **Runoff Estimation and Water Demand Analysis for Holetta River, Awash Subbasin, Ethiopia Using SWAT and CropWat Models**. Landscape Dynamics, Soils and Hydrological Processes in Varied Climates, 113–140. 2015. doi:10.1007/978-3-319-18787-7\_7

TUCCI, C.E.M. **Regionalização de vazões**. In: TUCCI, C. E. M. (organizador). Hidrologia: ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 2000. 573-611 p

TUNDISI, J. G. **Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado**. Ciênc Cult (São Paulo) 2003.

TUNDISI, J. G. **Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos**. Revista USP, São Paulo, n. 70, p. 24-35, jun./ago. 2006. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13529/15347>. Acesso em: 01 jul. 2020.

VILAR, P. C. **Governança da Água na América Latina. Material didático do curso à distância Governança da Água na América Latina.** Fundação Parque Tecnológico Itaipu - Brasil, FPTI-BR, Brasil.2014.

VOLSCHAN JUNIOR, I., 2011: **Vulnerabilidades sócio-econômicas: o saneamento ambiental frente aos cenários das mudanças climáticas: a aplicação do estado do conhecimento sobre a realidade da Região Metropolitana do Rio de Janeiro.** In: INPE (Org.). Megacidades, Vulnerabilidades e Mudanças Climáticas: Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Escola Politécnica - Universidade Federal do Rio de Janeiro (Rio de Janeiro): Inpe, 2011. Cap. 3. p. 147-169.