The background is a topographic map of a river basin. It features contour lines, a network of rivers (some blue, some black), and various shaded regions in yellow, orange, and grey. A prominent green rectangular box is centered on the map, containing the title and authors' names in white text. A white wavy line separates the title from the authors' names.

CONTRIBUIÇÕES SOBRE LEVANTAMENTO DE DADOS E ANÁLISE HIDROLÓGICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JURUENA

DRA. FERNANDA VIEIRA XAVIER
DRA. SUZY MARA KLEMP

**CONTRIBUIÇÕES
SOBRE LEVANTAMENTO
DE DADOS E ANÁLISE
HIDROLÓGICA DA
BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO JURUENA**

**CUIABÁ/MT
2023**



misereor
GEMEINSAM GLOBAL GERECHT

M CHARLES STEWART
MOTT FOUNDATION®

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION

SUMÁRIO

Contextualização geral	7
------------------------------	---

CAPÍTULO I - MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NA BHRJ

1. Introdução e objetivos	10
2. Metodologia geral	11
2.1 Pesquisas documentais/bibliográficas e levantamento de dados ..	11
3. Resultados	12
3.1. Breve histórico sobre a importância das estações fluviométricas na regionalização de vazões	12
3.2. Dados espaciais e documentais sobre as estações fluviométricas utilizadas na regionalização de vazões	14
3.2.1 Fontes dos dados oficiais disponíveis	15
3.2.1.1 Agência Nacional de Águas - ANA	15
3.2.1.1.1 Rede Hidrometeorológica Nacional	17
3.2.1.2 Fontes dos dados oficiais disponíveis - SEMA	18
3.3. Definição e explicação das variáveis envolvidas na regionalização hidrológica de vazões	19
3.3.1 Vazão	22
3.3.1.1 Metodologias de medição as vazões em rios e canais naturais .	23
3.3.1.1.1 Velocidade x área	24
3.3.1.1.1.1 Medição de velocidade	24
3.3.1.1.1.2 Estimativa de velocidade	29

3.3.1.1.1.3 Perfis de velocidade em rios	30
3.3.1.1.2 Medição indireta da vazão	31
3.3.1.1.2.1 Curva-chave	32
3.3.1.1.2.2 Método da diluição	36
3.3.2 Regionalização de vazões	36
3.4. Caracterização dos dados, mapas e documentos existentes para regionalizar a vazão na BHRJ	44
3.4.1. Base de dados ANA Data Acquisition - UFRGS	45
3.4.2. Base de dados da Rede Hidrometeorológica Nacional - Hidroweb - ANA	47
3.4.3. Base de dados do INDE - Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais	49
3.4.4. Análise da distribuição espacial das estações fluviométricas .	57
4. Considerações finais	66

CAPÍTULO II: CONCESSÕES E FLUXOS OUTORGADOS NA BACIA E CONCENTRAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

1. Introdução e objetivos	70
2. Metodologia geral	70
2.1 Pesquisas documentais/bibliográficas e levantamento de dados ..	70
3. Resultados	74
3.1. Investigação de outorgas na Bacia Hidrográfica do rio Juruena – MT .	74
3.1.1 Outorgas para captação superficial	76
3.1.2 Outorgas por DRDH	81
3.2. Mapeamento dos empreendimentos de geração de energia elétrica .	85

CAPÍTULO III: DISPONIBILIDADE HÍDRICA – DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO

Glossário	92
1. Introdução e objetivos	100
2. Metodologia geral	101
2.1 Pesquisas documentais/bibliográficas e levantamento de dados ..	102
2.2 Entrevista semiestruturada	102
3. Resultados	103
3.1. Cálculo de Disponibilidade Hídrica (DH) no Brasil e no estado de Mato Grosso	103
3.2 Investigação da metodologia usada pelo órgão responsável.....	106
3.3 Verificação da disponibilidade de dados oficiais, sobre a implementação de metodologias que visem garantir que as quantidades outorgadas não ultrapassem a capacidade de suporte e resiliência dos mananciais da bacia	111
4. Considerações finais e recomendações	118
Refrências bibliográficas	120

CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL

O presente estudo diz respeito a uma investigação realizada na Bacia Hidrográfica do Rio Juruena (BHRJ), levando em consideração os dados disponíveis, a transparência de informações e também a avaliação da gestão de recursos hídricos no estado de Mato Grosso. O objetivo foi contribuir para a discussão sobre o impacto de empreendimentos nos recursos hídricos da BHRJ, além de fornecer ao poder público informações sistematizadas a respeito da disponibilidade hídrica e da dinâmica, concessão e concentração de outorgas na bacia. O estudo está apresentado em 3 partes: Capítulo I - Mapeamento da distribuição das estações fluviométricas na BHRJ; Capítulo II - Concessões e fluxos outorgados na bacia e concentração de empreendimentos hidrelétricos; e Capítulo III – Disponibilidade Hídrica: discussão e recomendações ao poder público.

Sobre o Capítulo I, a investigação foi pautada na busca por dados geoespaciais nas fontes oficiais do governo e objetivou a compreensão da proporção da distribuição espacial das estações fluviométricas por sub bacias a fim de fundamentar a relação entre o número de poços e os cálculos de simulação de Disponibilidade Hídrica (DH) pelo sistema da Secretaria de Estado de Meio Ambiente de Mato Grosso (SEMA-MT). Por fim, é apresentada a avaliação dos poços - se são suficientes ou insuficientes para estimar uma vazão confiável.

O estudo do Capítulo II buscou levantar e categorizar as concessões de outorgas na bacia por meio de dados oficiais do estado e entender a distribuição dos empreendimentos de geração de energia elétrica por tipologia para discussão sobre os impactos causados por estas atividades.

Sobre o Capítulo III, a investigação buscou apresentar e comparar as metodologias utilizadas para as estimativas de disponibilidade hídrica em bacias no país e no estado de Mato Grosso, comparando esses números com as recomendações mínimas estabelecidas pelo organismo supranacional. O objetivo final foi avaliar se os métodos utilizados são verificáveis, aceitos, se apresentam deficiências, limitações e/ou potencialidades para então verificar se as quantidades outorgadas não ultrapassam a capacidade de suporte e resiliência dos mananciais da bacia.

CAPÍTULO I



MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NA BHRJ

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

A Bacia Hidrográfica do Rio Juruena (BHRJ) conta atualmente com grande pressão para o desenvolvimento de projetos hidrelétricos de pequeno a médio portes, impulsionada pelas necessidades de desenvolvimento econômico regional (TNC, 2019)¹. Somadas à essa pressão, estão as práticas agrícolas desenvolvidas no Estado que mais ocupa áreas para estes fins no Brasil, fundamentadas, sobretudo, no agonegócio.

A participação popular nos processos de implantação de empreendimentos que carecem de licenças ambientais, aqueles classificados como potencialmente impactantes, é um direito de todos, e foi conquistada pela sociedade brasileira. Isso permite com que seja possível se munir de informações e participar ativamente nas decisões tomadas pelos poderes públicos. Assim, é possível planejar e definir áreas de altas prioridades, entender os riscos que afetam as comunidades e se tornar sujeito ativo nos processos de tomadas de decisão sobre o seu território.

A transparência da informação pública é ferramenta (urgente) para que a participação popular seja praticada:

“A disponibilização de dados de forma inteligível, intuitiva, inteligente e útil pode determinar a nossa capacidade de transformação social.”
(OPAN, 2019)²

Este caminho permite ampliar os conhecimentos sobre os recursos naturais envolvidos nos processos de exploração, sendo um dos mais importantes, a água. Entender a destinação dos recursos, seus usos, os atos administrativos relativos e as atribuições legais nos procedimentos de concessão de direitos de uso da água se torna essencial para fortalecer o direito populacional (dos povos nativos e comunidades tradicionais) no que diz respeito às políticas públicas que possam vir a afetá-los.

Dado o contexto, o presente estudo tem como principal objetivo apresentar o levantamento de dados e a sistematizar as informações sobre a distribuição, quantificação e qualificação das estações fluviométricas da BHRJ) no Estado de Mato Grosso.

1 The Nature Conservancy. **Bacia do Tapajós: estado da pesca artesanal no médio e baixo Juruena**. WCS. Disponível em: <<https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/Tapajos-PescaJuruena.pdf>> 2019

2 Operação Amazônia Nativa. Acompanhamento de projetos de infraestrutura energética na bacia do Juruena: desafios para comunidades e poder público. OPAN, Cuiabá, MT. 2019.

Especificamente, os objetivos são:

- » Apresentar um breve histórico sobre a importância das estações fluviométricas na regionalização de vazões;
- » Obter dados espaciais e documentais sobre as estações fluviométricas utilizadas na regionalização de vazões da BHRJ;
- » Definir e explicar as variáveis envolvidas na regionalização de vazões para a outorga de Recursos Hídricos (RH);
- » Apresentar a metodologia de regionalização utilizada pela SEMA - MT nessa bacia;
- » Exteriorizar uma caracterização dos dados existentes na bacia, por meio de mapas e documentos existentes para regionalizar a vazão na BHRJ.

Este conteúdo objetiva esclarecer sobre as principais variáveis envolvidas na regionalização de vazão, pois se conecta diretamente aos assuntos sobre Disponibilidade Hídrica, principal gargalo encontrado em Mato Grosso quando o tema é concessão dos direitos de uso da água. O tema será tratado nos próximos capítulos.

2. METODOLOGIA GERAL

Em linhas gerais, a metodologia adotada para atender aos objetivos do presente estudo foi dividida em dois eixos principais, que se inter-relacionam em termos técnicos, teóricos e práticos, aplicados no âmbito da gestão dos recursos hídricos.

2.1 PESQUISAS DOCUMENTAIS/BIBLIOGRÁFICAS E LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram realizadas pesquisas documentais/bibliográficas fornecidas pelas principais plataformas de acesso ao usuário/cidadão/pesquisador da SEMA no intuito de acessar documentos que pudessem fornecer quaisquer informações sobre as metodologias de coleta de dados de vazão no estado de Mato Grosso.

Além dos meios oficiais da SEMA, foram realizadas pesquisas em diversas plataformas fornecedoras de dados públicos sobre água, com consultas aos seus metadados. A finalidade foi a de buscar as principais informações sobre metodologias de coleta, informações sobre os tipos de atributos coletados, sistematização de séries históricas, escalas de mapeamentos, e tipos de variáveis envolvidas nas estimativas estatísticas.

Sobre o levantamento de dados mencionado, as principais fontes se deram por meio da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), por meio do Sistema Nacional de Recursos Hídricos (SNRH) e por meio da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE). Além dos citados, foram utilizados os dados extraídos pelo plugin ANA Data Acquisition, desenvolvido por um projeto da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O detalhamento dos procedimentos metodológicos, poderá ser acompanhado capítulo a capítulo.

3. RESULTADOS

3.1. BREVE HISTÓRICO SOBRE A IMPORTÂNCIA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS NA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

O Grupo³ de Trabalho integrado por pesquisadores da ANA⁴- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais⁵ afirma que o conhecimento do comportamento das águas superficiais nos rios é insumo básico para o gerenciamento dos recursos hídricos. Para que esse conhecimento seja efetivo, é necessário que exista uma rede de monitoramento hidrológico, preferencialmente com longo tempo de operação ininterrupta, dada a natureza estocástica⁶ da variável hidrológica, e que possa coletar informações su-

3 ANA-CPRM. Grupo de Trabalho. **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR)**. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22172/3/RHNR_Diretrizes_Implementacao.pdf> Relato do planejamento da RHNR e a definição das estratégias de implementação para os próximos anos (5 anos). Portaria ANA no 151, de 31 de março de 2016.

4 Disponível em <https://www.gov.br/ana/pt-br>

5 Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/>

6 O padrão estocástico é aquele cujo estado é indeterminado, com origem em eventos aleatórios.

ficientes ao atendimento dos diversos usos, antrópicos ou ecológicos, a que estão sujeitas as águas dos rios brasileiros.

Existem algumas dificuldades envolvidas nesse processo. Elas estão listadas a seguir e explicadas nos próximos subitens:

1. Medir vazões é um procedimento essencial para a gestão de recursos hídricos, porém caro e demorado.
2. Existe a escassez de dados fluviométricos no Brasil, principalmente na região amazônica, pois, de acordo com Silveira e Tucci et. al., (1997)⁷, a instalação dessas estações de monitoramento é geralmente cara.
3. Há a necessidade de estimar valores de vazão, pois normalmente não existem dados medidos em todos os lugares necessários. Nestes casos, estes valores são estimados a partir de postos fluviométricos⁸ próximos. A esse procedimento dá-se o nome de **regionalização hidrológica**.

A **regionalização de vazões** ou **regionalização hidrológica** visa gerar informação de vazão, em locais sem dados. Por definição, a regionalização cria funções que relacionam vazão, com variáveis menos difíceis de estimar ou mensurar, tais como: área da bacia hidrográfica, precipitação média na bacia, declividade do rio principal, densidade de drenagem, fração da área da bacia com litologia A, B ou C, entre outras variáveis.

Um dos métodos mais difundidos para a regionalização de vazões ou regionalização hidrológica é o método tradicional, o qual foi descrito pela Eletrobrás (1985a)⁹ e que consiste nas seguintes etapas: identificação de regiões hidrológicamente homogêneas, ajuste de equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e determinação das características físicas e climáticas das bacias de drenagem para cada região homogênea.

A regionalização de vazões é uma metodologia que tem uma aplicação muito expressiva na gestão de recursos hídricos. Ela é fundamental para a operacionalização dessa gestão, pois faz-se necessário estimar a disponibilidade hídrica com baixo grau de incerteza para realizar as outorgas, subsidiar as atividades sociais,

7 SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, p. 111-131, 1998.

8 Parte da potamologia que trata das mensurações dos rios e dos caracteres métricos dos cursos de água, tais como a velocidade, débito, desnível etc. Etimologia (origem da palavra fluviometria). Flúvio + metro + ia. Disponível em <<https://www.dicio.com.br/fluviometria/>>

9 ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro. v. 1, 1985a.

econômicas e conservar os mananciais. No Brasil, os grandes usuários deste método são os órgãos gestores federais e estaduais.

Nesse sentido, de acordo com Maia et al., (2011)¹⁰, é de fundamental importância a instalação de estações fluviométricas para a geração de dados, formando uma rede de monitoramento dentro da bacia, para que os órgãos possam ter informações e subsídios para o controle e gerenciamento destes recursos.

3.2. DADOS ESPACIAIS E DOCUMENTAIS SOBRE AS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

De acordo com a ANA¹¹, o monitoramento das águas no Brasil remonta ao século 19, havendo registros de estações na base da ANA desde o ano de 1855 (estação pluviométrica Morro Velho, em Minas Gerais). Entre 1900 e 1920, o governo federal incorporou o monitoramento como serviço público federal e criou instituições para abrigá-lo. Desde então, a rede de monitoramento foi coordenada por entidades ligadas ao setor elétrico, passando a ser de responsabilidade da ANA em 2000, pela Lei Federal nº 9.984/2000.

As bases de referência para a regionalização de vazões da SEMA-MT foram agrupadas por temas em pastas, zipadas e disponibilizadas via Controladoria Geral do Estado (CGE) e Ouvidoria Geral do Estado (OGE) pelo link <http://www.sema.mt.gov.br/transparencia/index.php/gestao-ambiental/base-de-referencia>. A CGE e OGE foram acessadas, pois, a base de referência para a regionalização de vazões não foi encontrada nas pesquisas realizadas nos sítios dos órgãos oficiais do estado de Mato Grosso. Sendo assim, solicitamos as bases cartográficas das estações fluviométricas no formato shapefile; demais dados para calcular a disponibilidade hídrica; e a descrição metodológica utilizada pela SEMA para o referido cálculo, para a bacia hidrográfica do rio Juruena. Para acesso à CGE e à OGE, seguir no sítio a seguir:

<https://ouvidoria.controladoria.mt.gov.br/falecidadao/servlet/autenticadadaoportal>.

10 MAIA, James Lacerda; BARBOSA, Alexandre Augusto; QUEIRÓZ, Giselle. **Vazões mínimas e de referência: estudo de caso das estações fluviométricas do Alto-Sapucaí, Minas Gerais**. Disponível em <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/85b8c9a4d531e00160cf9b4e4565da8a_096d59f5b1a03cfd6d40b7b84a5aac8.pdf> Trabalho Simpósio ABRH 2011.

11 ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Apresentação HidroWeb**. 2022. Disponível em <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>>

Maiores detalhamentos podem ser encontrados nos próximos subitens e no Anexo I.

3.2.1 FONTES DOS DADOS OFICIAIS DISPONÍVEIS

As fontes oficiais sobre as estações fluviométricas e a regionalização de vazões nessa bacia hidrográfica são respectivamente da ANA (2022b)¹² e da SEMA-MT (2007)¹³. Desse modo, serão descritas nessa respectiva ordem.

3.2.1.1 AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA)

No sítio da ANA está o Portal HidroWeb, que é uma ferramenta integrante do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e oferece o acesso ao banco de dados que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR), e reúne dados de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. É uma importante ferramenta de busca de dados para a sociedade, instituições públicas e privadas, pois representa um instrumento imprescindível para a gestão dos recursos hídricos e para a manutenção da qualidade de vida dos cidadãos. Também é importante para diversos setores econômicos na área de geração de energia, irrigação, navegação e indústria. Além disso, contribui para projetos de manutenção e operação de infraestrutura hidráulica de pequeno e grande porte como nos de barragens, de drenagem pluvial urbana e mesmo nos de bueiros e de telhados. Os dados disponíveis no Portal HidroWeb se referem à coleta convencional de dados hidrometeorológicos, ou seja, aos registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos (ANA, 2022).

Nesse sentido, o Sistema Ambiental de Informações Ambientais e Recursos Hídricos (SEIA) (2022)¹⁴ define a Hidrometeorologia como o ramo das ciências

12 ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **HIDROWEB v3.2.6/ Séries Históricas**. 2022b. Disponível em <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>

13 SEMA-MT (Secretaria de Estado de Meio Ambiente - Mato Grosso) **Portal do Cidadão. Controladoria Geral do Estado (CGE) e Ouvidoria Geral do Estado (OGE)**. 2007. Disponível em <<http://www.sema.mt.gov.br/transparencia/index.php/gestao-ambiental/base-de-referencia>>

14 SEIA (Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos). Monitoramento Ambiental Hidrometeorológico. SEMA - Avenida Luís Viana Filho, 6ª Avenida, nº 600 - CEP 41.745-900 - CAB - Salvador - Bahia - Brasil. Disponível em <<http://www.seia.ba.gov.br/monitoramento-ambiental/hidrometeorol-gico#:~:text=Hidrometeorologia%20%C3%A9%20o%20ramo%20das,atmosfera%20em%20suas%20diferentes%20fases.>> 2022.

atmosféricas (meteorologia) e da hidrologia que estuda a transferência de água e energia entre a superfície e a atmosfera. Essa ciência também investiga a presença de água na atmosfera em suas diferentes fases. É através desta ciência que se pode fazer a previsão de chuvas e alertas para eventos climatológicos extremos. Através da Hidrometeorologia procura-se compreender todo o ciclo da água e a dinâmica dos processos úmidos:

- » As circulações atmosféricas associadas às precipitações de água;
- » A modelagem numérica dos fenômenos hidrometeorológicos;
- » A análise objetiva dos campos de precipitação medidos por pluviômetros e diferentes radares;
- » Os projetos de redes de medição em hidrometeorologia e sistemas de medição e instrumentação em mesoescala e microescala;
- » As estratégias teóricas, estatísticas e numéricas de previsão de precipitações (chuva, neve, granizo, etc.);
- » As simulações computacionais de chuva acopladas aos modelos de vazão de água em superfície;
- » Os problemas urbanos de enchentes e inundações;
- » A previsão de chuvas a curto e curtíssimo prazo (“nowcasting”);
- » O acoplamento de modelos atmosféricos de precipitação, da camada limite planetária e das superfícies vegetadas e urbanas;
- » O balanço hídrico e a hidrologia de superfície;
- » As técnicas de análise dos campos de refletividade de radares meteorológicos SEIA, (2022).

De acordo com a ANA (2022), por meio dessas informações, pode-se, ainda, acompanhar a ocorrência de eventos hidrológicos considerados críticos, inundações e secas, e planejar medidas de mitigação dos impactos decorrentes desses eventos.

Outra importante fonte de dados, é a Rede de Hidrotelemetria, que fornece dados em tempo real e são disponibilizados no Portal Hidrotelemetria¹⁵. Mais que acompanhar esses fenômenos, o conjunto de dados até hoje coletados no âmbito da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR) também permite, em diversos casos, a simulação dos eventos e seus resultados sobre as bacias hidrográficas.

15 Este sistema tem por objetivo realizar a aquisição, qualificação e gestão dos dados hidrometeorológicos, transmitidos em tempo quase real (<https://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/>)

O portal ainda publica dados coletados pelos estados que aderiram ao programa coordenado pela ANA denominado Qualiágua, que fomenta o monitoramento da qualidade da água (ANA, 2022). Além disso, encontra-se o sistema Hidro, no qual é possível acessar dados de vazão, de nível e de precipitação, ou seja, é realizada a telemetria da água. De acordo com o GHIDRO (2022)¹⁶, telemetria é uma tecnologia que permite a transmissão remota de dados, por meio da qual é possível medir, monitorar ou controlar determinado produto ou serviço através de recursos tecnológicos. A comunicação de dados é realizada via sinais de rádio ou satélite e as informações são acessadas em tempo real. A telemetria de água é um serviço que tem crescente demanda, afinal, os órgãos ambientais estão cada vez mais empenhados em monitorar e fiscalizar o uso dos recursos hídricos. Nesse sentido, a telemetria de água pode ser utilizada em diversas condições: poços artesianos, poços piezométricos, represas, reservatórios, rios, estações elevatórias, captações superficiais, estações de tratamento, água de reuso para irrigação, entre outros.

Todos esses dados são essenciais para a gestão dos recursos hídricos no país, e o entendimento e a clareza sobre as fontes dos dados e sobre as metodologias envolvidas se tornam ferramentas estratégicas de gestão.

3.2.1.1.1 REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL

A ANA é responsável pela coordenação da **RHNR**, sistema que hoje abriga 4.641 pontos de monitoramento no país, divididos em estações que monitoram parâmetros relacionados aos rios (1.874 pontos), como níveis, vazões, qualidade da água e transporte de sedimentos, e outros que monitoram principalmente as chuvas (2.767 pontos) (ANA, 2022). Essa rede que dados hidrológicos, dados de responsabilidade da União e também dos estados está disponível no Portal HidroWeb.

De acordo com a ANA, (2022) as estações hidrometeorológicas são operadas por entidades parceiras ou contratadas pela ANA, que é a responsável pelo planejamento, normatização de procedimentos e equipamentos, fiscalização, organização dos dados hidrometeorológicos e sua publicação. Atualmente, são responsáveis pela operação da Rede o Serviço Geológico do Brasil (SGB - CPRM) a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri/SC), o Departamento de Águas e Energia Elétrica de São Paulo (DAEE/SP), o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM/MG), o Instituto das Águas do Paraná (Águas Paraná) e as empresas contratadas Cohidro, Construfam e UFC.

16 GHIDRO. O que é Telemetria de Água e como implementá-la. 2022. Disponível em <<https://www.ghidro.com.br/o-que-e-telemetria-de-agua/>>

A ANA (2022) destaca também que, além das estações sob sua responsabilidade, são integrantes da Rede as estações mantidas pelos estados no âmbito dos programas de implantação e operação das Salas de Situação Estaduais e do fomento ao monitoramento da qualidade da água (Qualiágua).

Desse modo, os dados hidrometeorológicos no Brasil estão reunidos na **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR)**. Eles estão disponíveis para consulta e download, por postos ou por recorte espacial. Nesse sentido, a UFRGS (2022)¹⁷ disponibiliza um plugin que torna possível baixá-los em blocos maiores e com determinados recortes espaciais, por exemplo, por bacia hidrográfica. Ele conecta o HidroWeb com softwares de geotecnologia, por exemplo, o QGIS.

Até o dia 23 de julho de 2022, no Portal HidroWeb, foram registrados 3.271.845 acessos, contabilizados desde 01/02/2005. Esses dados hidrológicos, reunidos, organizados e disponibilizados pelo portal contribuem para a pesquisa e a conservação dos recursos hídricos no Brasil. Por isso, é de fundamental importância para o desenvolvimento sustentável do país que essa rede de monitoramento seja ampliada e melhorada, principalmente nas regiões com baixa cobertura espacial e temporal, como é o caso da Bacia Hidrográfica do Rio Juruena, e de muitas outras bacias na região amazônica.

3.2.1.2 FONTES DOS DADOS OFICIAIS DISPONÍVEIS - SEMA

No documento fornecido pela SEMA por meio da CGE e OGE intitulado “Regionalização Hidrológica do Estado de Mato Grosso”, consta que os “(...) dados pluviométricos e fluviométricos são os dos postos existentes no banco de dados da Agência Nacional de Águas” – SEMA-MT (2007). Tais informações se alinham com aquelas fornecidas pela ANA e citadas no subitem anterior. No Anexo I, foram relatados os detalhes da pesquisa realizada nos órgãos oficiais do estado.

No Anexo II deste capítulo, foram disponibilizados os documentos enviados pela SEMA via canal: “Fale Conosco” do sítio da SEMA-MT (2022).¹⁸

17 UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). **ANA Data Acquisition realiza o download automático de várias estações pluviométricas e fluviométricas**. Modelo de Grandes Bacias (MGB). 2022. Disponível em <<https://www.ufrgs.br/hge/ana-data-acquisition/>>

18 SEMA - MT (Secretaria Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso). Equipe: Fale Conosco. 2022. Disponível em <<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/sema/equipe>>

Os dados estão disponíveis no Google Drive e por E-mail, com as seguintes configurações:

- » Parte Anexo II_A, denominada pelo Estado como “revisão final-Anexos.pdf”, intitulada “Regionalização Hidrológica do estado de Mato Grosso - Consultoria e Elaboração de Sistema de Outorga – SEMA/MT 1/82” – trata-se do Relatório da Regionalização. No decorrer do referido texto, esse documento será citado como, CEMA/SEMA (2007), nele aparece também a logomarca da empresa Tecnomapas responsáveis pelo trabalho. O significado da sigla CEMA, não foi encontrada no relatório nem na internet, supõe-se que seja um grupo de trabalho dentro da empresa Tecnomapas com endereço em Cuiabá - MT.
- » Parte Anexo II_B, também denominada pelo Estado como “revisão final-Anexos.pdf”, intitulado “Regionalização hidrológica do estado de Mato Grosso Volume II – Anexos” são os gráficos citados no Anexo II_A, hidrogramas dos postos fluviométricos de Mato Grosso; análise de regressão multivariada para vazão média; análise de regressão multivariada para vazão máxima; curvas de permanência médias.

3.3. DEFINIÇÃO E EXPLICAÇÃO DAS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NA REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA DE VAZÕES

De acordo com Wolff (2013)¹⁹ a regionalização hidrológica é uma técnica que permite transferir informação entre bacias hidrográficas semelhantes, a fim de calcular, em sítios que não dispõem de dados, as variáveis hidrológicas de interesse. Assim, é uma ferramenta útil na obtenção de outorga de direitos de uso de recursos hídricos, instrumento previsto na Lei nº 9.433 de 1997.

Nesse contexto, a regionalização de vazões tem uma aplicação muito presente na gestão de recursos hídricos. Os principais usuários da regionalização de vazões são os órgãos gestores da água. Portanto, é uma ferramenta essencial para saber

19 WOLFF, Wagner. **Avaliação e nova proposta de regionalização hidrológica para o Estado de São Paulo**. 2013. Dissertação de Mestrado. DOI 10.11606/D.11.2013.tde-08042013-102503. Unidade da USP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Piracicaba. Disponível em <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-08042013-102503/pt-br.php>> Engenharia de Sistemas Agrícolas. Data de Defesa 2013-02-06.

ou estimar, com baixo grau de incerteza, a quantidade de água existente em cada trecho, de cada manancial, em cada período do ano.

De acordo com o Prof. PhD²⁰ Carlos E. M. Tucci (2022)²¹ o termo regionalização é utilizado para denominar a transferência de informações de um local para outro dentro de uma área de comportamento hidrológico semelhante. A regionalização se baseia sempre no comportamento estatístico e na correlação destas variáveis no espaço (TUCCI, 2022).

Em outras palavras, a regionalização de variáveis hidrológicas é a forma encontrada para transformar dados pontuais em dados zonais, já que não é possível medir vazões diariamente e de forma contínua, em todos os trechos, em todos os mananciais que possuem, ou que possuirão usos antrópicos. Isso porque a medição contínua é dispendiosa, e não é possível instalar postos fluviométricos em cada trecho de rio, no entanto, estimativas confiáveis de vazão por meio de regionalização exigem uma distribuição espacial mínima aceitável para se obter informações confiáveis em locais sem dados e permitir aos órgãos gestores outorgar os usos da água.

De acordo com Marcuzzo & Melati (2015)²², o monitoramento adequado das descargas líquidas com um número de estações aferidas recomendadas e adequadamente distribuídas na bacia hidrográfica é de grande importância para coletar informações confiáveis para a rede hidrometeorológica nacional. Ainda de acordo com os autores, “uma adequada densidade e distribuição espacial de estações fluviométricas com medição de descarga líquida em uma bacia hidrográfica contribui de forma decisória para a melhoria de estudos hidrológicos, como a regionalização de vazões (TUCCI, 2002; MARCUZZO e MELATI, 2014; VIRÃES, 2014; MARCUZZO e PICKBRENNER, 2015)”.

20 Engenheiro civil, MSc, PhD, professor aposentado do IPH-UFRGS, sócio-fundador da Rhama Consultoria Ambiental. Autor de mais de 300 artigos científicos, livros e capítulos de livros. Experiência de mais de 40 anos na área, com atuação junto a empresas e entidades nacionais e internacionais como: Unesco, Banco Mundial, BID, ANEEL, ANA, Itaipu, entre outros. Premiado em 2011 pela International Association of Hydrological Sciences.

21 TUCCI, Carlos E. M. **Regionalização de vazões I**. 2022. Disponível em <<http://www.rhama.com.br/blog/index.php/sem-categoria/regionalizacao-de-vazoes-i/>>

22 MARCUZZO, Francisco F. N. MELATI, Maurício Dambrós. **Proposta de novas estações fd na sub-bacia 85 segundo os critérios da Organização Mundial de Meteorologia**. CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br. 2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves nº 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. mauriciomelati@gmail.com2015. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15050/1/PAP018952.pdf>>

Ademais, de acordo com o governo do estado (2022)²³, Mato Grosso tem 903.357,908 km² de extensão. É o terceiro maior estado do país, ficando atrás somente do Amazonas e do Pará. Nesse sentido, CEMA/SEMA (2007) destaca que a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece que, para os postos fluviométricos, os valores adequados sejam ao menos de 1:1000 posto/km² para os postos fluviométricos e, no estado de Mato Grosso, em 2007, esta densidade era menor que 1: 3800 posto/km². Ou seja, a cada 1000 km² (mil quilômetros quadrados de área de contribuição) seria necessário ao menos 1 posto com medição de vazões de forma contínua. Contudo, no período em que a regionalização de vazões foi calculada, os dados disponíveis para a estimativa eram da ordem de 1 posto fluviométrico para cada 3800 km² de área de contribuição. Isso significa que, no ano de 2007, o estado possuía uma densidade de postos fluviométricos deficitária, em relação ao mínimo necessário recomendado pela OMM de acordo com o próprio relatório da regionalização CEMA/SEMA (2007). Em outras palavras, no estado de Mato Grosso, uma área de contribuição de uma bacia hidrográfica deveria ter no mínimo 3,8 vezes mais estações pluviométricas do que tinha em 2007.

Logo, o estado tinha apenas 118 postos com dados de vazão para utilizar na regionalização (CEMA/SEMA, 2007 p.51) e deveria ter no mínimo 715 postos fluviométricos em funcionamento. A distribuição geográfica, também precisa ser aprimorada, já que as bacias hidrográficas mais distantes da capital do estado, possuem menor densidade de monitoramento de vazão.

De acordo com a literatura, no Brasil, geralmente a quantidade de postos fluviométricos responsáveis por disponibilizar dados de vazão contínuos e sistemáticos, essenciais no planejamento e gestão de recursos hídricos, são insuficientes. Fato que torna a regionalização de vazões ainda mais importante. No entanto, essa escassez de dados amplia o grau de incerteza da metodologia, cujo objetivo é gerar informações para locais sem dados.

Por meio dessa metodologia, são criadas funções matemáticas que relacionam vazão naquela bacia, com variáveis menos difíceis de medir ou estimar, tais como: área da bacia, precipitação média na bacia, declividade do rio principal, densidade de drenagem, fração da área da bacia com litologia A, B ou C. A seguir, serão explicadas as diversas maneiras de se medir e estimar as vazões e, posteriormente, as variáveis a elas relacionadas para a confecção da regionalização de vazões.

23 Estado de Mato Grosso – Brasil. **Relatório de pesquisa construção da matriz insumo-produto inter-regional Mato Grosso e resto do Brasil – 2007**. Cuiabá: Dezembro – 2010. Disponível em <http://www.seplag.mt.gov.br/images/files/00seplan-5618-62d05756e6faa.pdf>

3.3.1 VAZÃO

Na história, grandes nomes marcaram suas contribuições nas tentativas de explicar as relações entre os cursos d'água e as formas de relevo. Em 1502, Leonardo da Vinci observou que a quantidade de água por unidade de tempo que escoava em um rio era a mesma em qualquer parte, independente da largura, profundidade, inclinação e outros. Mas o desenvolvimento de dispositivos práticos só foi possível com o surgimento da era industrial e o trabalho de pesquisadores como Bernoulli, Pitot e outros. A medição de vazão de fluidos sempre esteve presente em nosso dia-a-dia. Por exemplo, o hidrômetro de uma residência, o marcador de uma bomba de combustível nos veículos, etc (CASSIOLATO & ORELLANA, 2012)²⁴.

De acordo com a Nivetec Instrumentação e Controle (2021)²⁵, a medição de vazão nada mais é do que a definição do volume ou a quantidade de massa de um determinado fluido que passa pela seção de um tubo ou canal por unidade de tempo, ou seja, é a rapidez que um volume ou massa escoar. Em outras palavras, a vazão é definida pelo volume de água, que passa por uma seção do manancial, por um período de tempo definido. Geralmente, se dá em metros cúbicos por segundo (m^3/s), e cada metro cúbico corresponde a 1000 litros por segundo ou em Litros por segundo (L/s). Também pode ser encontrada em metros cúbicos por hora (m^3/h), nesse caso cada 1 (m^3/s) equivale a 3600 (m^3/h), pois, 1 hora corresponde a 3.600 segundos. Então, se fosse possível capturar todo esse volume e cronometrar o tempo, teríamos facilmente uma estimativa da vazão. Em alguns casos, como mananciais muito pequenos, isso é possível, pelo método volumétrico de medição de vazão (Figura 1).

No método volumétrico de medição, o pequeno manancial é inteiramente canalizado em uma determinada seção, pode ser por dentro de um cano de maior espessura, lugar por onde a água fluirá para um recipiente de volume conhecido, por exemplo, um tambor de 200 litros. O tempo é cronometrado, e obtém-se uma boa estimativa de vazão. Por exemplo, a cada segundo, 5 tambores de 200 litros foram cheios, o que totaliza 1000 L/s (mil litros por segundo), e equivale a 1 m^3/s (um metro cúbico por segundo), 3.600 m^3/h (três mil e seiscentos metros cúbicos por hora), ou ainda 3.600.000 L/h (três milhões e seiscentos mil litros por hora). Contudo, à medida que o volume do curso de água aumenta, esse tipo de método se torna inviável. Por esse motivo, a seguir serão explicitados os métodos clássicos de medição de vazão, as inovações e as formas indiretas de medir a vazão em rios e canais naturais.

24 CASSIOLATO, César & ORELLANA, Evaristo. **Medição de Vazão**. Data de publicação: 2012-01-25 10:21:46. Disponível em <<https://www.instrumatic.com.br/artigo/medicao-de-vazao>> Instrumatic.

25 NIVETEC (Nivetec Instrumentação e Controle). **Medição de Vazão: O que é? Como fazer?** Artigos Técnicos: setembro 23, 2021.

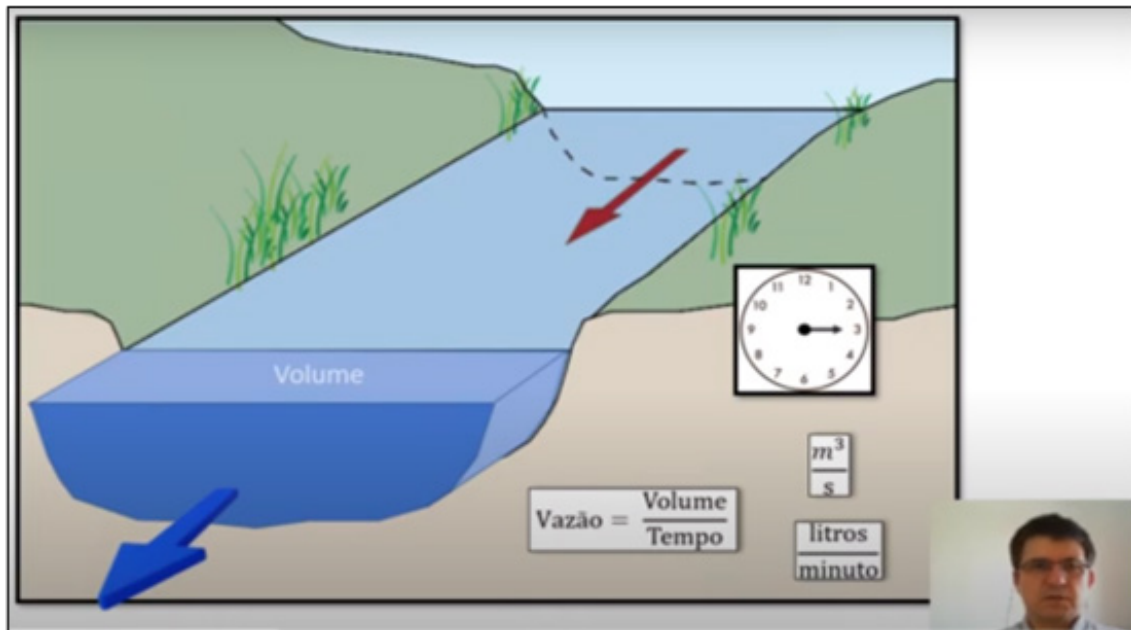


Figura 1. Método volumétrico apresentado pelo professor Dr. Walter Collischonn²⁶ (2022)²⁷.

3.3.1.1 METODOLOGIAS DE MEDIÇÃO DAS VAZÕES EM RIOS E CANAIS NATURAIS

Nesse subitem, serão apresentados os métodos clássicos de medição de vazão, as inovações e as formas indiretas de medir a vazão em rios e canais naturais. São eles: 1º) velocidade vezes área, 2º) medição de velocidade, 3º) estimativa de velocidade, 4º) perfis de velocidade em rios, 5º) medição indireta da vazão, 6º) curva-chave e 7º) método da diluição.

26 Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2002) Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (Fonte: Currículo Lattes disponível em <<https://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do>>)

27 COLLISCHONN, W. **Aula de Introdução aos métodos de medição de vazão em rios.** Curso de Hidrologia I. Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=iTgg8sCnSB0>> 2022

3.3.1.1.1 VELOCIDADE X ÁREA

Nesse método, faz-se necessário medir a velocidade média e a área da seção transversal²⁸ (Figura 2).

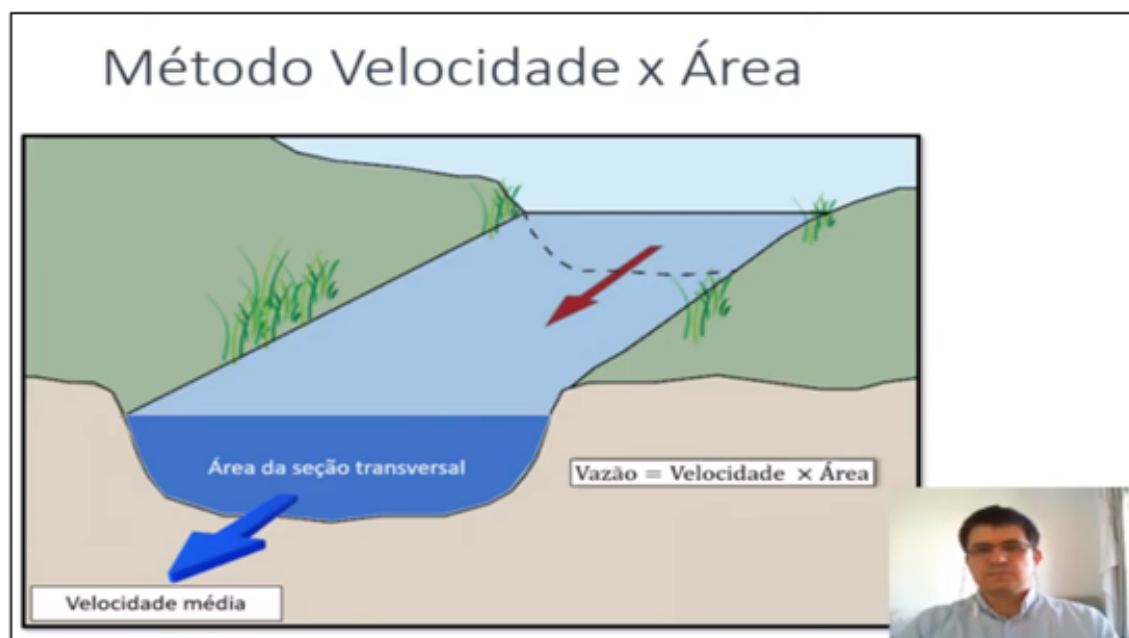


Figura 2 . Ilustração do método Velocidade x Área (Fonte: COLLISCHONN, 2022)

Assim, o produto da velocidade média multiplicado pela área nos traz uma estimativa da vazão. Então, o desafio é medir a velocidade e a área com o menor grau de incerteza. Nos próximos tópicos trataremos desse assunto.

3.3.1.1.1.1 MEDIÇÃO DE VELOCIDADE

Essa medição é feita tradicionalmente com instrumentos mecânicos, como molinete hidrométrico (Figura 3), ou mais recentemente com sensores acústicos Doppler ou perfiladores acústicos Doppler (ADCP).

A figura mostra o molinete hidrométrico em perfil e em funcionamento. De acordo com a literatura, esse é um dos instrumentos mais utilizados para medir a velocidade da água. Geralmente, a hélice é ligada a um sistema de engrenagens que,

²⁸ Transversal é aquilo que cruza, que atravessa determinado ponto. Segundo a geometria, transversal é a linha que é oblíqua em relação à referente. (Ciência. Significados. Disponível em <<https://www.significados.com.br/transversal/>>)

a cada 1,5 ou 10 voltas, atua num contato elétrico. Isso permite ao operador, na superfície, saber a velocidade do filete que está sendo analisado (Energês, 2022). Ou seja, a hélice acoplada a um conta-giros, é impulsionada pela velocidade da água, então a velocidade rotacional é transformada em uma estimativa da velocidade longitudinal da água.



Figura 3. Molinete hidrométrico (Fonte: ENERGÊS, 2022)²⁹.

Recentemente, os sensores acústicos Doppler (Figura 4) foram inventados e também podem ser utilizados para medir a velocidade da água.



Figura 4. Sensor acústico Doppler (HYDRO DEED, 2022)³⁰.

29 ENERGÊS. **O que é Molinete Hidrométrico.** 2022. Disponível em <<https://energes.com.br/o-que-e-molinete-hidrometrico/>>

30 HYDRO DEED. **Acoustic Doppler Current Meter.** Disponível em <<https://hydrodeed.com/product/acoustic-doppler-current-meter/>> 2022.

A figura acima mostra um sensor acústico Doppler. Eles medem a alteração da frequência de ondas de ultrassom na água. Esse é um equipamento bastante recomendado para medir a velocidade da água.

O perfilador acústico Doppler (ADCP), exibido na Figura 5, possui o funcionamento semelhante ao sensor acústico Doppler, anteriormente apresentado, mas com algumas vantagens.

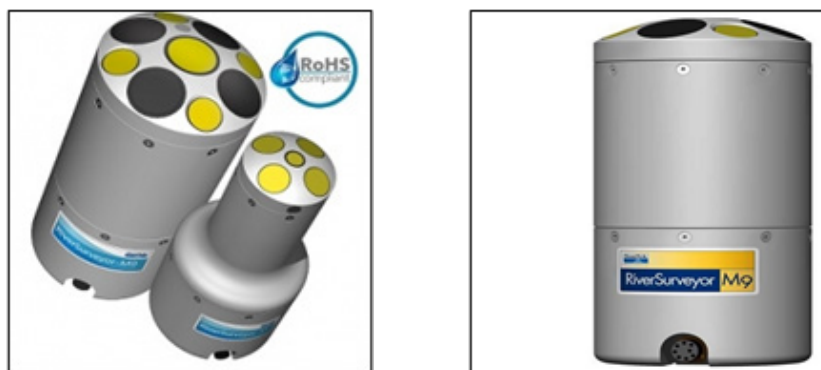


Figura 5. Perfilador acústico Doppler - ADCP (Instrumentación Analítica, S.A., 2022³¹)

O perfilador acústico Doppler (ADCP) também trabalha com ultrassom, mas a vantagem desse sistema é que ele permite medições em vários pontos ao mesmo tempo, como mostra a Figura 6 abaixo.

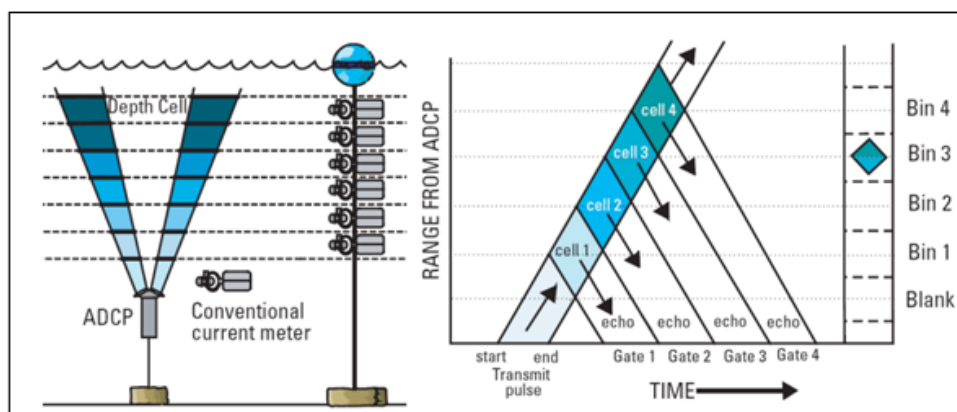


Figura 6. Diferença entre as medições com o perfilador acústico Doppler (ADCP) e o método convencional (VILANOVA et al., 2009)³².

31 INSTRUMENTACIÓN ANALÍTICA, S.A. **Perfilador acústico Doppler (ADCP)**. Disponível em <<https://www.instru.es/sistema-doppler-adcp-para-aforos-modelo-riversurveyor-m9>> 2022

32 VILANOVA, Mateus Ricardo Nogueira. VIANA, Augusto Nelson Carvalho. SILVA, Fernando das Graças Braga da. **Utilização de Perfiladores Acústicos Doppler para medição de vazão no Rio Sapucaí - MG.**

Vilanova et al. (2009)³³ explica que, durante medições com perfiladores acústicos Doppler de corrente (Figura 7), alguns trechos da área molhada da seção hidrométrica não são efetivamente medidos, sendo eles: faixa superficial; faixa de fundo e margens. A faixa superficial é um somatório da profundidade de imersão dos transdutores com o blanking distance (necessária para os transdutores – que são emissores e receptores – pararem de vibrar e receber o sinal de volta). Próximo ao fundo, ocorre o espalhamento do sinal, impedindo sua medição com precisão. Nesses casos, as vazões parciais são calculadas através de extrapolações dos perfis obtidos nas áreas medidas. Assim, o perfilador realiza a amostragem de várias velocidades dentro de cada célula, sendo a respectiva vazão calculada a partir da média destas velocidades (VILANOVA et al., 2009).

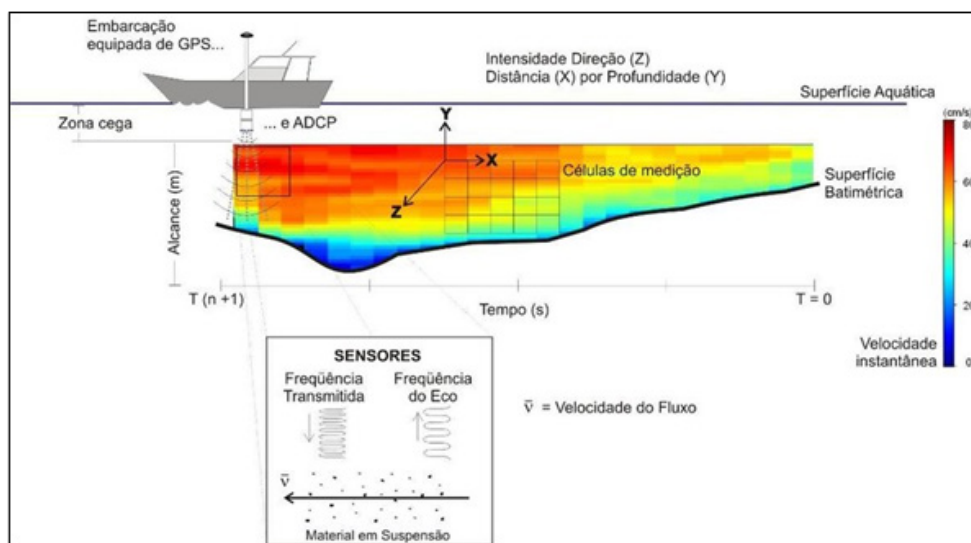


Figura 7. Ilustração do funcionamento do perfilador de correntes ADCP, que calcula as intensidades e direções por célula de medição, ao longo de um perfil. Os cálculos são feitos baseados no efeito Doppler, causado pela movimentação do material em suspensão, o qual ecoa uma frequência transmitida. O ponto de referência estático utilizado é a superfície batimétrica (MONTEIRO, 2011)³⁴.

33 VILANOVA, Mateus Ricardo Nogueira. VIANA, Augusto Nelson Carvalho. SILVA, Fernando das Graças Braga da. **Utilização de Perfiladores Acústicos Doppler para medição de vazão no Rio Sapucaí - MG.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 22 a 26 de novembro de 2009 - Campo Grande - MS Disponível em https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/6f69ec6b3aab7e61b107f1f9da06a519_935586e1c5cb818d32be21bb3a97b642.pdf

34 MONTEIRO, Leonardo. (2011). **Seabed of the Continental Shelf in Ceará Between Fortaleza and Icapuí.** 10.13140/RG.2.1.3523.7520. MONTEIRO, Leonardo Hislei Uchôa. Funcionamento do perfilador de correntes. ADCP. Agos. 2022. Disponível em <https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Illustracao-do-funcionamento-do-perfilador-de-correntes-ADCP-que-calculas-as_fig2_298343804>

Vilanova et al. (2009),³⁵ no XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, realizam os seguintes apontamentos em relação a esse instrumento:

Segundo Hirsch e Costa (2004), o maior avanço na medição de vazão em rios e canais nos últimos anos se deve à introdução dos perfiladores acústicos Doppler de corrente (ADCPs). Tais equipamentos utilizam-se de ondas acústicas em faixas tipicamente compreendidas entre 300 e 3.000 kHz (SIMPSON, 2001) para medir a vazão, através da mudança aparente da frequência das ondas, refletidas por material em suspensão (efeito Doppler). Esses equipamentos calculam a vazão em uma seção de forma indireta, através da determinação dos perfis de velocidade da seção de acordo com a velocidade relativa entre as partículas em suspensão e o equipamento, além da área molhada, obtida por sondagem batimétrica simultânea. São várias as vantagens dos ADCPs em relação aos equipamentos tradicionais de medição de vazão. A medição de vazão com molinetes hidrométricos exige, dependendo das dimensões do rio, várias medições individuais ao longo da seção, que geralmente compreendem várias horas de trabalho. Já as medições com perfiladores Doppler são significativamente mais rápidas, durando minutos ao invés de horas, tendo resultados igualmente precisos (MORLOCK, 1996; MUELLER, 2003). Além disso, ADCPs permitem medir em condições ambientais adversas como enchentes, onde, além dos aspectos técnicos, devem-se considerar os aspectos logísticos e de segurança. No Brasil, os perfiladores Doppler foram utilizados pela primeira vez em 1994, no Rio Solimões, pela equipe do Projeto Hidrologia da Bacia Amazônica (HiBAm), durante o Curso Internacional de Medição de Descarga Líquida em Grandes Rios, organizado pelo Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO), num total de 12 campanhas hidrométricas (HIBAM, 1994).

Nesse sentido, é importante reafirmar que, tão necessário quanto a disponibilização de equipamentos modernos, é a capacitação de profissionais para a sua operação. Em outras palavras, para aprimorar a gestão de recursos hídricos, é essencial reforçar as seguintes bases: ampliar a rede de coleta de dados hidrológicos, seguindo as recomendações da OMM. Priorizar a utilização de equipamentos mais modernos na hidrometria, que otimizem tempo e recursos, pois a região hidrográfica possui muitos mananciais sem coleta de dados hidrométricos, e investir em recursos humanos para operar os sistemas de forma competente, com o objetivo de mitigar possíveis inconsistências.

35 VILANOVA, Mateus Ricardo Nogueira. VIANA, Augusto Nelson Carvalho. SILVA, Fernando das Graças Braga da. **Utilização de Perfiladores Acústicos Doppler para medição de vazão no Rio Sapucaí - MG.** XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 22 a 26 de novembro de 2009 - : Campo Grande - MS Disponível em <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/6f69ec6b3aab7e61b107f1f9da06a519_935586e1c5cb818d32be21bb3a97b642.pdf>

3.3.1.1.1.2 ESTIMATIVA DE VELOCIDADE

É possível estimar, de maneira aproximada, a velocidade da água de forma rudimentar, com o uso de flutuadores, e medir o tempo que ela leva para percorrer uma distância conhecida. Nesse método, uma garrafinha de água vazia, devidamente tampada, é lançada a montante³⁶ na seção do manancial, e mede-se o tempo que ela gasta para percorrer o trajeto até a seção conhecida à jusante³⁷ (Figura 8).

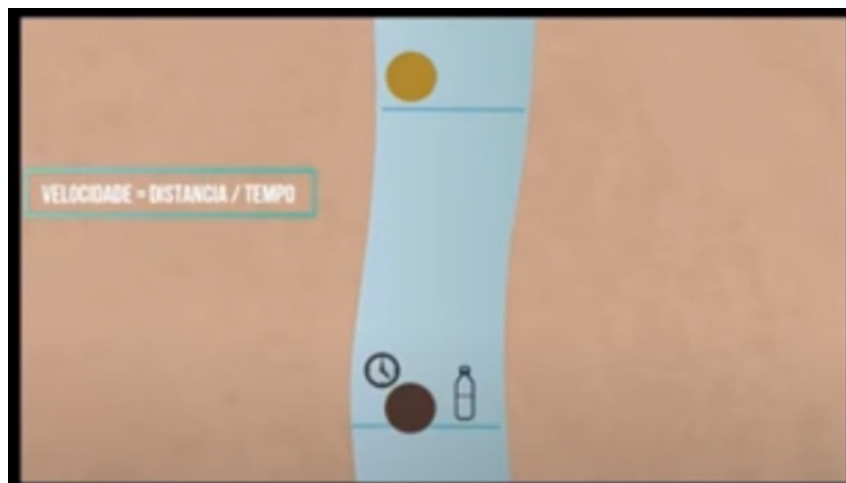


Figura 8. Ilustração do método de estimativa de velocidade (Fonte: COLLISCHONN, 2022)³⁸

A figura acima ilustra este método, desenvolvido pelo Departamento de Qualidade Ambiental do Arizona (Department of Environmental Quality - ADEQ), e foi apresentado pelo professor Dr. Walter Collischonn³⁹ na aula de introdução aos métodos de medição de vazão em rios, do Curso de Hidrologia I, na UFRGS. Nela, é possível compreender que a estimativa da velocidade de escoamento é dada pela equação que divide a distância percorrida pelo tempo gasto pelo flutuador para percorrer esse caminho. O principal problema com esse método, é que a velocidade do flutuador não é a velocidade média. Essa limitação está relacionada aos perfis de velocidade nos rios, e esse tema será explicado no tópico a seguir.

36 A montante é um lugar situado acima de outro, em relação a um rio. A montante é o lugar que está mais próximo das cabeceiras de um rio, a nascente é o ponto mais a montante de um rio.

37 O sentido da correnteza num curso de água (da nascente para a foz).

38 COLLISCHONN, W. **Aula de Introdução aos métodos de medição de vazão em rios.** Curso de Hidrologia I. Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=iTgg8sCnSB0>> 2022

39 Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (2002) Professor Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil (Fonte: Currículo Lattes disponível em <<https://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/busca.do>>)

3.3.1.1.3 PERFIS DE VELOCIDADE EM RIOS

Nos rios, as correntes mais fortes encontram-se no centro e perto da superfície, onde não são perturbadas pela fricção com as margens e com o fundo. À medida que a água corre em torno de uma curva num rio, a sua velocidade aumenta no exterior da curva, correndo mais devagar no seu interior (AQUARET, 2022)⁴⁰. Veja na representação da Figura 9 abaixo.

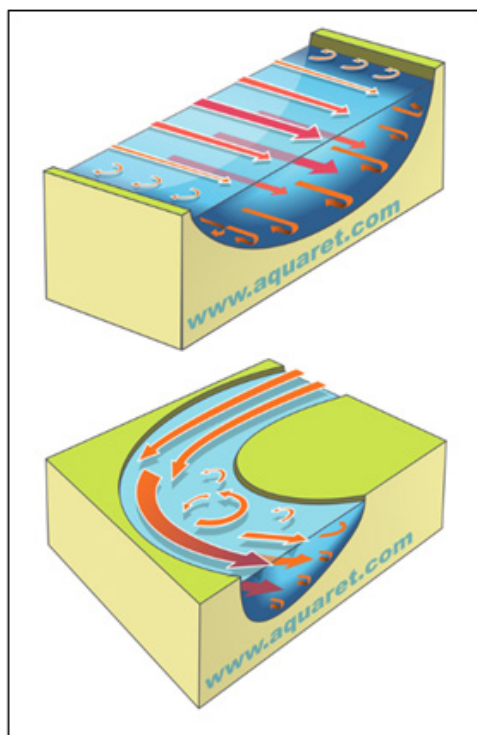


Figura 9. Correnteza diferenciada em mananciais naturais (Fonte: Aquaret, 2022).

Como a velocidade da água não é igual em todos os pontos, ou seja, a correnteza é mais forte no centro da seção próxima à superfície, e mais baixa nas margens e no fundo do rio, medir a velocidade com precisão é desafiador. Para estimar a velocidade média com maior precisão é necessário realizar a medição em muitos trechos diferentes do rio (em relação ao fundo e em relação às margens) como mostra a Figura 10, abaixo.

⁴⁰ AQUARET. **Corrente do Rio**. Disponível em <https://aquaret.com/index5937.html?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=231&lang=pt> 2022.

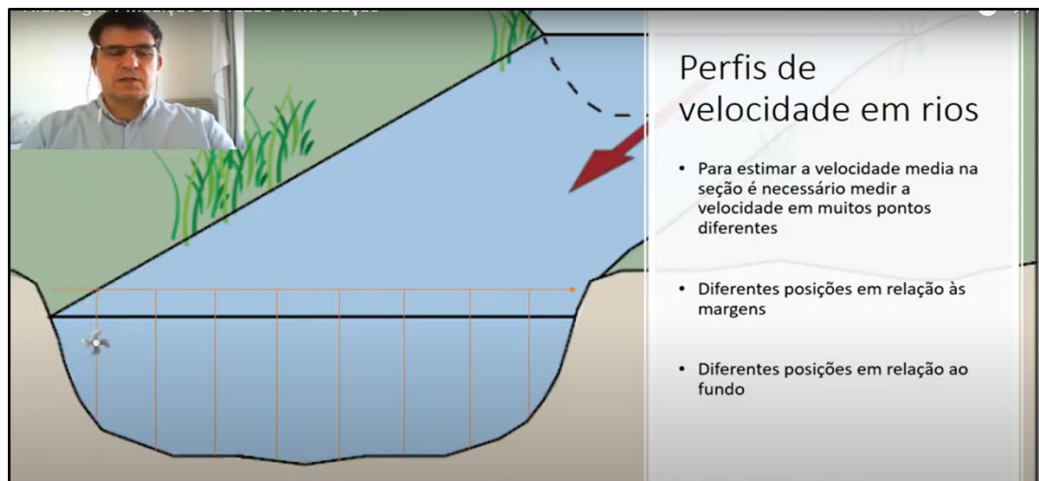


Figura 10. Perfis de velocidade em rios (Fonte: COLLISCHONN, 2022)⁴¹

Desse modo, é possível estimar a velocidade média da água em um trecho do manancial. Essa variável é muito importante para se obter a vazão por métodos diretos. No próximo item, explicaremos os métodos de medição indireta da vazão.

3.3.1.1.2 MEDIÇÃO INDIRETA DA VAZÃO

A medição indireta da vazão é baseada na medição de nível, em vertedores e calhas, pois nesses tipos de estruturas é possível estabelecer relações matemáticas entre o nível e a vazão. Figura 11.

Medição indireta da vazão

- Vertedores e calhas tem uma relação conhecida entre a vazão e o nível.
- Vazão pode ser estimada com base na medição do nível da água.

Vertedor triangular com ângulo de 90°:

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} C_D \tan \frac{\theta}{2} h^{5/2}$$

Figura 11. O vertedouro e a calha (Fonte: COLLISCHONN, 2022).

41 COLLISCHONN, W. **Aula de Introdução aos métodos de medição de vazão em rios.** Curso de Hidrologia I. Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=iTgg8sCnSB0>> 2022

Medir nível é menos complicado do que medir vazão. Nesses casos, a vazão é estimada com base numa relação matemática delineada a partir da medição do nível. No próximo item trataremos de outro método de medição indireta de vazão denominado curva chave.

3.3.1.1.2.1 CURVA-CHAVE

Outro tipo de medição indireta de vazão, bastante difundido em mananciais, é a denominada curva-chave. Em alguns locais, é possível obter uma boa relação empírica⁴² entre a vazão e o nível da água, mesmo sem instalar calhas ou vertedores (Figura 12).

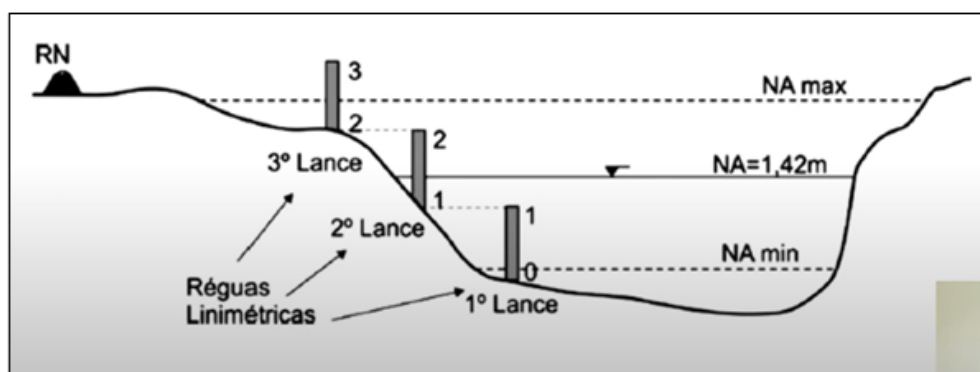


Figura 12. Esquema de posicionamento de lances das régulas linimétricas numa seção transversal de um manancial (Fonte: COLLISCHONN, 2022).

Isso é feito realizando medições simultâneas de cota do nível da água e da vazão, e ajustando uma curva de dados observados (Figura 13).

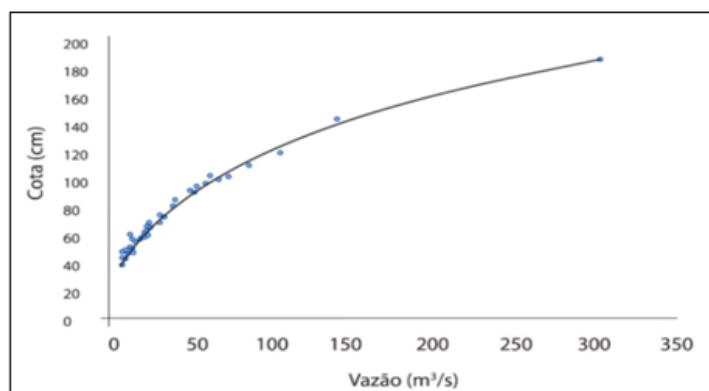


Figura 13. Curva-chave (Fonte: COLLISCHONN, 2022).

⁴² É baseada somente na observação mais do que em uma teoria. Uma relação empírica requer somente confirmação de dados.

Esse ajuste, entre as cotas e as vazões, ambas medidas simultaneamente, permite a estimativa da vazão diária de uma estação fluviométrica.

Estação fluviométrica é a seção de um manancial em que são instalados equipamentos para monitoramento de cota e vazão. Esses equipamentos de monitoramento podem variar de acordo com a necessidade local ou tamanho da bacia hidrográfica. De acordo com a ANA (2009), o levantamento das informações necessárias à Hidrologia é realizado através de redes de estações hidrométricas, cujas séries de dados têm sua importância proporcional à sua extensão temporal.

Na Figura 14 é possível observar alguns exemplos de estações fluviométricas.



Figura 14: Estações fluviométricas disponibilizadas pelo inventário de estações da ANA (2009)⁴³

Os dados relativos à situação dos rios costumam ser observados nos postos fluviométricos, onde a altura do nível da água é obtida com o auxílio de réguas limimétricas ou coletados em linígrafos (aparelho registrador automático) e, de acordo com Carvalho (2006), de posse das referidas alturas, pode-se estimar a vazão em uma determinada seção do curso d'água por meio de uma curva-chave. A esta curva, relaciona-se uma altura do nível (observável na régua) no curso d'água a uma vazão (Figuras 13, 14 e 15).

43 ANA (Agência Nacional de Água e Saneamento Básico). **Inventário das Estações Fluviométricas**. 2ª Edição: Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília - DF. 2009. Disponível em <<https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>>

Assim, é possível gerar informações que auxiliam na prevenção, análise e elaboração de prognósticos sobre cheias e secas, sobre a manutenção do ecossistema, agricultura, navegação e abastecimento público.

Na Figura 15 a seguir, é possível visualizar a disposição espacial dos equipamentos mencionados (régua linimétrica e linígrafo) em uma estação fluviométrica.

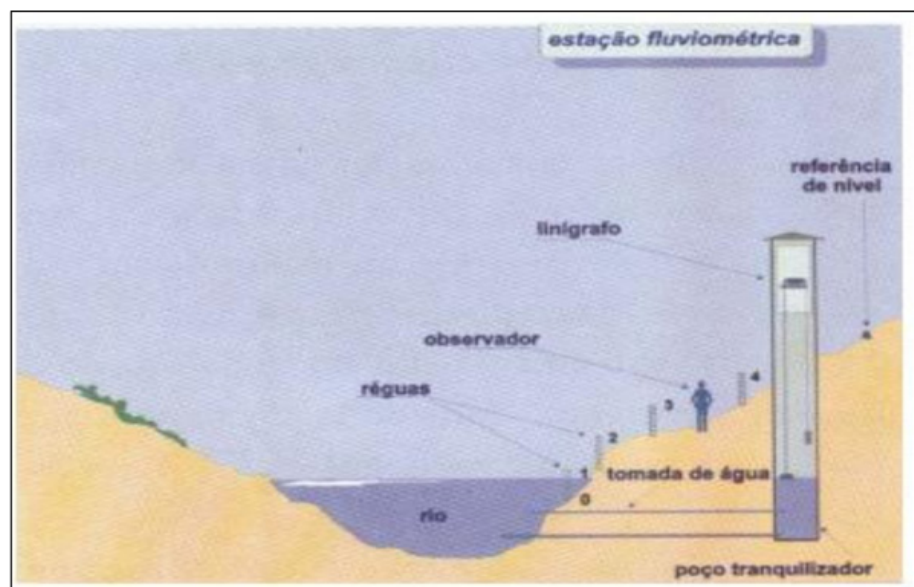


Figura 15. Estação Fluviométrica com régua linimétrica e linígrafo (Fonte: CARVALHO, 2006)⁴⁴

De acordo com Carvalho (2006), a escolha do local de instalação dos postos fluviométricos não segue uma regra geral, porém, deve-se atentar para os seguintes detalhes: a instalação deve ser realizada em um trecho retilíneo, com uma seção transversal onde a velocidade do fluxo é, se possível, estável a qualquer cota, tanto em estiagem como em cheia. Deve existir à jusante uma seção de controle estável que permita manter idênticas as condições de escoamento ao longo do tempo (em pequenos rios, se essa seção não existir, pode ser construída). Em geral, é muito difícil achar o local ideal e a escolha de uma estação fluviométrica obedece a outras considerações: proximidade de um possível observador, acesso, lugar de obras projetadas, existência de uma ponte que pode ser usada para medir as vazões etc.

44 CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. 2006. Disponível em <<https://fdocumentos.tips/document/apostila-de-hidrologia-568838d76f2a0.html?page=1>> Acesso em: ago 2022.

Conforme Paiva (2022)⁴⁵ existe uma série de requisitos técnicos, medidas e observações que devem ser considerados para a instalação de um posto ou estação fluviométrica. Para tanto, para selecionar a localização mais adequada para a instalação de novas estações hidrométricas, deve-se observar os seguintes aspectos: relação biunívoca⁴⁶ entre vazão e nível d'água requer: regime permanente e uniforme (declividade constante) ou regime crítico (ideal regime crítico a jusante). Ex.: Ponte, queda d'água, vertedor; lugar de fácil acesso; forma regular da seção, trecho retilíneo, margem e leito não erodíveis, velocidade entre 0.2 e 2 m/s.

Em outras palavras, o trecho do rio selecionado para instalar uma nova estação precisa ser estável, por exemplo, não pode ser um trecho suscetível a mudanças de curso, ou de formato do leito, como ocorre em alguns trechos no Pantanal, devido ao excesso de sedimentação.

Por fim, para selecionar a localização mais adequada para a instalação de novas estações hidrométricas, deve-se observar também as seguintes publicações:

- » Publicações disponíveis no sítio da ANA (<https://www.gov.br/ana/pt-br>), principalmente as ligadas à Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGRH).
- » Publicações da OMM, agência da Organização das Nações Unidas (ONU) que, de acordo com ALTOÉ & COELHO(2018)⁴⁷ e com a OMM (1994)⁴⁸, recomendam a revisão periódica das redes hidrométricas levando-se em conta a redução das incertezas hidrológicas.

Essas instituições, por sua vez, reúnem, no Brasil e no mundo, os principais instrumentos, ações e publicações para a gestão dos recursos hídricos.

45 PAIVA, Rodrigo. **Medição de vazão**. Documento: PDF (99 páginas) 4.8 MB. Publicado em: 2022-03-07. Disponível em <<https://doceru.com/doc/vssv1cx>>

46 O termo biunívoco (de bi + unívoco). É um vocábulo da área da Matemática que significa, por exemplo, na expressão correspondência biunívoca, o seguinte: «correspondência em que a um elemento de um primeiro conjunto corresponde um elemento de um segundo conjunto, e reciprocamente. Nesse caso, significa que a expressão matemática que descrever o comportamento da vazão também precisa descrever o nível medido na régua (isso tem uma relação forte com o processo de calibração da **Curva-chave** descrito no início desse subitem “**Isso é feito realizando medições simultâneas de cota do nível da água e a vazão, e ajustando uma curva de dados observados (Figura 13)**”

47 ALTOÉ, Solivan & COELHO, Adilson Marcio. **Determinação de áreas para instalação de instrumentos hidrometeorológicos em microbacias por meio do SIG**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 37, n. 4, p. 865 - 881, 2018.

48 OMM - Organização Meteorológica Mundial. **Guia para práticas hidrológicas: Aquisição e processamento de dados, análises, estimativas e outras aplicações**, 15.ed., 1994. 735p

3.3.1.1.2.2 MÉTODO DA DILUIÇÃO

Esse método é adequado para mananciais com leito extremamente irregular, em que seria muito difícil aplicar um método tradicional, como velocidade X área, por exemplo. Isso ocorre porque o excesso de turbulência dificulta a medição da velocidade. Medir a área da seção seria uma tarefa muito difícil devido à complexidade do leito desse rio.

No método da diluição de traçadores, uma substância é lançada no rio a montante, a jusante é coletada uma amostra, a concentração da substância é medida e finalmente a vazão é estimada. O professor Walter Collischonn do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS elaborou uma aula sobre esse assunto, que pode ser consultada em Collischonn (2020)⁴⁹.

Com esse subitem, finaliza-se a explicação do porquê da complexidade no que diz respeito à obtenção de dados de vazão, além de demonstrar como são essenciais para a gestão dos recursos hídricos. No próximo item, retomaremos os conhecimentos das variáveis envolvidas na regionalização de vazões.

3.3.2 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Na regionalização de vazões, são criadas funções matemáticas que relacionam a vazão na bacia com variáveis menos difíceis de medir ou estimar (Figura 16), tais como: área da bacia, precipitação média na bacia, declividade do rio principal, densidade de drenagem, fração da área da bacia com litologia A, B ou C. A seguir, essas variáveis e suas respectivas relações com a confecção da regionalização de vazões, serão explicitadas.

Na figura 16, o autor exibe diversos pontos de medição contínua de vazão, representados pelos triângulos pretos. Ele também exibe um ponto de interesse para a captação, representado em vermelho e com a etiqueta “Q=?”. Nesse local, não se tem dados de vazão ao longo do ano, os quais seriam necessários para disponibilizar água para um determinado uso, de modo que fosse suficiente para a atividade, sem prejudicar as funções ecológicas e sociais daquele manancial. Em outras palavras, não seria possível realizar as concessões de outorga dos recursos hídricos, prevendo inclusive novos usuários. Esse é um exemplo da carência de dados de vazão e da obrigatoriedade de se regionalizar a vazão para se realizar a gestão, ou seja, há a necessidade de estimar a vazão para aqueles pontos desprovidos de dados.

49 COLLISCHONN, Walter. **Hidrologia 1 Medição de vazão 4 Diluição**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 29 de jul. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=qJU3v7W698Q>>



Figura 16. Objetivo da regionalização (SILVA, 2020⁵⁰).

A partir de um conjunto de dados de vazão e de características espaciais da bacia, também relacionadas à vazão, é possível criar funções matemáticas, em softwares comuns, como o Excel, por exemplo, que permitam estimar a vazão para os locais onde não se tem medições contínuas. Esse procedimento se denomina regionalização de vazões (Figura 17).

Exemplo: $Q_{50} = 0,01294.A^{0,979}$

Figura 17. Exemplo de equação regional (SILVA, 2020⁵¹).

A área da bacia hidrográfica é aquela região drenada por um conjunto de mananciais que escoam no mesmo sentido e vão em direção à porção mais baixa da área topográfica, gerando canais e alimentando, assim, os mananciais ou aquíferos, ou melhor, a vazão dos mananciais. Essa equação regional do exemplo nos dá uma determinada vazão de referência (Q_{50}) a partir do tamanho da área da bacia hidrográfica representada pela letra A. O autor explica que basta coletar o tamanho da bacia (um software de geotecnologia pode te fornecer esse dado espacial), lançar esse dado na equação regional e então é possível obter a vazão de referência (Q_{50}) estimada do local de interesse dentro dessa região homogênea.

50 SILVA, Benedito Cláudio da. **Introdução à Regionalização de Vazões**. Canal da Hidrologia. 8 de out. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=JWPCfV6z7xs>>

51 SILVA, Benedito Cláudio da. **Introdução à Regionalização de Vazões**. Canal da Hidrologia. 8 de out. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=JWPCfV6z7xs>>

Esse tipo de metodologia pode ser utilizado para a obtenção de outros tipos de vazão de referência para a outorga. Dessa forma, o autor argumenta que uma equação regional de vazão pode ser construída para estimar vazão e subsidiar o processo de outorga para as vazões mínimas como a $Q_{7,10}$, médias, máximas como a $Q_{TR=100 \text{ anos}}$, e para as vazões da curva de permanência como a Q_{50} , a Q_{90} , e a Q_{95} (essa última utilizada no estado de Mato Grosso).

Um dos métodos de se obter a vazão para áreas sem dados é por meio da relação entre áreas de drenagem (Figura 18).

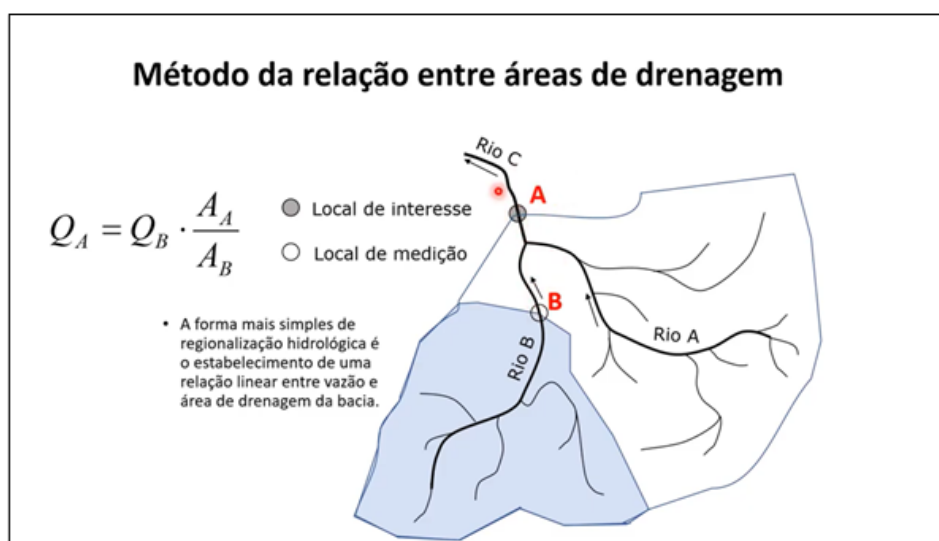


Figura 18. Método que relaciona a área da bacia hidrográfica com a vazão (Fonte: SILVA, 2020)⁵².

Nesse caso, temos os dados contínuos de vazão obtidos pelos métodos tradicionais, anteriormente descritos em uma bacia hidrográfica monitorada por postos fluviométricos, por exemplo, aqui, representada pelo ponto B e a área cinza. Também temos uma bacia hidrográfica sem esse monitoramento de vazão, e, portanto, sem dados, aqui, representada pela área em branco e pelo ponto A. O ponto A, pode ser o local onde se pretende instalar um projeto de irrigação por exemplo, mas como esse local não tem dados de vazão medidos, para que isso seja realizado, é necessário estimar. A metodologia mais adequada nesse caso pode ser a da relação entre as áreas de drenagem. Então, nesse exemplo, pode-se transpor os dados de vazão medidos no ponto B para uma área semelhante (ponto A) em que se estabeleceu uma relação linear entre a vazão e a área da bacia. A relação é explicada pela equação acima, em que a

⁵² SILVA, Benedito Cláudio da. **Introdução à Regionalização de Vazões**. Canal da Hidrologia. 8 de out. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=JWPCfV6z7xs>>

vazão no ponto A é igual a vazão no ponto B, vezes a área do ponto A (que inclui as áreas de contribuição dos rios A e B), dividida pela área da bacia até o ponto B (área de contribuição do ponto B aqui representada em cinza).

Esse tipo de método é muito utilizado, principalmente para vazão média, máxima média e para vazões de curva de permanência. Existem algumas limitações, e não é um método recomendado para vazões mínimas⁵³. Além disso, as áreas de contribuição das bacias com e sem dados, precisam ser semelhantes, o limite máximo recomendável é de $4X^{54}$ o tamanho da área de drenagem.

Um método equivalente ao da relação entre áreas de drenagem é o método da vazão específica, que consiste em dividir a vazão de interesse pela área da bacia: é a produção de vazão por unidade de área da bacia. Com esse método, pode-se definir uma região homogênea, em que os valores são iguais ou muito próximos. A vazão específica é igual a vazão de referência (pode ser média, máxima ou mínima, por exemplo) dividida pela área da bacia. Se dá em m^3 por segundo, por km^2 ou em litros por segundo por km^2 . Esse cálculo é feito para diferentes pontos da bacia onde se tem dados medidos, com o objetivo de se encontrar regiões homogêneas e, havendo a necessidade de se estimar a vazão de referência para essas bacias em locais sem dados, a fórmula pode ser aplicada (Figura 19). Ou seja, a partir das vazões específicas calculadas com base em dados medidos (vazão e área), pode-se calcular a vazão (onde não se tem o dado), com base no dado da área da bacia, coletado por geotecnologia.

$$q_{90} = \frac{Q_{90}}{A}$$

$$q_{7,10} = \frac{Q_{7,10}}{A}$$

$$q_{med} = \frac{Q_{med}}{A}$$

Figura 19. Método da vazão específica (Fonte: SILVA, 2020⁵⁵).

53 Pelo risco de erro. Por exemplo, se esse método de relação entre áreas superestimar a vazão mínima, ele pode levar o gestor a outorgar mais água do que o rio suportaria, então a vazão ecológica não seria respeitada, o manancial corre o risco de ser impactado e o usuário pode não ter a sua demanda atendida.

54 Acima disso seria uma extrapolação exagerada.

55 SILVA, Benedito Cláudio da. **Introdução à Regionalização de Vazões**. Canal da Hidrologia. 8 de out. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=JWPCfV6z7xs>>

A letra “A” quer dizer a área da bacia. As vantagens dos métodos, da relação de área e da vazão específica são a facilidade e a rapidez com que se pode calcular as vazões. São recomendados quando se tem homogeneidades com relação ao relevo, clima, solo e geologia. As desvantagens desses métodos estão relacionadas às heterogeneidades físicas entre bacias hidrográficas.

De acordo com Silva (2020), o método mais usado pela ANA e pelos órgãos gestores federais e estaduais de recursos hídricos, é o Método das Equações Regionais, que consiste em estabelecer uma equação de regressão, entre a vazão de interesse e as características das bacias hidrográficas de uma região. A equação mais comum é com a área de drenagem “A” (Figura 20).

$$Q = a \cdot A^b$$

Figura 20. Método das equações regionais (Fonte: SILVA, 2020⁵⁶).

a^{57} e b devem ser obtidos a partir de dados de postos fluviométricos em uma região homogênea. Se estabelece uma equação de regressão linear ou potencial (como a do exemplo acima), entre a vazão e uma característica da bacia, nesse caso, a área. Pode ser uma equação diferente desta, mas geralmente a variável que mais explica a vazão é a área (A significa área da bacia). Portanto, em geral, existe uma relação com a área, mas a relação com outras variáveis também pode ser expressa na equação.

Essas equações regionais são válidas para uma mesma região homogênea, em que se tenha características espaciais semelhantes de clima, litologia, solos, vegetação, declive etc. Ou seja, se essas características forem semelhantes, inclusive a precipitação, então é esperado que a vazão seja parecida. Essa regionalização pode ser feita como no exemplo a seguir, em que o método é aplicado em vazões médias, como apresentado na Figura 21.

⁵⁶ SILVA, Benedito Cláudio da. **Introdução à Regionalização de Vazões**. Canal da Hidrologia. 8 de out. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=JWPCfV6z7xs>>

⁵⁷ Tanto “a” quanto “b” são outras características da bacia, e podem ser a precipitação média na bacia, declividade do rio principal, densidade de drenagem, fração da área da bacia com litologia A, B ou C, fração da área da bacia com uso da Terra X, Y ou Z...entre outras características possíveis de se obter remotamente.

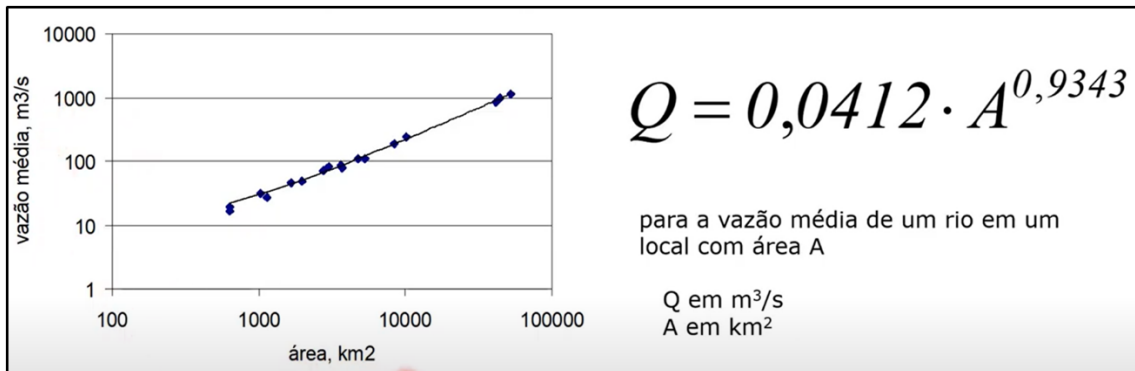


Figura 21. Regionalização de vazões médias (Fonte: SILVA, 2020).

Esse gráfico da figura acima, produzido no software Excel, relaciona, no eixo Y, a média das vazões medidas em postos fluviométricos de uma bacia e, no eixo x, um conjunto homogêneo de bacias hidrográficas com suas respectivas áreas de drenagem. Por fim, cada ponto em azul representa um posto fluviométrico. Construído o gráfico, se ajusta uma linha de tendência (representada pela reta do gráfico, a que liga os pontos). É essa linha de tendência que produz a equação regional, que torna possível estimar a vazão média em função da área de drenagem, neste caso, e nesta região, para locais onde não se tem medições. Por exemplo, de posse dessa equação regional, é possível estimar numa planilha de Excel, a vazão média em m³/s, para locais sem dados medidos dentro dessa região homogênea, apenas aplicando a fórmula e inserindo os dados das áreas de contribuição dos seus locais de interesse.

Outras variáveis podem ser incluídas na equação regional, além da área de drenagem, como a precipitação média anual, as frações de florestas, tipos de solos, formações geológicas, de urbanização, a declividade, comprimento de rio, densidade de drenagem dentre outras características das bacias hidrográficas. Alguns tipos de equações regionais são apresentados na Figura 22 abaixo.

<p><i>Modelo linear</i></p> $Q = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 L + \beta_3 Dd + \beta_4 P$
<p><i>Modelo potencial</i></p> $Q = \beta_0 A^{\beta_1} L^{\beta_2} Dd^{\beta_3} P^{\beta_4}$
<p><i>Modelo exponencial</i></p> $Q = e^{(\beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 L + \beta_3 Dd + \beta_4 P)}$
<p><i>Modelo logarítmico</i></p> $Q = \beta_0 + \beta_1 \ln A + \beta_2 \ln L + \beta_3 \ln Dd + \beta_4 \ln P$

Figura 22. Tipos de equações regionais (Fonte: SILVA, 2020).

Na primeira equação, do tipo linear, pode-se ter mais de uma variável representada, como Área (A), Comprimento de rio (L), Densidade de drenagem (Dd) e Precipitação (P). Pode ser também potencial, exponencial e também logarítmica. As mais utilizadas são as do tipo linear e potencial, pois são as que mais ajudam a explicar a distribuição.

De acordo com o autor, na maior parte dos casos, a área é a variável que melhor explica a vazão e, em casos específicos, outras características da bacia podem ajudar a explicar ou até ter maior relação com a vazão. São elas: Comprimento de rio (L), Densidade de drenagem (Dd), Precipitação média (P), Fração de floresta (Ff), ou de solo (Fs) ou de litologia (lit) entre outras características.

Na literatura, há exemplos que confirmam esse comportamento da vazão. Ribeiro et al. (2005)⁵⁸ enfatiza que:

Dentre as características físicas e climáticas usadas na regionalização, a área de drenagem foi a que melhor explicou o comportamento das vazões mínimas na bacia do Rio Doce, estando presente na maioria das equações de regressão apresentadas. As demais metodologias foram mais eficientes na estimativa de vazões em situações em que a seção onde se deseja determinar a vazão está localizada entre dois postos de vazão conhecida. As metodologias de Chaves et al. (2002)⁵⁹ e interpolação linear foram mais eficientes na estimativa de vazões em situações em que a seção na qual se deseja determinar a vazão esteja localizada entre dois postos de vazão conhecida. A melhor metodologia de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do Rio Doce foi a tradicional, baseada na utilização de equações de regressão regionais com erro relativo médio de 16,56 %. (RIBEIRO, 2005, p. 116)

Dito isso, é importante mostrar algumas colocações realizadas por Ribeiro et al. (2005). Ele explica que algumas metodologias de regionalização de vazões têm sido propostas, tais como: a metodologia tradicional descrita por Eletrobrás (1985)⁶⁰,

58 RIBEIRO, Celso Bandeira de Melo; MARQUES, Felipe de Azevedo; SILVA, Demetrius David da. **Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a Bacia do Rio Doce**. Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.13, 0.2, 103-117, Abr./Jun., 2005. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Celso-Ribeiro-4/publication/315815437_Estimativa_e_regionalizacao_de_vazoes_minimas_de_referencia_para_a_bacia_do_rio_Doce/links/58e7d589458515e30dcad04b/Estimativa-e-regionalizacao-de-vazoes-minimas-de-referencia-para-a-bacia-do-rio-Doce.pdf>

59 CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. **Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7(3), pp. 43-51, 2002.

60 ELETROBRÁS - Centrais Hidrelétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro RJ, 202 p., 1985.

que utiliza equações de regressão regionais, aplicadas a regiões hidrologicamente homogêneas; a interpolação linear, descrita por Eletrobrás (1985), que utiliza vazões correspondentes às áreas de drenagem das seções fluviométricas mais próximas; a metodologia de Chaves et al. (2002)⁶¹, que utiliza técnicas de interpolação e extrapolação de vazões, com soluções que dependem da posição relativa da seção de interesse, em relação aos postos fluviométricos mais próximos.

Nesse ramo, destacam-se os trabalhos desenvolvidos por Azevedo (2004)⁶², Pinto e Alves (2003)⁶³, Araújo e Tavares (2003)⁶⁴, Silva et al. (2002a)⁶⁵, Silva et al. (2002b)⁶⁶, Baena (2002)⁶⁷ e Euclides (2001)⁶⁸. Azevedo (2004) avaliou as metodologias: tradicional, descrita pela Eletrobrás (1985) de Chaves et al. (2002) e baseada na interpolação linear para a regionalização de vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}) para uma sub-bacia, verificando que a melhor metodologia de regionalização foi a tradicional, baseada na utilização de equações de regressão regionais, com erro relativo médio de 13,58% e coeficiente de eficiência de Nash e Sutcliffe médio de 0,97.

Pinto e Alves (2003) utilizaram a metodologia de regionalização Index Flood, baseada no uso dos momentos-L e na utilização das estatísticas definidas por Hosking e Wallis, para estimar as vazões médias de longo termo, máximas e mínimas com diferentes durações para a bacia do alto São Francisco. Araújo e Tavares (2003) trabalharam com a mesma metodologia de regionalização para a bacia do

61 CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. **Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7(3), pp. 43-51, 2002.

62 AZEVEDO, A. A. **Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do Rio Paranã.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa- MG, 101 p., 2004.

63 PINTO, E. J. A. & ALVES, M. M. S. **Regionalização de vazões da bacia do alto São Francisco.** in XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba- PR, Nov. 2003.

64 ARAÚJO, L. M. N.; TAVARES, J. C. **Regionalização de vazões da bacia do rio Paraíba do Sul.** in XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba- PR, Nov. 2003. Anais em CD, 2003.

65 SILVA, D. D. et al. **Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 51.** Brasília:ANEEL; Viçosa-MG: UFV, 207p., 2002a.

66 SILVA, D. D. et al. **Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 52.** Brasília: ANEEL; Viçosa-MG: UFV, 138p., 2002b.

67 BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa- MG, 135 p., 2002.

68 EUCLYDES, H. P. et al. **Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais.** in Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 6N.2 Abr./Jun. de 2001, pp. 81 -105,2001.

Rio Paraíba do Sul. Silva et al. (2002a) e Silva et al. (2002b) utilizaram o método tradicional, proposto por Eletrobrás (1985), para regionalizar as vazões máxima, mínima e média de longo período e as curvas de permanência e de regularização nas bacias do Rio Paraguaçu e Rio de Contas, respectivamente.

Baena (2002) utilizou o método tradicional, proposto por Eletrobrás (1985), para regionalizar as vazões máxima, mínima e média de longo período para a bacia do Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Volta Redonda. Como resultado, pode-se destacar que a área de drenagem caracterizou-se como a variável mais explicativa da vazão específica máxima e média de longo período, sendo que a área de drenagem e o comprimento do rio foram as variáveis que melhor representaram a vazão mínima.

Como já foi descrito, inúmeras variáveis são necessárias e interferem no resultado final da regionalização de vazão, mas é um consenso que o detalhamento dos mapeamentos realizados, ou seja, a qualidade do dado, interfere na precisão e na qualidade dos resultados. Uma vez realizados os mapeamentos em escalas adequadas, estes darão suporte a estudos específicos que responderão a perguntas estratégicas. Porém, o Brasil ainda carece de investimentos no setor de coleta de dados.

Há limitações nas aplicações das regionalizações de vazões. Não é possível aplicá-las quando existe a influência de barramentos com regularização de vazões, retiradas significativas de água ou transposição de bacias (SILVA, 2020), eventos que interferem e modificam a vazão natural do curso de água.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DOS DADOS, MAPAS E DOCUMENTOS EXISTENTES PARA REGIONALIZAR A VAZÃO NA BHRJ

Conforme a plataforma da ANA⁶⁹, as informações disponibilizadas pelo órgão são provenientes dos dados coletados pela RHNR, que reúne informações de níveis fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Trata-se de uma importante ferramenta para a sociedade e instituições públicas e privadas, pois os dados coletados pelas estações hidrometeorológicas são imprescindíveis para a gestão dos recursos hídricos. Eles estão disponíveis no Portal HidroWeb, que é a plataforma oficial de dados públicos da ANA, se referem à dados hidrometeorológicos cuja coleta é realizada de maneira convencional, ou seja, são registros diários feitos pelos observadores e medições feitas em campo pelos técnicos em hidrologia e engenheiros hidrólogos.

69 Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>

No entanto, alguns erros naturalmente podem ocorrer, o que pôde ser percebido principalmente há algumas décadas, quando o serviço de monitoramento dependia de pessoal treinado para realizar as medições manualmente, o que gerava muitos erros e horas dedicadas. Atualmente já se pode contar com a implantação de postos de telemetria, nos quais as medições são realizadas automaticamente de maneira remota e esta tecnologia tem sido cada vez mais aplicada pelos órgãos gestores ambientais. Porém, como todo sistema, também pode apresentar problemas técnicos e prejudicar as medições. A telemetria significa: tele = de forma remota; metria = medição. Por isso, a ANA realiza aferições nos dados, com base na consistência deles.

Os dados são disponibilizados aos usuários de duas formas: ou brutos, ou validados (consistidos). Neste último caso, significa que passaram por um processo de aferição por meio de análise estatística, a fim de comprovação da qualidade do dado.

Com o objetivo de checar quantos poços fluviométricos existem, e quantos deles estão em operação na bacia do Rio Juruena, foi realizada investigação para identificar as principais fontes fornecedoras de dados. Três fontes de dados principais foram elencados: 1) a plataforma da ANA (HidroWeb); 2) a Plataforma da INDE e 3) o Projeto da UFRGS – ANA Acquisition⁷⁰. Abaixo, é possível encontrar maior detalhamento sobre a procedência dos dados.

3.4.1. BASE DE DADOS ANA DATA ACQUISITION - UFRGS

Conforme informações do Grupo de Pesquisa “Hidrologia em Grande Escala”⁷¹, da UFRGS, a ferramenta ANA Data Acquisition é um plugin desenvolvido para conectar o banco de dados da ANA ao software livre QGis, a fim de facilitar o processo de download por categorias de interesse. Ele realiza o download automático de várias estações pluviométricas e fluviométricas disponibilizados pela ANA e oferece a opção de selecionar as estações de interesse, além de dois relatórios: um sobre o nível de consistência e outro sobre a disponibilidade mensal de dados.

Por meio do plugin (Figura 23), foi possível baixar os dados fluviométricos para a Bacia Hidrográfica do Rio Juruena, do período de 22 anos (2000 – 2021), e o resultado encontrado foi: 103 estações fluviométricas existentes para a bacia do Juruena no período de 22 anos, sendo que todas elas tiveram seus dados verificados pela ANA (com dados consistentes/consistidos). É possível confirmar esta informação na Figura 24, em que o número 2, indica que os dados foram verificados e, portanto, são consistidos. Contudo, caso apareça o número 1, quer dizer que os da-

70 Disponível em: <https://www.ufrgs.br/hge/ana-data-acquisition/>

71 Disponível em: <https://www.ufrgs.br/hge/>

dos são brutos, e a informação pode não estar correta. Isso significa que não foram verificadas quanto ao funcionamento ou não do dado. O Projeto ANA Acquisition fornece dados atualizados até dezembro de 2021, conforme Petry et al. (2021)⁷²

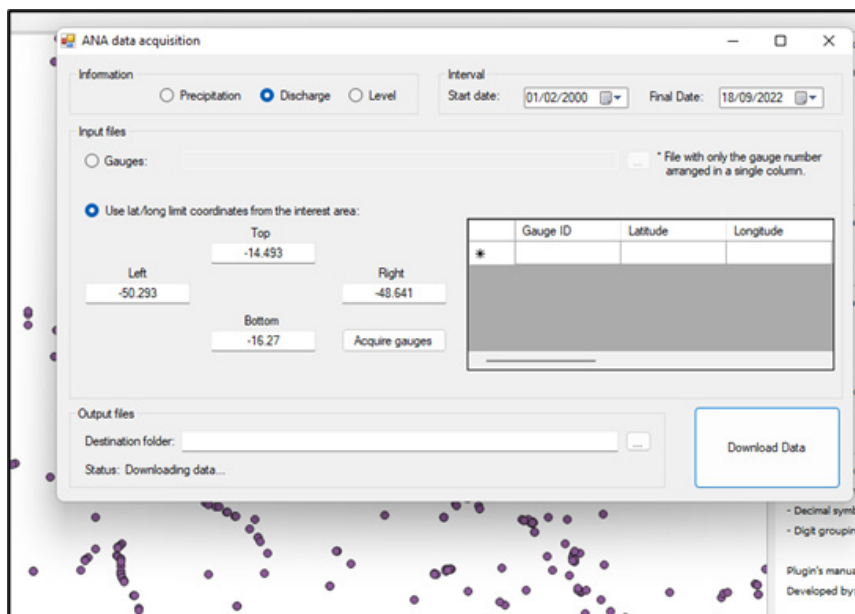


Figura 23: Interface do Plugin ANA Acquisition no SIG QGis.

EstacaoCo	NivelConsistencia	Data	Hora	MediaDiar	MetodoOt	Maxima	Mi
17095000	1	01/10/2020		1	1	344,172	2
17095000	1	01/09/2020		1	1	312,609	2
17095000	1	01/08/2020		1	1	345,37	3
17095000	1	01/04/2020		1	1	714,352	51

Figura 24: Observação do nível de consistência dos dados

72 PETRY, I et al. Manual de Aplicação plugin ANA Data Acquisition V 1.0. Manual Técnico, HGE, IPH, UFRGS, 2021.

Nas planilhas de dados, cada coluna é uma estação e cada linha é um mês de cada ano. O valor que aparece nas linhas representa a percentagem de dias em que houve coleta de dados, ou dias com dados naquele mês. Ou seja, se aparecer 100, é porque em 100% dos dias houve leitura de dados, e não houve falhas: possui 100% de observações. Onde aparece o valor zero, não existem dados, ou não existe nenhuma observação, e é totalmente falho. Por fim, quando aparece outro valor, ele representa a percentagem de observações/leituras no mês. Exemplo: no mês 3 do ano de 2000, só tivemos 29,03% de dados validados (Figura 25).

A	AU	AV	AW	AX	AY	AZ
MONTH_Y	17092900	17092950	17092960	17093000	17093010	17093020
1_2000	0	0	0	100	0	0
2_2000	0	0	0	100	0	0
3_2000	0	29,03226	0	100	0	0
4_2000	0	100	0	100	0	0
5_2000	0	100	0	100	0	0
6_2000	0	100	0	100	0	0
7_2000	0	100	0	100	0	0
8_2000	0	100	0	100	0	0
9_2000	0	100	0	100	0	0
10_2000	0	100	0	100	0	0
11_2000	0	100	0	100	0	0
12_2000	0	100	0	100	0	0
1_2001	0	100	0	100	0	0
2_2001	0	100	0	100	0	0
3_2001	0	100	0	100	0	0
4_2001	0	0	0	100	0	0
5_2001	0	67,74194	0	100	0	0
6_2001	0	100	0	100	0	0

Figura 25: Percentagem de dados validados por mês/ano

3.4.2. BASE DE DADOS DA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL - HIDROWEB - ANA

Com base no exposto na plataforma da Hidroweb,⁷³ da ANA, a RHNR (Figura 26) conta com a parceria de várias instituições federais e entidades estaduais para realizar o monitoramento dos dados e disponibilizar as informações de diferentes parâmetros de interesse hidrológico aos usuários. Das estações existentes e monitoradas, é possível ter acesso a informações referentes não somente aos dados pluviométricos e fluviométricos, mas também a dados de qualidade de água e níveis de sedimentos. Como mencionam, a ANA tem a função de levantar informações de

73 Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/f85dbf06-a869-414c-afc5-bb01869e9156>

corpos d'água para servir como base para atender a projetos de irrigação, abastecimento público, concessão de outorgas, além de prezar pelo bom funcionamento da Rede Hidrometeorológica Nacional para garantir o registro histórico.

Por meio da plataforma, foram extraídos os dados de estações fluviométricas, em que a última revisão/atualização foi realizada em 2019. Esta atualização aparece como sendo contínua, ou seja, continuamente atualizada pela ANA. A base contém dados de pluviometria e fluviometria, mas foram selecionadas somente as estações fluviométricas. O resultado encontrado foi de 71 estações em operação. Esta pode ser a principal diferença de registros em relação àqueles do plugin ANA Acquisition (103 estações), que mapearam o total de estações existentes em 22 anos, incluindo aquelas que já foram inclusive desativadas.

Rede Hidrometeorológica Nacional

Rede Hidrometeorológica Nacional é coordenada pela Agência Nacional de Águas e conta com a parceria de outras instituições federais, além de entidades estaduais para realizar o monitoramento e disponibilizar informações de diferentes parâmetros de interesse hidrológico. Com essas estações, é possível mensurar o volume de chuvas, a evaporação da água, o nível e a vazão dos rios, a quantidade de sedimentos e a qualidade das águas em estações pluviométricas, evaporimétricas, fluviométricas, sedimentométricas e de qualidade da água. As informações obtidas e divulgadas, após a consistência e sistematização dos dados hidrometeorológicos, são valiosas para subsidiar a tomada de decisão para a eficiente gestão dos recursos hídricos. Servem para produzir estudos, definir políticas públicas, avaliar a disponibilidade hídrica monitorar eventos considerados críticos (cheias e estiagens), disponibilizar informações para a execução de projetos pela sociedade, identificar o potencial energético, de navegação ou de lazer em um determinado ponto ou ao longo da calha do manancial, levantar as condições dos corpos d'água para atender a projetos de irrigação ou de abastecimento público, além de serem a base para a realização de avaliações para a concessão de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos. O registro histórico dos parâmetros monitorados também é garantido com o bom funcionamento da Rede Hidrometeorológica Nacional.

Data (Revisão)	2019-06-25T00:00:00
Edição	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
Modo de apresentação	Mapa digital
Finalidade	Disponibilizar informações sobre as localizações e principais características das estações de monitoramento integrantes da Rede Hidrometeorológica Nacional
Status	Contínuo

author
 Agência Nacional de Águas
 Setor Policial Área 5 Quadra 3 Bloco L, Brasília, Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica, 70610-200, Brasil
 61-2109-5564

Visões gerais

Extensão espacial

Palavras-chave

Figura 26: Interface gráfica do Sistema de dados da Rede Hidrometeorológica da ANA

A fim de comprovar este fato (se as estações “em operação” da plataforma da ANA coincidem com aquelas da base do plugin), foi realizado o teste nos dados do plugin a fim de verificar se os poços excedentes (32) ainda estavam ativos: testamos aleatoriamente uma amostra de 10 estações da base do ANA Acquisition e plotamos na Hidroweb, com o objetivo de baixar a planilha de dados (csv). Ainda que apareçam na plataforma da ANA como ativas, entre essas 10 amostras de estações, em oito delas não existem dados de medições e, em 2 delas, aparecem dados recentes. Em resumo: existem estações consideradas ativas, mas que não estão produzindo dados.

3.4.3. BASE DE DADOS DO INDE - INFRAESTRUTURA NACIONAL DE DADOS ESPACIAIS

O INDE é uma infraestrutura de dados espaciais abertos do governo federal do Brasil que busca sistematizar e distribuir dados públicos para os usuários, com base em requisitos de padronização específicos e em consonância com a Comissão Nacional de Cartografia (Concar). Os objetivos incluem a padronização dos metadados, maior transparência na gestão pública, aprimoramento na qualidade dos dados governamentais, obrigatoriedade por lei de dados abertos e, por fim, organização do enorme volume de dados existentes. Ademais, por meio da plataforma oficial⁷⁴, é possível encontrar dados de diversos órgãos públicos que são conectados ao INDE por meio de um “nó”, ou “ramal”.

Sendo assim, os dados de poços fluviométricos foram baixados da ANA por meio desta conexão⁷⁵. Verificando as informações e metadados desta base de dados, foi concluído que se tratam de dados mais atualizados do que aqueles baixados diretamente da plataforma da HidroWeb/ANA, pois constam na base atualizações realizadas em 2022. Conforme tabela de atributos do dado (Figura 27), nota-se a inclusão recente de 7 poços a mais: 3 poços foram incluídos em 2019 e 4 poços foram incluídos em 2021, totalizando então 78 estações fluviométricas em operação em 2022.

<Null>	01/12/2017
<Null>	01/06/2018
<Null>	01/11/2019
<Null>	01/11/2019
<Null>	01/11/2019
<Null>	01/02/2021
<Null>	01/02/2021
<Null>	01/02/2021
<Null>	01/07/2021

Figura 27: datas dos novos poços incluídos ao banco de dados geográficos

Esta base de dados também pode ser visualizada e está completa no mapa interativo (Figura 28) do SNIRH⁷⁶.

74 Disponível em: <https://inde.gov.br/>

75 Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/rede-hidrometeorologica-nacional3>

76 Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=8e97da1658c54bdbb87b402343433dca>

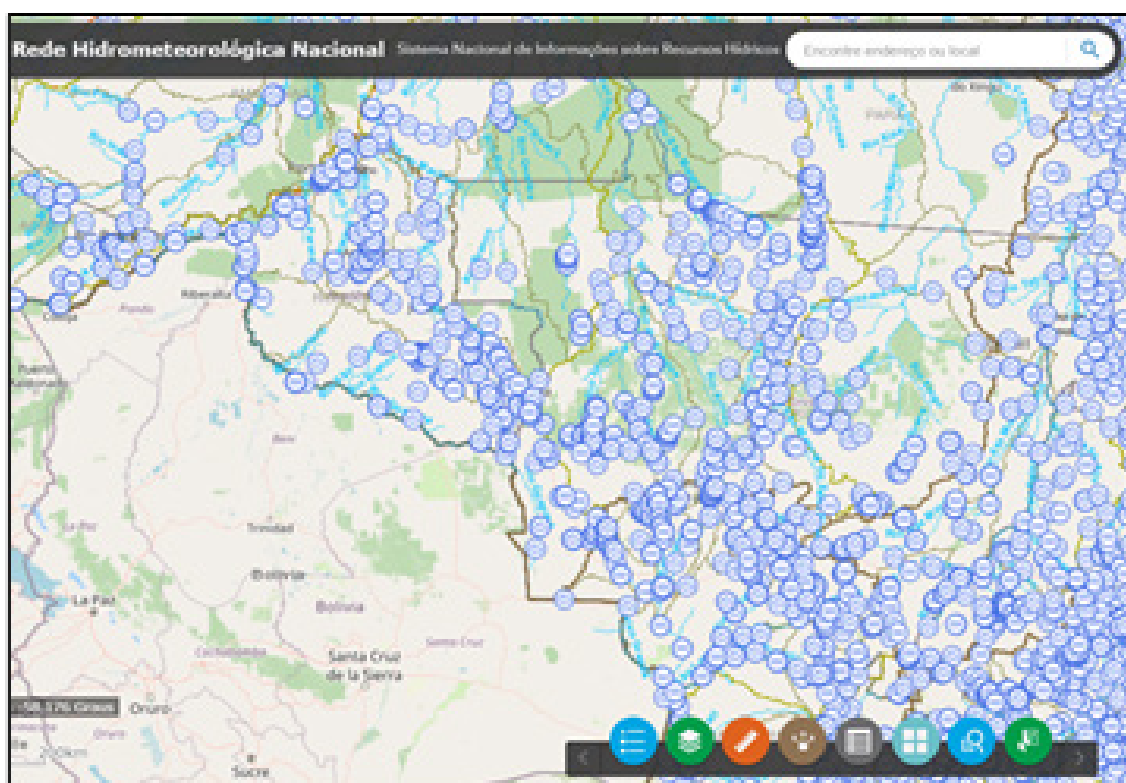


Figura 28: Interface gráfica da Plataforma do Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

Neste ambiente, porém, não conseguimos baixar dados, somente consultar. Contudo, é possível consultar os metadados da tabela de atributos tornando assim mais claras as informações contidas nos dados geoespaciais. Não foi encontrado um documento em .pdf com estas informações na plataforma da ANA.

Resumidamente temos:

- » Dados da UFRGS/ Plugin ANA Acquisition → 103 estações
- » Dados baixados diretamente da HidroWeb/ANA → 71 estações
- » Dados baixados do INDE → 78 estações

Claramente, há problemas de desconexão de informações entre as bases de dados, o que dificulta a investigação do usuário em geral. Cabe ressaltar que todos os dados têm como fonte original a ANA. Somente foram processados por iniciativas diferentes.

Na Figura 29, é possível entender a sobreposição entre as 3 bases de dados, levando em conta que os dados do Plugin Data Acquisition contabilizam até mesmo os poços inativos.

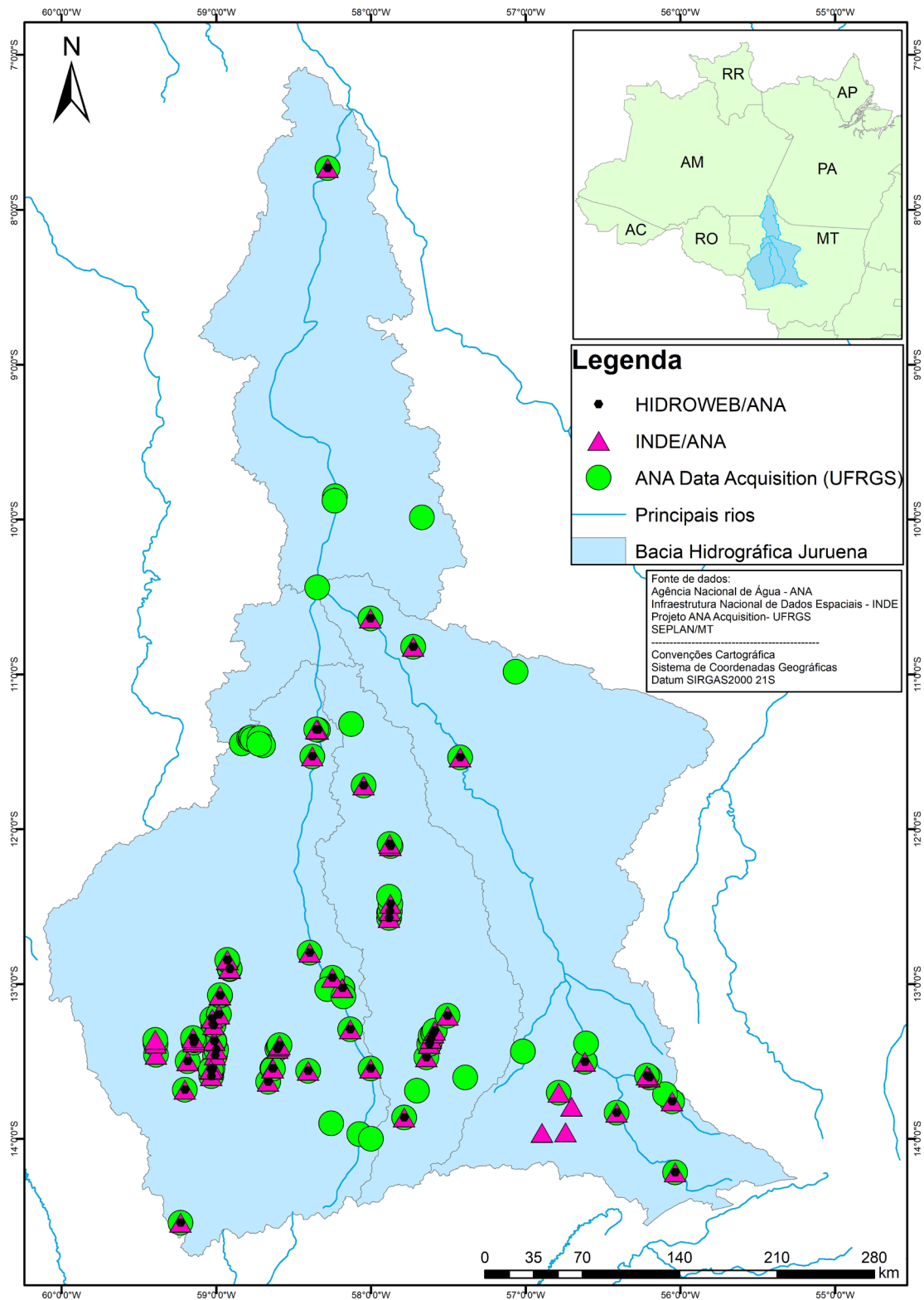


Figura 29: Mapa de sobreposição de base de dados geoespaciais de poços fluviométricos.

Dentre os procedimentos seguintes, estão a verificação de quais estações fluviométricas permanecem em operação em 2022, e quais delas possuem sequência histórica de dados consistentes. Para tanto, a base do INDE foi selecionada por conter a maior quantidade de estações em operação e atualizadas → 78. No entanto, destas, somente 10 possuem algum dado no intervalo do ano 2000 a dezembro de 2021 (Figura 30):

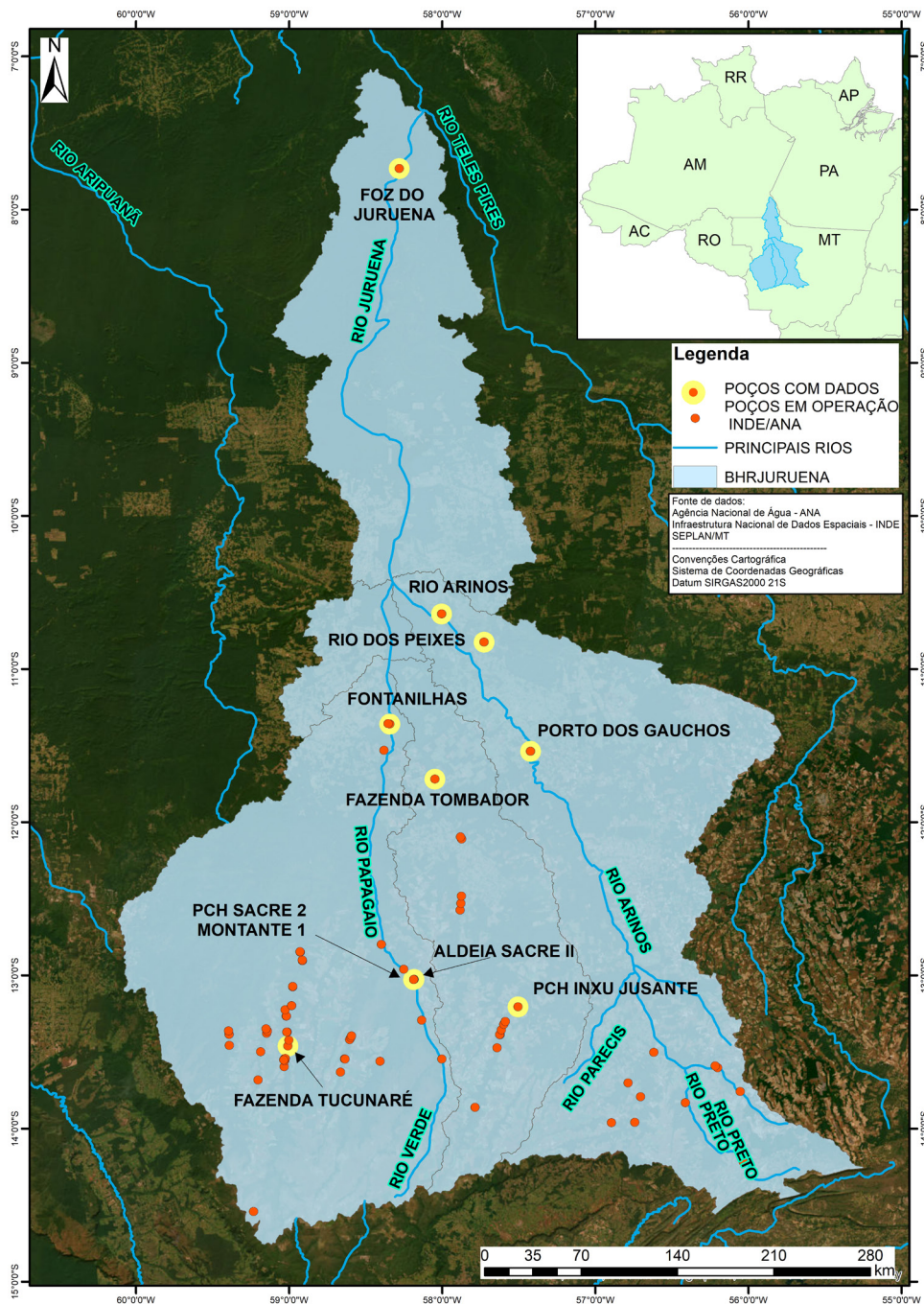


Figura 30: Estações fluviométricas em operação. Fonte: INDE/2022.

Na planilha INDE78 (ANEXO III), em azul, estão grifados os códigos dos poços em operação (todos os poços desta planilha do INDE estão em operação), e as cores verdes são os poços que possuem algum dado no intervalo de aproximadamente 22 anos (a partir de 2000). As cores amarelas claras são os 3 poços que foram implantados em meados de 2021, mas só começaram a marcar dados a partir de agosto de 2022, portanto, só possuem dados de agosto e setembro de 2022 (Figura 31):

BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU
17099000	17099200	17099300	17099400	17099500	17120000	17120001	17122000	17122001	17123000
0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
0	0	0	0	0	100	0	9,677419	0	0
0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
0	0	0	0	0	100	0	100	0	0
0	0	0	0	0	100	0	100	0	16,66667
0	0	0	0	0	100	0	100	0	100
0	0	0	0	0	100	0	100	0	100
0	0	0	0	0	100	0	100	0	100
0	0	0	0	0	100	0	100	0	100
0	0	0	0	0	100	0	100	0	100

Figura 31: Planilha de estações fluviométricas em operação, mostrando o status dos dados.

Legenda: Azul- operando; verde- operando com dados; amarelo-poços recém implantados.

Os poços recém implantados são os seguintes:

- » 17099200 – PCH RIO CLARO RIBEIRÃO ÁGUA VERDE: possui apenas dados de agosto (16,1%) e setembro (10%)
- » 17099300 – PCH RIO CLARO MONTANTE: possui apenas dados de agosto (16,1%) e setembro (10%)
- » 17099400 – PCH RIO CLARO JUSANTE: possui apenas dados de agosto (16,1%) e setembro (10%)

Abaixo, na Figura 32, aparecem somente os poços fluviométricos com dados:

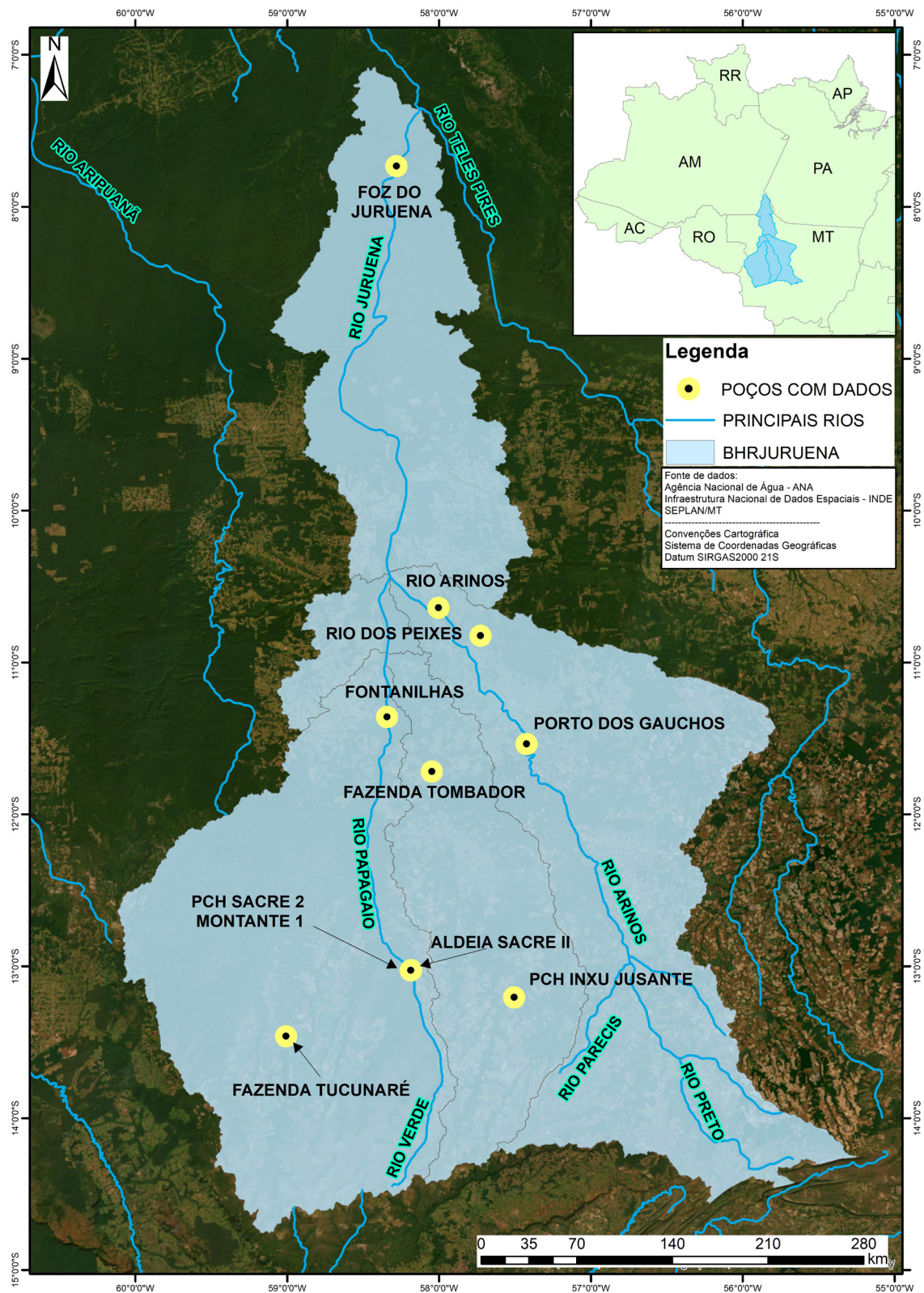


Figura 32: Estações fluviométricas com algum dado no intervalo de 22 anos.

No gráfico abaixo (Figura 33), é possível notar que, mesmo que os 10 poços estejam em operação, muitos deles ainda são falhos. Nota-se que a estação da PCH Sacre II, por exemplo, em 22 anos, só possui 8% de dados.

Levando-se em conta que os dados são coletados diariamente, o cálculo é feito somando-se o número de dias de leitura em um mês. Para este gráfico, foi feito o cálculo de quantos meses possuíam ao menos 1 dado de leitura no mês, ou seja, ao menos um dia de leitura do dado validado.

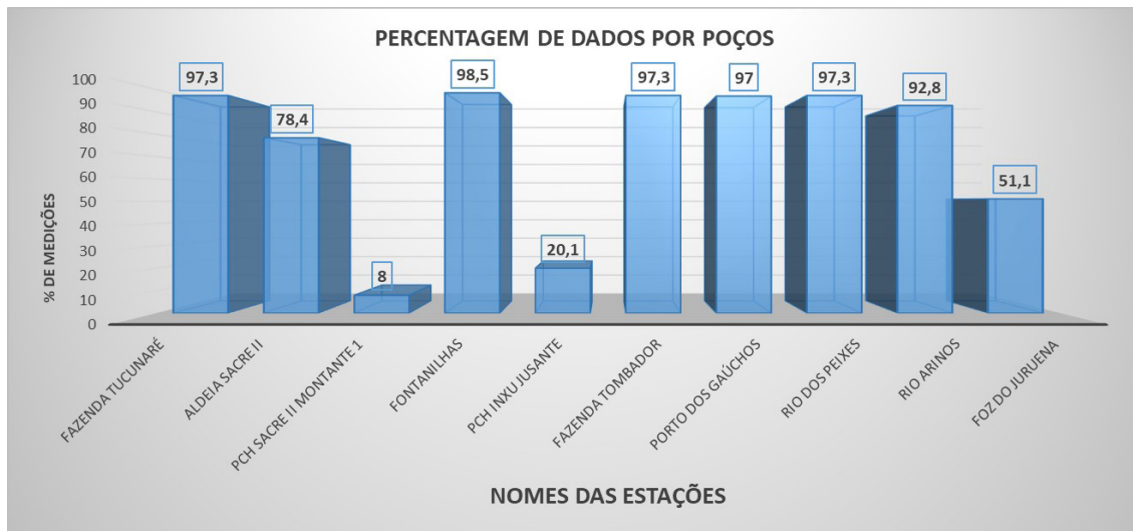


Figura 33: percentagem de medições por estações fluviométricas para o período de 22 anos (2000 a 12/2021)

Um fato interessante é que, checando a estação número 17091000 - Fazenda Tucunaré, por exemplo, operada pela CPRM, percebe-se que ela consta na base de dados geoespaciais da ANA/INDE como “em operação”, mas na plataforma de hidrotelemetria⁷⁷ - onde é possível ver no mapa, e baixar a série histórica - ela aparece como desativada (Figuras 34 e 35): “10/03/2020 09:52:20 - Sincronismo: Estação desativada. Motivo: Estação não atende aos requisitos de telemetria”. Porém, é uma estação que possui 97,3% de dados fluviométricos para o período de 22 anos, conforme dados fluviométricos da ANA (Hidroweb) e INDE/ANA. Isso significa que, na verdade, estações como estas, não constavam na base da Rede de Telemetria⁷⁸, e a forma de coleta de dados é outra, a tradicional e possivelmente foi realizada a migração de um sistema tradicional de coleta para o sistema telemétrico, o que requer alguns ajustes, e pode resultar em falhas nas medições.

77 Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidrotelemetria/EstacoesCadastro.aspx>

78 Disponível em: <https://www.ana.gov.br/telemetria1ws/EstacoesTelemetricas.aspx>

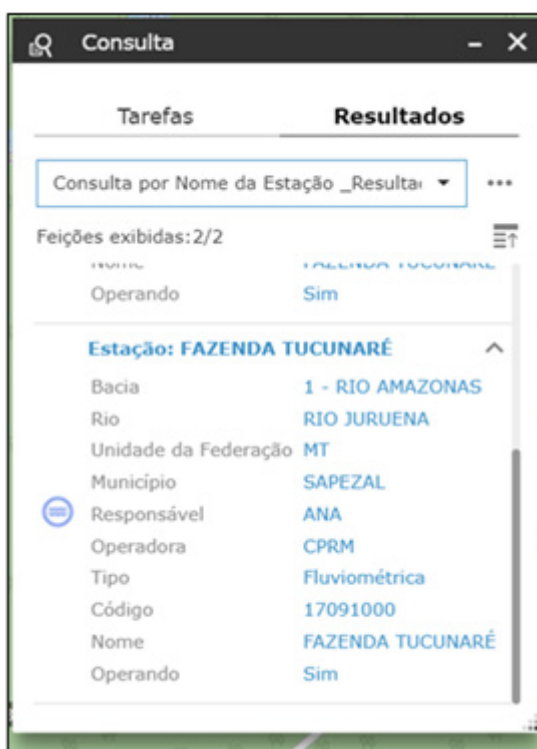


Figura 34: Resultado da busca pela estação fluviométrica na Plataforma HidroWeb/ANA.

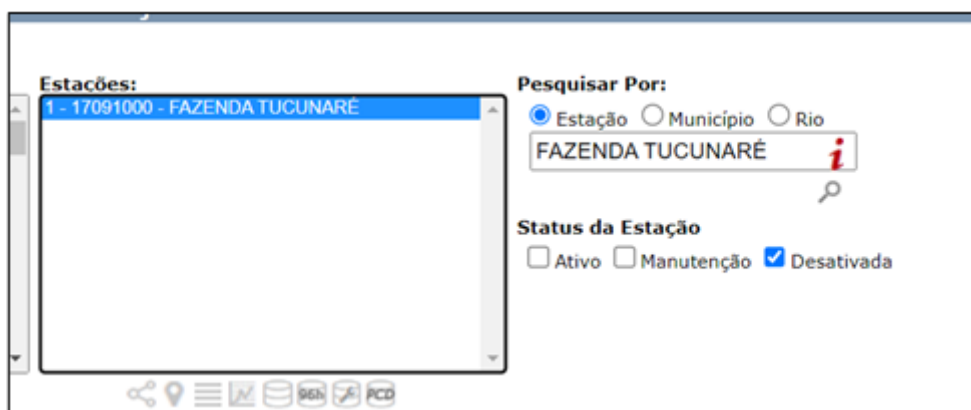


Figura 35: Resultado da busca por estações fluviométricas na plataforma de hidrotelemetria.

O que se pode presumir é que as coletas eram feitas de um jeito e, após a implantação de redes telemétricas em alguns locais específicos, houve substituição das metodologias de coleta. Portanto, existem marcos temporais de início e fim de Plataforma de Coleta de Dados (PCD) em redes telemétricas, e, talvez por isso, o status de “em operação” e “desativada”, em alguns casos, não coincidam. São dois tipos de redes: as hidrometeorológicas e as hidrotelemétricas.

Como cada estação está sob responsabilidade de algum órgão, o que parece é que algumas estações foram desativadas após o fim de algum projeto, ou por diferentes motivos.

No caso da estação da Fazenda Tucunaré, ela aparece desativada na rede de telemetria. No Quadro 1 abaixo, é possível identificar, entre as 10 estações com dados, quais delas passam a coletar dados por meio de telemetria:

Nº POÇO	POÇOS	PERCENTAGEM DE DADOS	TELEMETRIA?
17091000	FAZENDA TUCUNARÉ	97,3	NÃO
17092800	ALDEIA SACRE II	78,4	NÃO
17091600	PCH SACRE II MONTANTE 1	8	SIM
17093000	FONTANILHAS	98,5	NÃO
17094050	PCH INXU JUSANTE	20,1	SIM
17095000	FAZENDA TOMBADOR	97,3	NÃO
17120000	PORTO DOS GAÚCHOS	97	NÃO
17122000	RIO DOS PEIXES	97,3	NÃO
17123000	RIO ARINOS	92,8	NÃO
17130000	FOZ DO JURUENA	51,1	NÃO

Quadro 1: estações em operação que estão inseridas na rede de telemetria de coleta de dados.

3.4.4. ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

De acordo com o Governo do Estado (2022),⁷⁹ Mato Grosso tem 903.357,908 km² de extensão. É o terceiro maior estado do país, ficando atrás somente do Amazonas e do Pará. Com base nesses dados, torna-se possível perceber o tamanho da responsabilidade deste estado na gestão dos recursos hídricos.

De acordo com o relatório de regionalização de vazões contratado pelo governo – CEMA/SEMA (2007) em anexo, a SEMA utilizou a metodologia tradicional compatível com a da ANA para regionalizar as vazões no estado. No subitem “3.3.2 Regionalização de vazões” desse documento, é possível checar a coerência do aspecto metodológico de acordo com a revisão da literatura, e no Capítulo III a seguir trataremos maiores detalhes.

No entanto, o relatório acima citado, sobre o aspecto “disponibilidade de dados hidrométricos”, essencial para a confiabilidade da regionalização, deixa claro que os dados foram insuficientes, e que esse fato comprometeu a confiança do estudo de regionalização de vazões contratado pelo governo estadual em 2007. A OMM

⁷⁹ Governo do Estado de Mato Grosso. **Geografia**. Disponível em <<http://www.mt.gov.br/geografia>> 2022.

preconiza densidades de postos pluviométricos não inferiores a 1:900 (posto/km²) e, de acordo com o relatório de regionalização de vazões contratado pelo Estado (CEMA/SEMA (2007) - Anexo I, página 82), a densidade que Mato Grosso enquanto Estado possui é da ordem de 1:3000. Já para os postos fluviométricos, esta densidade foi de menos de 1:3800 postos/km², mas os valores mínimos adequados devem ser da ordem de 1:1000 posto/km² (CEMA/SEMA 2007).

Isto quer dizer que, de acordo com essas informações, no estado de Mato Grosso, o cenário para a elaboração da regionalização de vazão em 2007 era o de dados insuficientes. Para solucionar esse problema e atingir ao menos a quantidade mínima de estações fluviométricas, a cada 1000 km² (mil quilômetros quadrados), seria necessário ao menos 1 posto com medição de vazões de forma contínua, ao invés dos 3.800 km² (três mil e oitocentos quilômetros quadrados) de área de contribuição para 1 (uma estação). Para atingir uma quantidade mínima satisfatória de estações fluviométricas, o estado precisaria multiplicar por 3,8 vezes o n° de postos fluviométricos existentes.

No caso dos postos pluviométricos⁸⁰ mínimos necessários, de acordo com a metodologia (OMM-CEMA/SEMA, 2007), seria preciso existir pelo menos 1 uma estação pluviométrica em funcionamento a cada 900 km². Contudo, Mato Grosso possui apenas 1 (uma estação) a cada 3000 km² (três mil quilômetros quadrados) de área de contribuição.

Em suma, no período em que a regionalização de vazões foi calculada, os dados disponíveis para a estimativa eram da ordem de 1 posto fluviométrico para cada 3800 km² de área de contribuição. Isso significa que, em 2007, o estado possuía uma densidade de postos fluviométricos de aproximadamente 26% da quantidade mínima necessária para regionalizar a vazão. Mato Grosso precisa aumentar em pelo menos 74% o número de postos fluviométricos para regionalizar a vazão com o grau mínimo de confiabilidade recomendado pela OMM de acordo com a base de cálculo apresentada pela CEMA/SEMA (2007).

80 Dados de precipitação podem ser utilizados na regionalização, como uma das características físicas da bacia, e são utilizadas para estimar a vazão em pontos de interesse, assim como o tamanho da bacia hidrográfica ou a densidade de drenagem entre outras.

De acordo com a redação da instituição Pensamento Verde (2014)⁸¹, a OMM presta um serviço de grande importância, realizando o monitoramento do tempo e do clima em todo o mundo. Atualmente, a organização conta com 189 membros. Ela foi criada em 1950 como resultado de uma Assembleia Geral da ONU e tem como principal função operacionalizar a observação e a geração de dados sobre o comportamento da atmosfera terrestre, como ela interage com os oceanos e, é claro, o clima surgido a partir destas interações. A OMM ainda verifica a distribuição dos recursos hídricos ao redor do globo e realiza estudos de hidrologia, verificando o comportamento pluviométrico⁸² em várias áreas.

Na página 50 do Relatório da Regionalização CEMA/SEMA (2007), a empresa contratada afirma que:

O resultado da regionalização deve ser encarado com espírito crítico para áreas de drenagem situadas nesta faixa. De outro lado, esta distribuição dos postos em relação às áreas deve ser vista como um alerta para que sejam instalados mais postos nos cursos d'água de ordem mais baixa e não apenas nos corpos d'água principais, como parece ter sido a tônica da rede de monitoramento atualmente existente. Neste sentido, é importante verificar que deve haver um adensamento desta rede, que, contudo, não terá qualquer efeito sobre os resultados do presente trabalho, na medida em que este adensamento só produzirá efeitos futuros num prazo de 5 a 10 anos, quando houver um volume de dados significativo.

Concordamos com esses fatos apresentados pelo Relatório da Regionalização. Pois, em 2007, o estado deveria ter no mínimo 74% a mais de postos fluviométricos do que os 118 citados na página 51 do referido Relatório, para regionalizar a vazão com confiança utilizando a base de cálculo da OMM apresentada pela CEMA/SEMA, (2007).

A CEMA/SEMA (2007 p. 50) ainda destaca que “esta distribuição dos postos em relação às áreas deve ser vista como um alerta para que sejam instalados mais postos nos cursos d'água de ordem mais baixa, e não apenas nos corpos d'água principais, como parece ter sido a tônica da rede de monitoramento atualmente existente”.

Assim, é urgente multiplicar o número de postos fluviométricos e pluviométricos existentes no estado de Mato Grosso, pois, quando há carência de dados observados, com as características citadas no Relatório da CEMA/SEMA em 2007, a tendência é que os resultados superestimem as vazões mínimas, principalmente

81 PENSAMENTO VERDE. Conheça a OMM: Organização Meteorológica Mundial. 2014. Disponível em <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/conheca-omm-organizacao-meteorologica-mundial/#:~:text=Na%20pr%C3%A1tica%2C%20as%20principais%20atribui%C3%A7%C3%B5es%20da%20OMM%20referem-se,a%20partir%20das%20diretrizes%20e%20dos%20acordos%20internacionais>>.

82 Quantidade de chuvas.

em pequenas bacias. Isso pode ser muito danoso para a gestão de recursos hídricos, pois podem conduzir os gestores a erros como, por exemplo, outorgar uma vazão insuficiente para manter o empreendimento e a vida no manancial.

Quando se trata de uma bacia hidrográfica na região amazônica, como é o caso da **Bacia Hidrográfica do Rio Juruena**, a realidade de **escassez de dados se amplia**. A bacia possui uma área de 191.452,536 km² que equivale a aproximadamente 21% do território de Mato Grosso. No subitem anterior, é possível verificar que, em 2022, a bacia possui apenas 10 postos fluviométricos realmente ativos (com falhas, porém, ativos). Quando se leva em consideração a densidade mínima necessária de 1:1000 posto/km², se chega à concentração de 1:19.145,25 postos/km². Isso quer dizer que em 2022 na bacia do rio Juruena, existia apenas 5% da quantidade de postos fluviométricos necessários para uma regionalização de vazão com a confiabilidade mínima necessária recomendada pela OMM/CEMA/SEMA. Recomenda-se ao estado, que a ampliação dos postos fluviométricos na BHRJ seja, no mínimo, da ordem de 95% de acordo com a metodologia da OMM (CEMA/SEMA, 2007). Em 2007, eram apenas 9 postos fluviométricos nesta região. Ao invés de 9 ou 10 postos fluviométricos, em uma bacia hidrográfica do tamanho da bacia do rio Juruena, deveria existir uma cobertura de no mínimo 191 postos fluviométricos em acordo com a citação do Relatório da Regionalização de Vazões (CEMA/SEMA, 2007) (ANEXO II).

Francisco Marcuzzo, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil (CPRM/SGB) & Maurício Dambrós Melati, da UFRGS, em seu estudo (MARCUIZZO & MELATI, 2015)⁸³ apresentaram as recomendações da OMM relativas à densidade mínima de estações fluviométricas com medição de descarga líquida (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2008), de acordo com a respectiva unidade fisiográfica (relevo).

De acordo com as recomendações da OMM, relativas à densidade mínima de estações fluviométricas com medição de descarga líquida (WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 2008), a sub-bacia 85⁸⁴, bem como algumas de suas sub bacias principais são deficitárias. A Tabela 1 apresenta a densidade

83 MARCUZZO, Francisco F. N. MELATI, Maurício Dambrós. **PROPOSTA DE NOVAS ESTAÇÕES FD NA SUB-BACIA 85 SEGUNDO OS CRITÉRIOS DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA**. CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br. 2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves nº 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. mauriciomelati@gmail.com 2015. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15050/1/PAP018952.pdf>> MARCUZZO & MELATI (2015).

84 No estudo realizado por MARCUZZO & MELATI (2015).

mínima para cada tipo de estação de acordo com a respectiva unidade fisiográfica de relevo MARCUZZO & MELATI, (2015)⁸⁵.

Unidades Fisiográficas	Pluviômetro	Pluviógrafo	Evaporação	Vazão	Sedimentos	Qualidade da Água
	km ² .(estação) ⁻¹					
Litoral / Região Costeira	900	9.000	50.000	2.750	18.300	55.000
Montanhas	250	2.500	50.000	1.000	6.700	20.000
Planícies Interioranas	575	5.750	5.000	1.875	12.500	37.500
Ondulada / Montanhosa	575	5.750	50.000	1.875	12.500	47.500
Pequenas Ilhas (< 500 km ²)	25	250	50.000	300	2.000	6.000
Áreas Urbanas	-	10 a 20	-	-	-	-
Polar / Árida	10.000	100.000	100.000	20.000	200.000	200.000

Tabella 1 - Recomendação de densidade mínima de estações, por tipo de estação, para rede hidrometeorológica segundo as recomendações da OMM (adaptado de WMO, 2008 por MARCUZZO & MELATI, (2015)).

Para analisar a situação da bacia do Juruena e do estado de Mato Grosso com relação a escassez de dados de vazão, fez-se uma média dos valores de área de contribuição para as unidades fisiográficas mais comuns no estado. São elas as montanhas, as planícies interioranas, ondulada/montanhosa e pequenas ilhas. Nesse caso, chegamos ao valor médio de 1262,5 km² (1:1262,5 posto/km²) de área de contribuição para cada estação fluviométrica. Então, com a adaptação da metodologia (CPRM/SGB/UFRGS - MARCUZZO & MELATI, 2015) para valores médios, o estado de Mato Grosso, em 2007, tinha apenas 16,4 % da quantidade média de dados de vazão necessários para realizar a regionalização se utilizarmos essa metodologia. A bacia do rio Juruena possuía, em 2007, (6%) e, em 2020, possui aproximadamente 7% da quantidade necessária de postos fluviométricos, já que o incremento de estações nessa região hidrográfica foi de apenas 1 novo posto fluviométrico nesse período. Se a metodologia selecionada for a da CPRM/SGB/UFRGS - MARCUZZO & MELATI (2015), a BHRJ deveria contar com 152 postos de medição de vazão.

Marcuzzo & Melati, (2015) destacam que o monitoramento adequado das descargas líquidas com um número de estações aferidas recomendadas e adequadas

85 MARCUZZO, Francisco F. N. MELATI, Maurício Dambrós. **PROPOSTA DE NOVAS ESTAÇÕES FD NA SUB-BACIA 85 SEGUNDO OS CRITÉRIOS DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA.** CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/ Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br. 2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento Gonçalves nº 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. mauriciomelati@gmail.com2015. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15050/1/PAP018952.pdf>> MARCUZZO & MELATI (2015).

mente distribuídas na bacia hidrográfica é de grande importância para coletar informações confiáveis para rede hidrometeorológica nacional. Conclui-se que, por mais que se tenha uma quantidade razoável de estações fluviométricas, a influência da distribuição espacial destes pontos de medição afeta os parâmetros para se atender aos critérios técnicos de recomendação de densidade da OMM.

As soluções aos problemas apresentados passam por seguir as orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas da ANA (2011)⁸⁶. **Entre outras instruções, ela orienta sobre a quantidade mínima de estações por área (área incremental x número de estações). Em consonância com o disposto no §3º do Art. 2º da Resolução Conjunta nº 003/2010, foi enquadrado o quantitativo de estações, referenciando o projeto apresentado e aprovado pela ANA.** Na definição do número de estações hidrométricas deverão ser considerados: ...§3º As estações com monitoramento pluviométrico, limnimétrico, fluviométrico e sedimentométrico, de acordo com as seguintes faixas e quantidades (Tabela 2):

Tipo de Monitoramento	Área de Drenagem Incremental				
	De 0 a 500 km ²	De 501 a 5.000 km ²	De 5.001 a 50.000 km ²	De 50.001 a 500.000 km ²	Acima de 500.000 km ²
Pluviométrico	1	3	4	6	7
Limnimétrico	1	1	1	1	1
Fluviométrico	1	3	4	6	7
Sedimentométrico	1	2	2	3	3

Tabela 2. Razão entre o tipo de monitoramento e a área de drenagem (ANA, 2011).

Nessa tabela que a ANA publicou em 2011, estão apresentadas as razões entre os tipos de monitoramento dos recursos hídricos e as respectivas áreas de drenagem das bacias hidrográficas. Essas orientações parametrizadas podem ajudar os tomadores de decisão a realizar a implantação de uma rede de monitoramento mínima suficiente para uma regionalização de vazões que vise gerir os recursos hídricos com sustentabilidade econômica, social e ambiental.

⁸⁶ ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas.** Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH) Valdemar Santos Guimarães – Superintendente Eurides de Oliveira – Superintendente Adjunto Gerência de Planejamento da Rede Hidrometeorológicas – GPLAN Fabrício Vieira Alves – Gerente Colaboradores Alexandre do Prado; Anderson Lima do Nascimento; Carlos Eduardo Jeronymo; Dhalton Luiz Tosetto Ventura; Eduardo Boghossian; João Carlos Carvalho; Leny Simone Tavares Mendonça; Maria Tarcísia Ferreira de Carvalho Lavor; Matheus Marinho de Faria; Maurrem Ramon Vieira. Brasília-DF, 2011. Disponível em <<https://www.sthidro.com.br/sites/default/files/resolucao-03-10-ana-aneel.pdf>>

A escala de mapeamento, selecionada para quantificar a situação da BHRJ, em relação ao monitoramento fluviométrico de acordo com a metodologia OMM/ANA, (2011), foi a escala média (Figura 36).

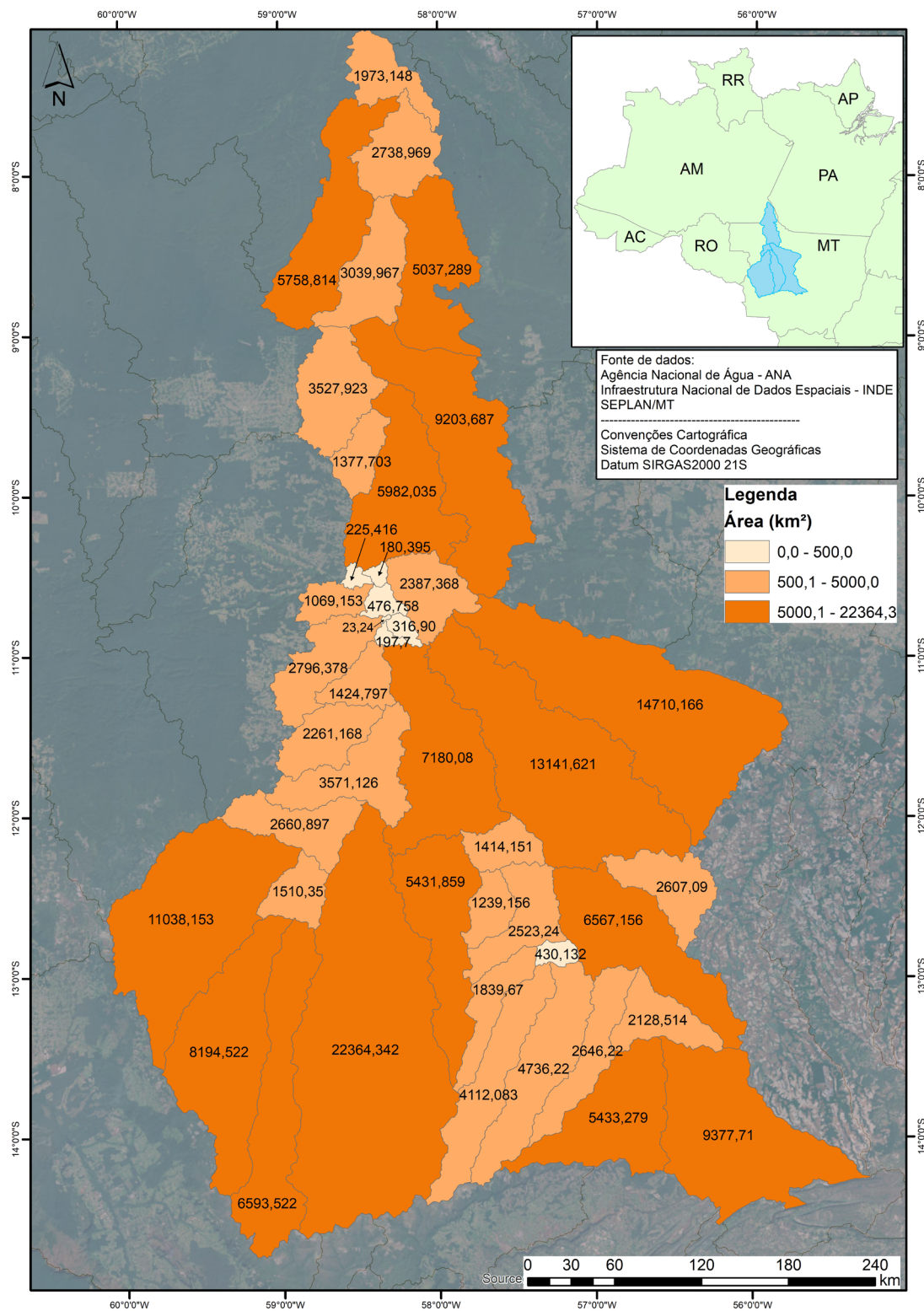


Figura 36. Áreas das sub-bacias da BHRJ conforme intervalos de tamanhos definidos pela ANA para implantação de poços fluviométricos.

Essa escala foi a escolhida para o mapeamento, pois os intervalos das áreas são compatíveis com as áreas de drenagem incremental, citadas na metodologia e apresentadas na figura acima da OMM/ANA (2011). Assim, foi feita uma média. A área da BHRJ com os 191.452,536 km² foi dividida pela quantidade de sub-bacias da escala média, nesse caso, 42 sub-bacias. A partir dessa metodologia, chegamos ao tamanho médio das sub-bacias da BHRJ: 4.558,39 km². Esse tamanho médio de área de drenagem corresponde ao 3º intervalo apresentado na metodologia da (OMM/ANA, (2011). Isso significa que, para áreas de drenagem entre 5.001 km² e 50.000 km², são necessárias no mínimo quatro estações fluviométricas para cada uma dessas áreas. Então, multiplicando o nº de sub-bacias (42) por quatro, tem-se a quantidade mínima necessária de estações fluviométricas de acordo com o intervalo médio para a BHRJ. Logo, de acordo com a metodologia da OMM/ANA (2011), a bacia hidrográfica do Juruena, precisa de, **ao menos, 168 postos fluviométricos ativos** para realizar um monitoramento hidrométrico mínimo dessa bacia. O mesmo cálculo vale para as quantidades mínimas de estações pluviométricas.

De acordo com a literatura, esse monitoramento hidrométrico mínimo é essencial para se regionalizar a vazão de forma confiável. Ou seja, hoje, em 2022, na BHRJ, é necessário aumentar o monitoramento hidrométrico. As três metodologias apresentadas corroboram para essa realidade, conforme descrito nas recomendações sistematizadas no Quadro 2 abaixo:

Metodologia adaptada para a BHRJ	META: percentual mínimo de ampliação - Postos Fluviométricos (PFs)	Quantidade Ideal de PFs	Quantidade de PFs em 2020	Quantidade de PFs em 2007
OMM (CEMA/SEMA, 2007)	95%	no mínimo 191	10	9
(CPRM/SGB/UFRGS - MARCUZZO & MELATI, 2015)	93%	ao menos 152	10	9
(OMM/ANA, (2011)	94%	ao menos 168	10	9

Quadro 2: Resumo das metas de implantação de postos fluviométricos conforme as 3 metodologias citadas.

Como pode ser observado no quadro acima, as três metodologias clássicas, utilizadas para analisar se a densidade do monitoramento de vazão na BHRJ era satisfatória para regionalizar a vazão, apontam para a mesma direção: para a expansão urgente e necessária da rede hidrometeorológica.

Com base nas análises, orienta-se que o estado de Mato Grosso amplie para pelo menos 200 postos fluviométricos a rede de monitoramento da vazão, e leve em consideração também as seguintes sugestões:

- » Reativar estações anteriormente criadas quando for sustentável.
- » Concentrar esforços para criar estações em pequenas bacias hidrográficas.

Para atingir esses objetivos, alguns documentos orientativos também precisam ser elencados:

- » Orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas (ANA, 2011)⁸⁷
- » Determinação de áreas para instalação de instrumentos hidrometeorológicos em microbacias por meio do SIG (ALTOÉ & COELHO, 2018)⁸⁸
- » Procedimentos para envio dos dados hidrológicos em tempo real das estações telemétricas ANA / SGRH (Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica) (2011)⁸⁹ ;
- » Inventário das Estações Fluviométricas (ANA, 2009)⁹⁰ ;

87 ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas**. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH) Valdemar Santos Guimarães – Superintendente Eurides de Oliveira – Superintendente Adjunto Gerência de Planejamento da Rede Hidrometeorológicos – GPLAN Fabrício Vieira Alves – Gerente Colaboradores Alexandre do Prado; Anderson Lima do Nascimento; Carlos Eduardo Jeronymo; Dhalton Luiz Tosetto Ventura; Eduardo Boghossian; João Carlos Carvalho; Leny Simone Tavares Mendonça; Maria Tarcísia Ferreira de Carvalho Lavor; Matheus Marinho de Faria; Maurrem Ramon Vieira. Brasília-DF, 2011. Disponível em <<https://www.sthidro.com.br/sites/default/files/resolucao-03-10-ana-aneel.pdf>>

88 ALTOÉ, Solivan & COELHO, Adilson Marcio. **Determinação de áreas para instalação de instrumentos hidrometeorológicos em microbacias por meio do SIG**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 37, n. 4, p. 865 - 881, 2018.

89 ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), SGRH (Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica). **Procedimentos para envio dos dados hidrológicos em tempo real das estações telemétricas**. -- Brasília: ANA, SGH. Disponível em <<http://www.siivias.net.br/aneel/ProcedimentosEnvioDadosHidrologicosEmTempoRealDasEstacoesTelemetricas.pdf>> 2011.

90 ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Inventário das Estações Fluviométricas**. 2ª Edição: Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília - DF. Disponível em <<https://arquivos.ana.gov.br/infoidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>> 2009.

- » Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1994),⁹¹ a qual recomenda a revisão periódica das redes hidrométricas levando-se em conta a redução das incertezas hidrológicas;
- » De acordo com a literatura, uma rede hidrométrica extensa e atualizada é essencial para orientar os tomadores de decisão na gestão dos recursos hídricos. Assim como mapeamentos atualizados, em escala detalhada, dos recursos naturais existentes tais como: uso da terra, rede hidrográfica, mapeamento de relevo, declividade, geomorfologia, geologia, entre outros. Isso porque as características físicas das bacias hidrográficas podem ser utilizadas para melhorar a precisão da regionalização de vazões.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em bacias hidrográficas localizadas na região amazônica, como é o caso da BHRJ, a realidade de escassez de dados é preocupante, como exposto acima. Uma bacia que possui uma área aproximada de 191 mil km², com apenas 10 postos fluviométricos, abre margem para que a confiabilidade atrelada às metodologias de regionalização de vazão bem como seus resultados tornem-se passíveis de questionamentos.

No aspecto da disponibilidade de dados hidrométricos, essencial para a confiabilidade da regionalização, o relatório (CEMA/SEMA, 2007), deixa claro que os dados foram insuficientes, e que esse fato comprometeu a confiança do estudo de regionalização de vazões contratado pelo governo estadual em 2007.

Nesse sentido, esse estudo concorda com a SEMA, pois é essencial ampliar a quantidade e a qualidade dos dados. A seguir, serão listadas algumas recomendações para o governo de Mato Grosso, com objetivo de aprimorar a gestão de recursos hídricos:

Sobre a transparência:

- » Disponibilizar os dados espaciais e documentais sobre as estações fluviométricas utilizadas na regionalização de vazões da BHRJ de forma pública;
- » Definir e explicar as variáveis envolvidas na regionalização de vazões, bem

91 OMM - Organização Meteorológica Mundial. **Guia para práticas hidrológicas: Aquisição e processamento de dados, análises, estimativas e outras aplicações**, 15.ed., 1994. 735p

como a metodologia utilizada para a outorga de Recursos Hídricos (RH) numa linguagem acessível a qualquer cidadão;

- » Para melhorar a transparência na disponibilização dos dados espaciais e documentais sobre a gestão de recursos hídricos, recomenda-se que o Estado de Mato Grosso disponibilize dados e informações em um servidor de mapas, pois essa ferramenta permite compartilhá-las de forma estratégica, ampla e eficaz, o que pode contribuir para a gestão cidadã da água, como prevê a legislação.

Sobre a ampliação na coleta de dados:

- » Já que ampliar a quantidade de postos hidrométricos é um procedimento essencial para que o estado possa aumentar a confiabilidade da regionalização de vazões em Mato Grosso, recomenda-se o uso de perfilador acústico Doppler (ADCP), pois pode contribuir com a expansão das redes hidrométricas, incrementando a oferta de dados hidrológicos de boa qualidade necessários à gestão e projetos de sistemas de recursos hídricos;
- » Nesse sentido, é importante reafirmar que, tão necessário quanto a disponibilização de equipamentos modernos, é a capacitação de profissionais para sua operação. Em outras palavras, para aprimorar a gestão de recursos hídricos, é essencial reforçar as seguintes bases:
 - » Ampliar a rede de coleta de dados hidrológicos, seguindo as recomendações da OMM/ANA;
 - » Priorizar a utilização de equipamentos mais modernos na hidrometria, que otimizem tempo e recursos, pois a região hidrográfica possui muitos mananciais sem coleta de dados hidrométricos;
 - » Investir em recursos humanos para operar os sistemas de forma competente, com o objetivo de mitigar possíveis inconsistências;
 - » Destinar investimentos para ampliar a escala de mapeamento dos recursos naturais, já que outras características ambientais das bacias hidrográficas podem melhorar a precisão da regionalização da vazão;
 - » O Estado deve estar sempre equipado e disposto a buscar novas tecnologias para ampliar e otimizar o monitoramento e a gestão de recursos hídricos.

CAPÍTULO II



CONCESSÕES E FLUXOS OUTORGADOS NA BACIA E CONCENTRAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Dado o contexto, o presente capítulo tem como principal objetivo apresentar o levantamento de dados e a sistematização das informações sobre as concessões outorgadas na bacia do Juruena e, especificamente, objetiva:

- » Categorizar as outorgas por tipologias de uso, bem como investigar as titularidades, distribuição e somatório dos fluxos outorgados, apresentando uma atualização desde 2020;
- » Apresentar e discutir a distribuição de empreendimentos hidrelétricos na bacia do Juruena;
- » Apresentar os resultados por meio de gráficos e mapas.

2. METODOLOGIA GERAL

A metodologia adotada para atender aos objetivos do presente estudo foi dividida em dois eixos principais, que se inter-relacionam em termos técnicos/teóricos e práticos/aplicados no âmbito da gestão dos recursos hídricos.

2.1 PESQUISAS DOCUMENTAIS/BIBLIOGRÁFICAS E LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram realizadas pesquisas documentais e bibliográficas junto às principais plataformas de acesso aos dados públicos estaduais que pudessem dar pistas sobre dados e concessões de outorgas no estado de Mato Grosso. Além dos meios oficiais da SEMA, foram realizadas pesquisas em diversas plataformas fornecedoras de dados públicos sobre água com consultas aos seus metadados a fim de buscar as principais informações relacionadas às concessões, metodologias de coleta de dados, informações sobre os tipos de atributos coletados e outras informações relevantes.

Entre as fontes consultadas para levantamentos de outorgas concedidas para a bacia do rio Juruena utilizou-se principalmente dois sistemas da SEMA-MT associados à pesquisa junto ao Diário Oficial do Estado de Mato Grosso, além das consultas aos “Atos de Outorgas”, disponíveis na página da SEMA.

O primeiro sistema utilizado foi o Sistema Integrado de Monitoramento e Licenciamento Ambiental (SIMLAM¹), que consiste em uma plataforma de consulta da SEMA sobre informações diversas no âmbito ambiental estadual, na qual, no ícone “Buscar Processos”, pode-se fazer a busca por “tipo de processo”, onde consta a categoria outorgas (Figura 1).

No SIMLAM também foram feitas consultas de informações de outras categorias, como de licenciamento e cadastro, para a realização de análises de informações cruzadas e complementares. Contudo, trata-se de uma base cujos arquivos são documentos em formato PDF, com um número considerável de documentos inexistentes. É um sistema restrito e não é possível baixar planilhas.

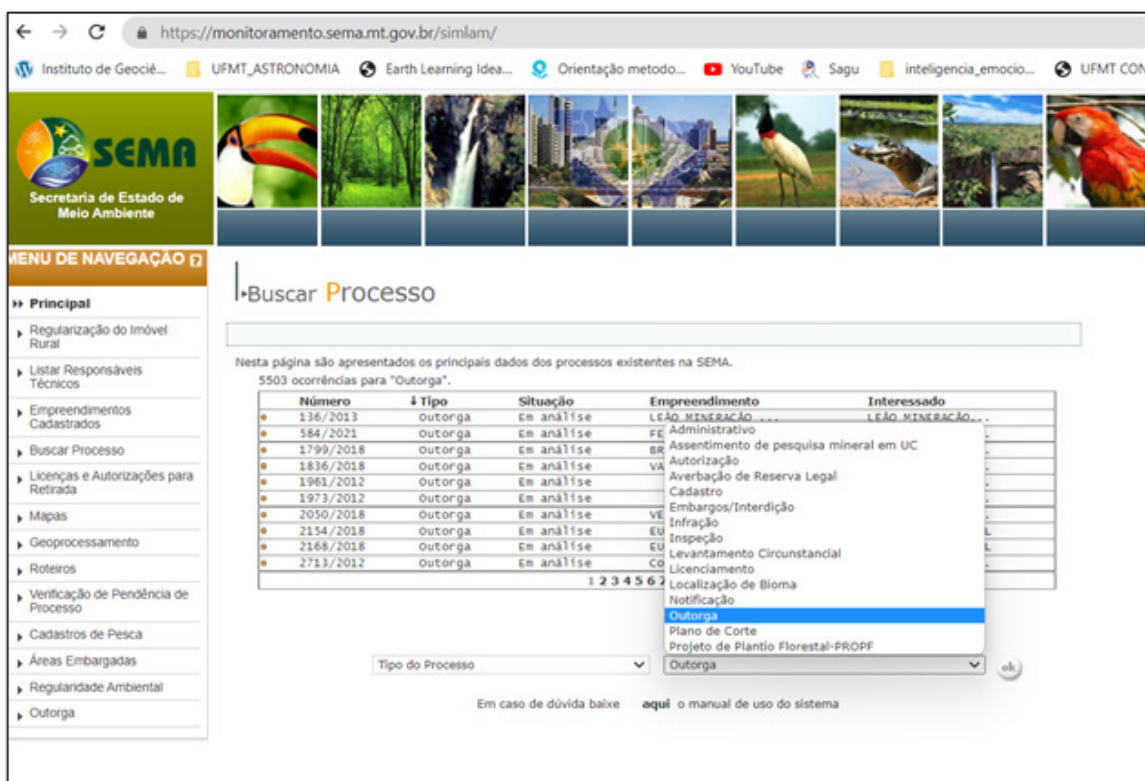


Figura 1: Plataforma de acesso e consulta a todos os processos recorrentes junto à Secretaria de Estado de Meio Ambiente do estado de Mato Grosso.

1 Disponível em: <https://monitoramento.sema.mt.gov.br/simlam/>

Nesse sentido, o principal sistema utilizado foi o antigo navegador geográfico SIMGEO, que migrou recentemente para o Geoportal² (Figura 2), tratando-se de um sistema de informações georreferenciadas da SEMA-MT que apresenta as informações do SIMLAM em mapa e de onde podem ser baixadas em arquivos shapefile e em formato Excel. Posteriormente, estes podem ser trabalhados em um programa de geoprocessamento, como o utilizado em questão, o QGis versão 3.22.9.

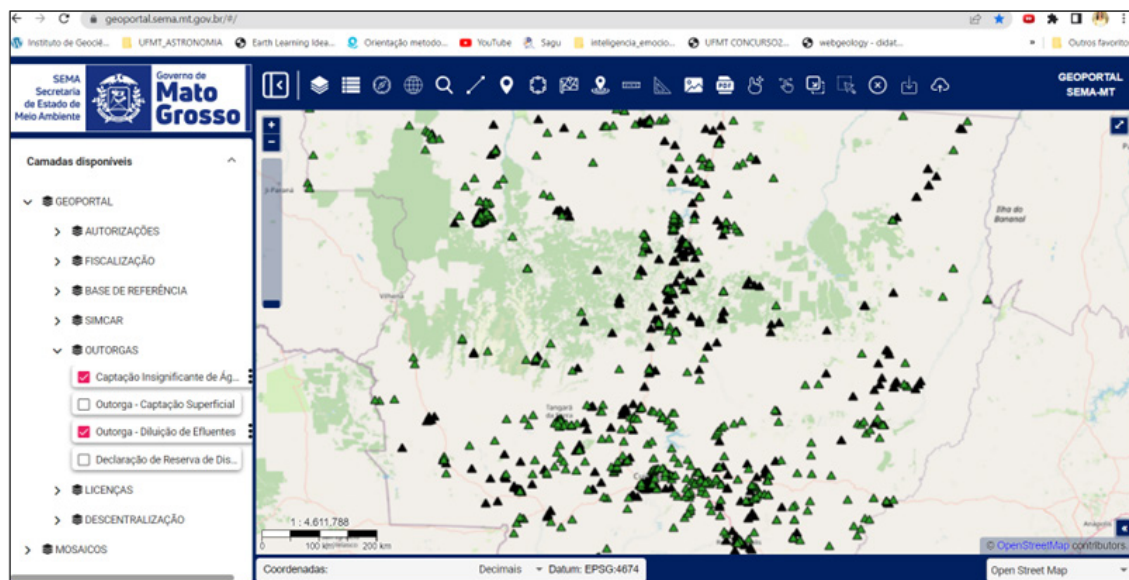


Figura 2: Geoportal – sistema de navegação geográfica unificado utilizado pela SEMA para disponibilizar dados públicos do estado. (Fonte: <https://geoportal.sema.mt.gov.br/#/>)

Após selecionadas as planilhas Excel com os arquivos correspondentes às categorias de outorga – captação superficial, captação superficial em barramento e Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) –, foi realizada a triagem para as tipologias de outorgas (indústria, mineração etc.) e todos os dados foram recortados usando como limite a bacia do Juruena. As etapas seguintes se pautaram na organização dos dados e acréscimo de informações a partir da consulta a outras fontes de dados, com destaque para o Diário Oficial do Estado de Mato Grosso, para o recorte temporal dos anos 2000 a 2022. Porém, só foram encontrados dados a partir de 2007.

Cabe ressaltar que este estudo se trata da continuação da discussão do RT referente ao edital OPAN de nº041/2020, na qual foram levantadas informações sobre usos da água, referencial técnico e atos administrativos sobre outorga na bacia do rio Juruena, e tratou especificamente sobre outorgas para fins de irrigação e empreendimentos de geração de energia elétrica.

² Disponível em: <http://transparencia.sema.mt.gov.br/#/home> e <https://geoportal.sema.mt.gov.br/#/>

No que diz respeito ao mapeamento da distribuição de empreendimentos hidrelétricos na bacia, foi consultado o portal de geoprocessamento da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) –, que é o Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico (SIGEL)³. Ele reúne os dados geográficos que constam nas bases de dados da agência os disponibiliza por categorias de interesse (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Interface gráfica do Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico – SIGEL/ANEEL

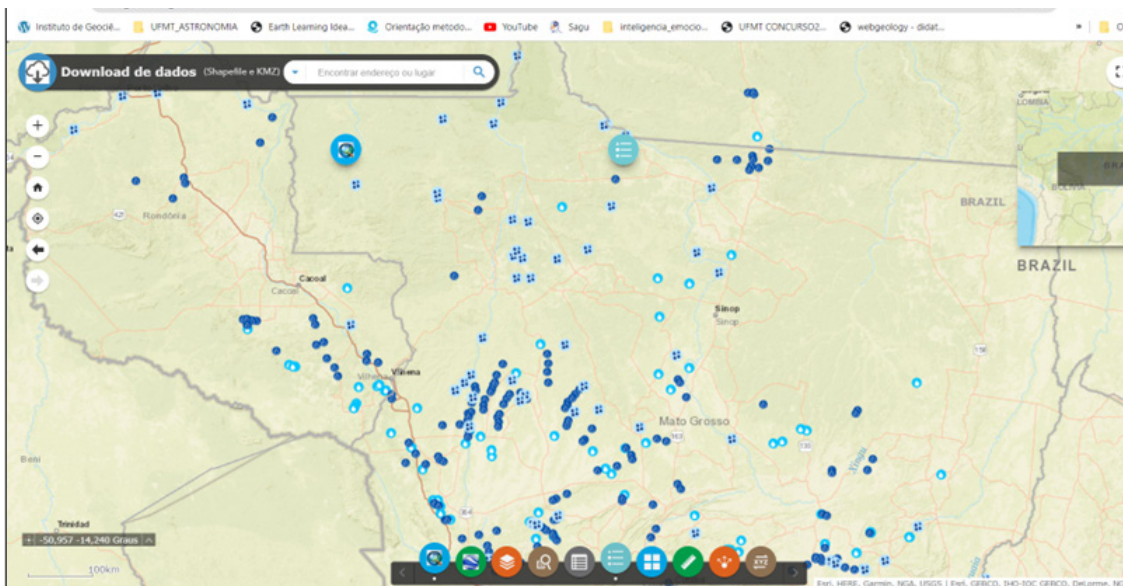


Figura 4: Interface gráfica da plataforma de downloads de dados geográficos do SIGEL/ANEEL.

³ Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>

Maiores detalhes sobre os procedimentos metodológicos podem ser encontrados a partir do Capítulo 3, a seguir.

3. RESULTADOS

3.1. INVESTIGAÇÃO DE OUTORGAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JURUENA - MT

Com base no Relatório Técnico de nº 041/2020, que realizou a investigação de outorgas concedidas na bacia do rio Juruena, no que diz respeito aos empreendimentos de irrigação e empreendimentos geradores de energia elétrica, o presente estudo objetiva dar continuidade à investigação, para a quantificação de outorgas e vazões concedidas para todas as categorias de usos na bacia.

Da mesma forma como foi exposto no referido RT nº 041/2020, foram aqui avaliadas as categorias de outorgas denominadas DRDH, captação superficial (incluindo captação superficial com barramento), e foram incluídas as categorias de Captação para diluição de efluentes e captação insignificante de água (que inclui captação subterrânea por poços tubulares)⁴. Neste último caso, a quantificação será realizada para mostrar um panorama geral de uso da água na bacia, pois, ainda que não caiba o processo burocrático de liberação da outorga, o usuário precisa realizar o cadastro para informar o uso da água à SEMA, sob fiscalização e sanções cabíveis.

Inicialmente, foi consultada a plataforma oficial da SEMA, o SIMLAM⁵, com o objetivo de auxiliar a gestão do meio ambiente do estado. Através do menu “buscar processos” foi selecionada a opção “tipo de processo / Outorga”, o que resultou em **5.503 processos** de outorgas totais em todo o estado de Mato Grosso. Já por meio do navegador geográfico da SEMA, o Geoportail (antigo SIMGEO), o total de processos de outorgas do estado é de **4.525 processos**.

Novamente é encontrada uma contradição de números de processos, cuja explicação não pôde ser encontrada em nenhuma das duas plataformas, ou seja, não existe uma explicação para isso.

4 Nota: deve-se considerar a ausência de processos de outorgas específicos para uso de água subterrânea, conforme Portaria nº 665, de 11 de novembro de 2015, para captação em poços tubulares e cacimbas, cisternas e afins. Portanto, são considerados usos independentes de outorga e passíveis de cadastro de Captação Insignificante de Água. Fonte: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=306132>

5 Disponível em: <https://monitoramento.sema.mt.gov.br/simlam/#>

Tomando o Geoportal como base primordial de consulta, por disponibilizar planilhas com quantidade maior de informações discriminadas em relação aos outros sistemas, os dados encontrados sobre outorga para todo o estado de Mato Grosso foram: captação superficial: 3.003 casos; diluição de efluentes: 967 casos; DRDH: 107 casos; e usos insignificantes (incluindo água subterrânea): 448 casos (Figura 5).

Para a bacia do rio Juruena, os resultados são: captação superficial: 446 casos; diluição de efluentes: 178 casos; DRDH: 25 casos; e usos insignificantes (incluindo água subterrânea): 56 casos. O total de casos de demandas por uso da água para a bacia do rio Juruena encontrado no sistema foi de 705 (Figura 6).

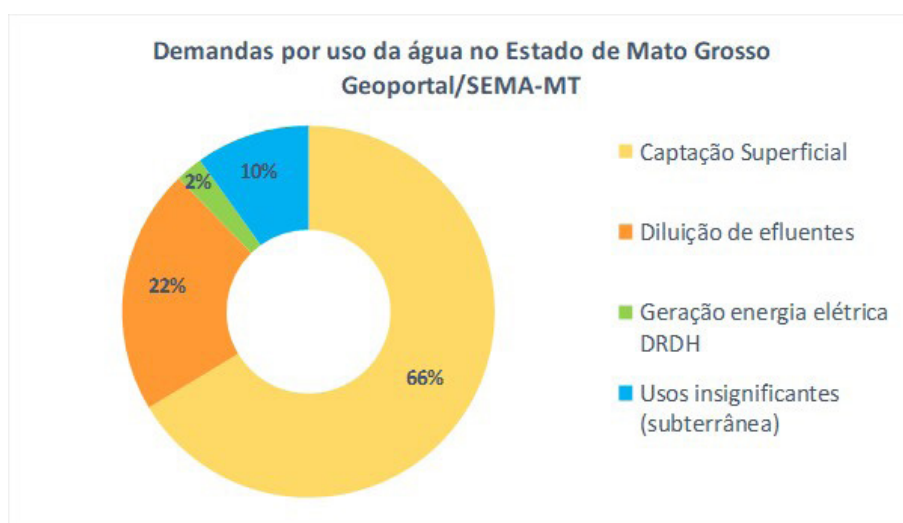


Figura 5: Percentagens de demandas de água por categoria para o estado de Mato Grosso até 09 de outubro de 2022, disponíveis no Geoportal.

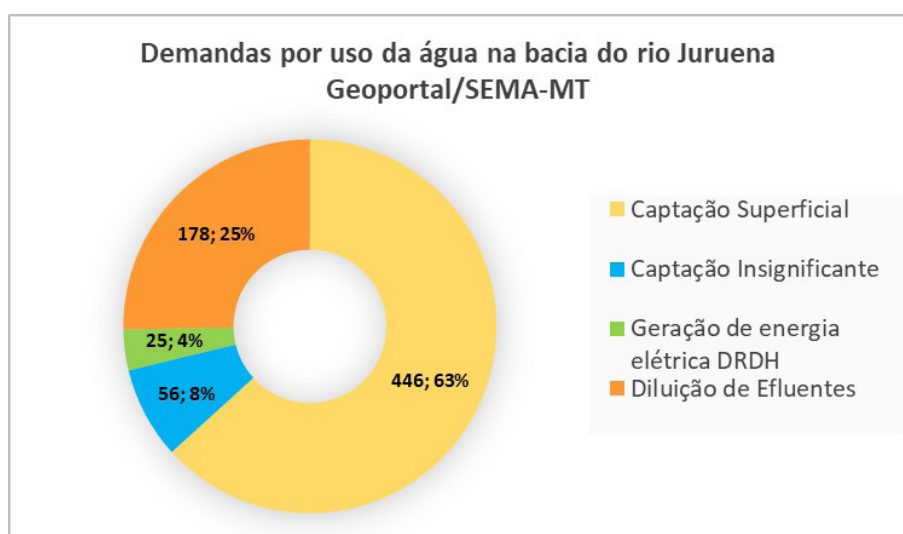


Figura 6: Demandas de água por categoria para a bacia do rio Juruena, estado de Mato Grosso.

A partir das planilhas obtidas no Geoportal, foi realizado o refinamento das informações sobre as outorgas com base em pesquisas no Diário Oficial do Estado e no SIMLAM, em “Atos de Outorga⁶”, onde consta uma quantidade maior de informações sobre os procedimentos de solicitações e concessões de outorga. Porém, até mesmo no DOE, muitas vezes as informações estão incompletas. Um maior detalhamento dos dados de outorga para as categorias de irrigação e empreendimentos de geração de energia elétrica e sobre a metodologia de investigação de dados junto à SEMA podem ser conferidos no RT edital nº 041/2020 entre as páginas 16 a 25.

Para o estudo, foram elencadas as seguintes variáveis conforme descritas no Plano de Trabalho: tipologia da outorga (categoria de outorga e categoria de uso); titularidade; vazão outorgada; e distribuição na bacia (mapeamento).

3.1.1 OUTORGAS PARA CAPTAÇÃO SUPERFICIAL

Para captação superficial, o número de outorgas concedidas foi de 446 entre os anos de 2008 a 2021. É importante enfatizar que, dentro de um mesmo processo, é possível solicitar várias captações e que cada captação é uma retirada/subtração de vazão do rio. Cada captação pode ser diferente da outra, inclusive, ocorrer em rios diferentes, mesmo que seja uma outorga solicitada pelo mesmo titular (físico ou jurídico). Logo, foram outorgados 446 pontos de captações.

As outorgas concedidas, ou cadastramentos na categoria de captação superficial foram para: aquicultura, criação animal e criação animal combinada com irrigação, irrigação, indústria, mineração, saneamento, saneamento para abastecimento público, serviços e outras finalidades como paisagismo e lazer (Figura 7).

Foram 446 outorgas concedidas entre 2008 a 2021, para uma vazão total de 59,290127 m³/s, na categoria de captação superficial na Bacia Hidrográfica do Rio Juruena (Figura 8).

Levando em conta que cerca de 63% da demanda por água na bacia do Juruena se dá por captação superficial e isto equivale a um total de 59,290127 m³/s, observa-se que, destes, quase 100% são destinados para a atividade de irrigação (96,3% ou 57,071131 m³/s). Na Figura 9, a seguir, é possível observar que somente entre os anos de 2020 e 2021, foram outorgadas 10,05806 m³/s, o que significa aproximadamente 1/6 do total outorgado desde 2007. O total de outorgas concedidas para empreendimentos de irrigação foi de 342.

6 Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/site/index.php/unidades-administrativas/recursos-hidricos/category/255-atos-de-outorga>

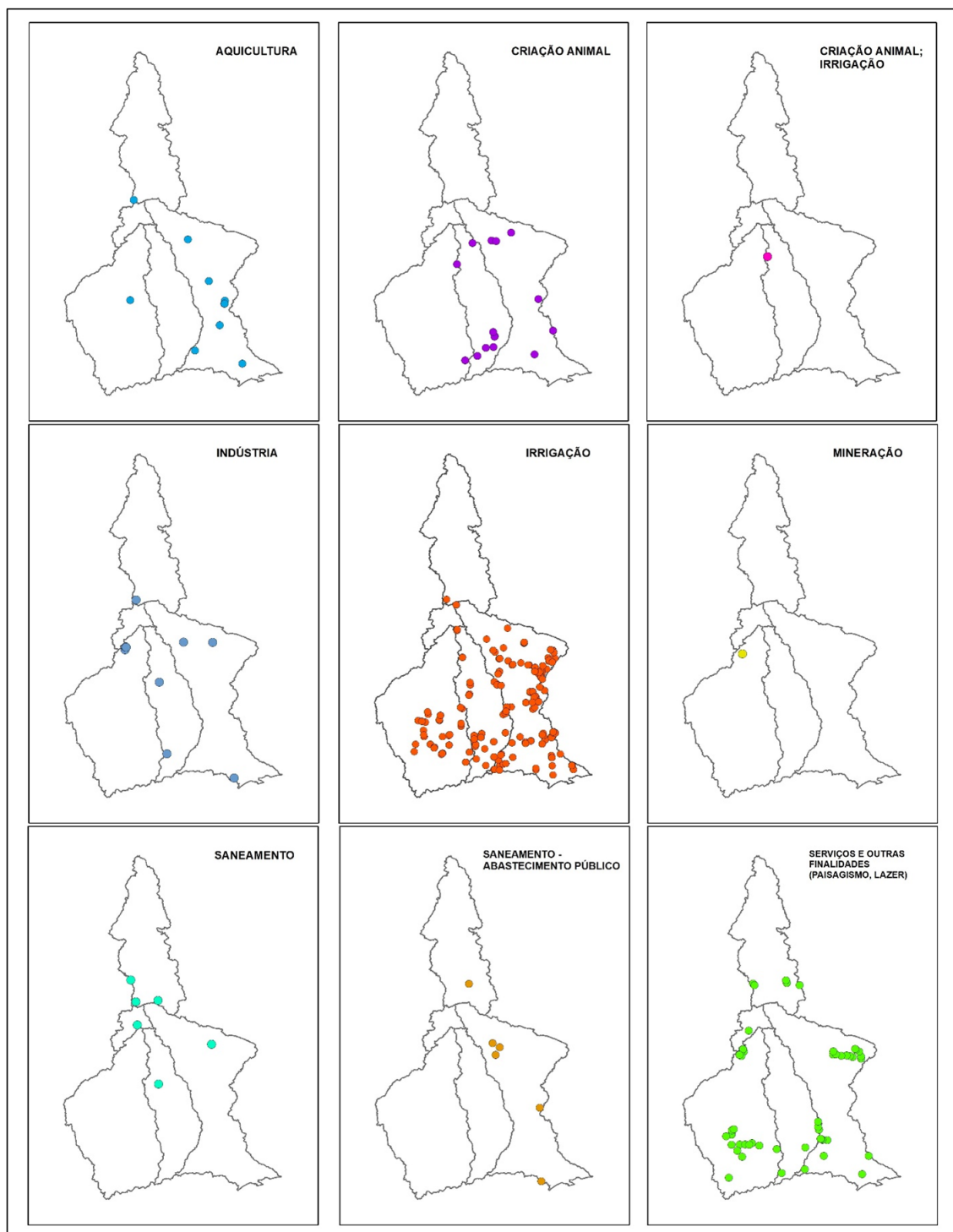


Figura 7: Concessões de outorgas para os diferentes usos na categoria de captação superficial
(Fonte dos dados: Geoportai/SEMA)

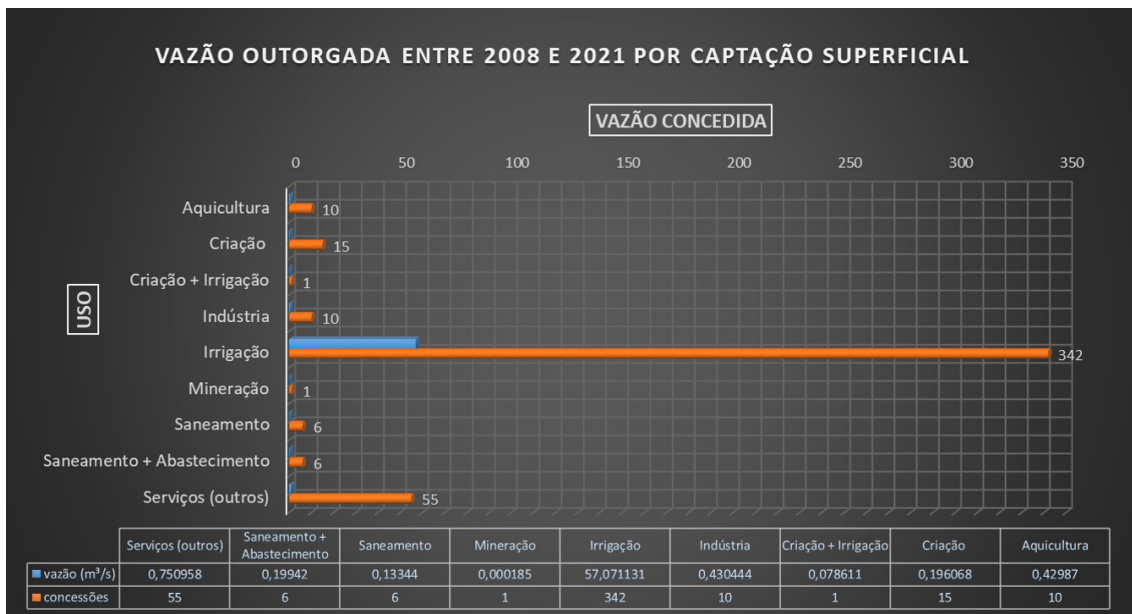


Figura 8: Vazão outorgada entre 2008 e 2021 por captação superficial para os diferentes tipos de usos.

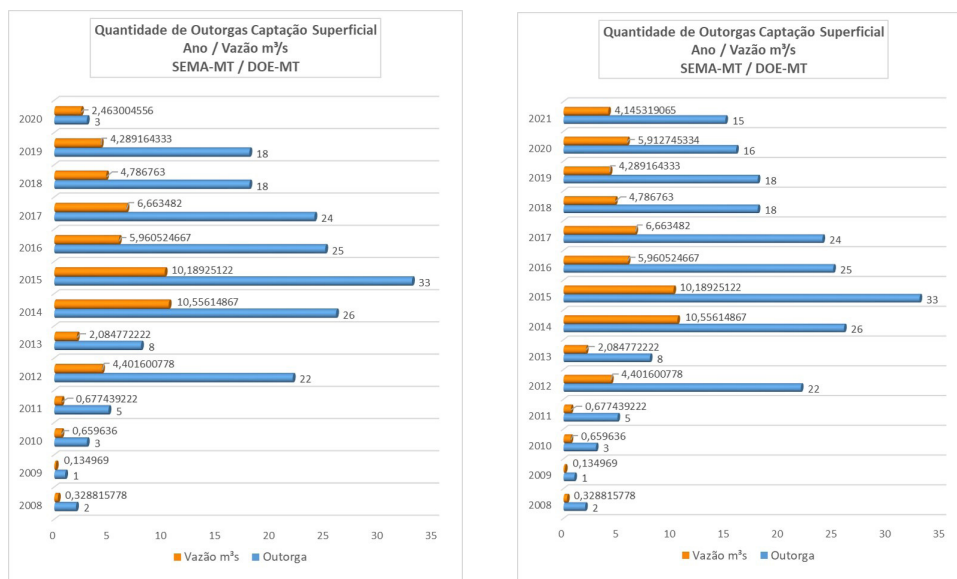


Figura 9: Outorgas concedidas por ano na categoria captação superficial para empreendimentos de irrigação.

As outorgas concedidas, ou cadastramentos realizados na categoria de diluição de efluentes, foram demandas para: aquicultura, indústria, saneamento, saneamento e esgotamento sanitário e serviços e outras finalidades como paisagismo e lazer (Figura 10). Foram 178 outorgas concedidas entre 2010 e 2020, para uma vazão total de 5,388486 m³/s, na categoria de diluição de efluentes na Bacia Hidrográfica do Rio Juruena (Figura 11). A categoria mais demandada é a aquicultura, com 126 outorgas concedidas para DE.

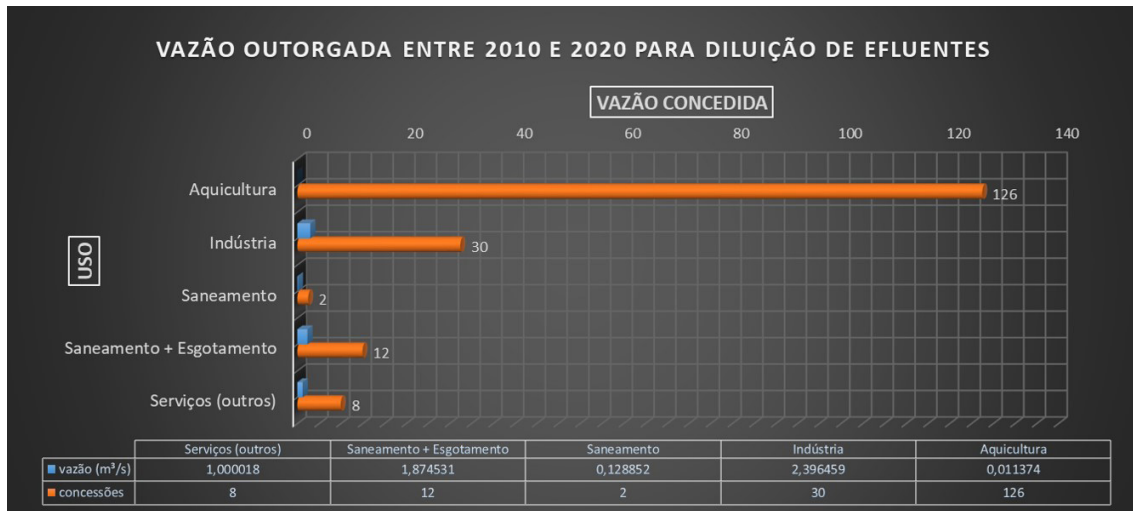


Figura 10: Vazão outorgada entre 2010 e 2020 para diluição de efluentes para diferentes demandas de uso.

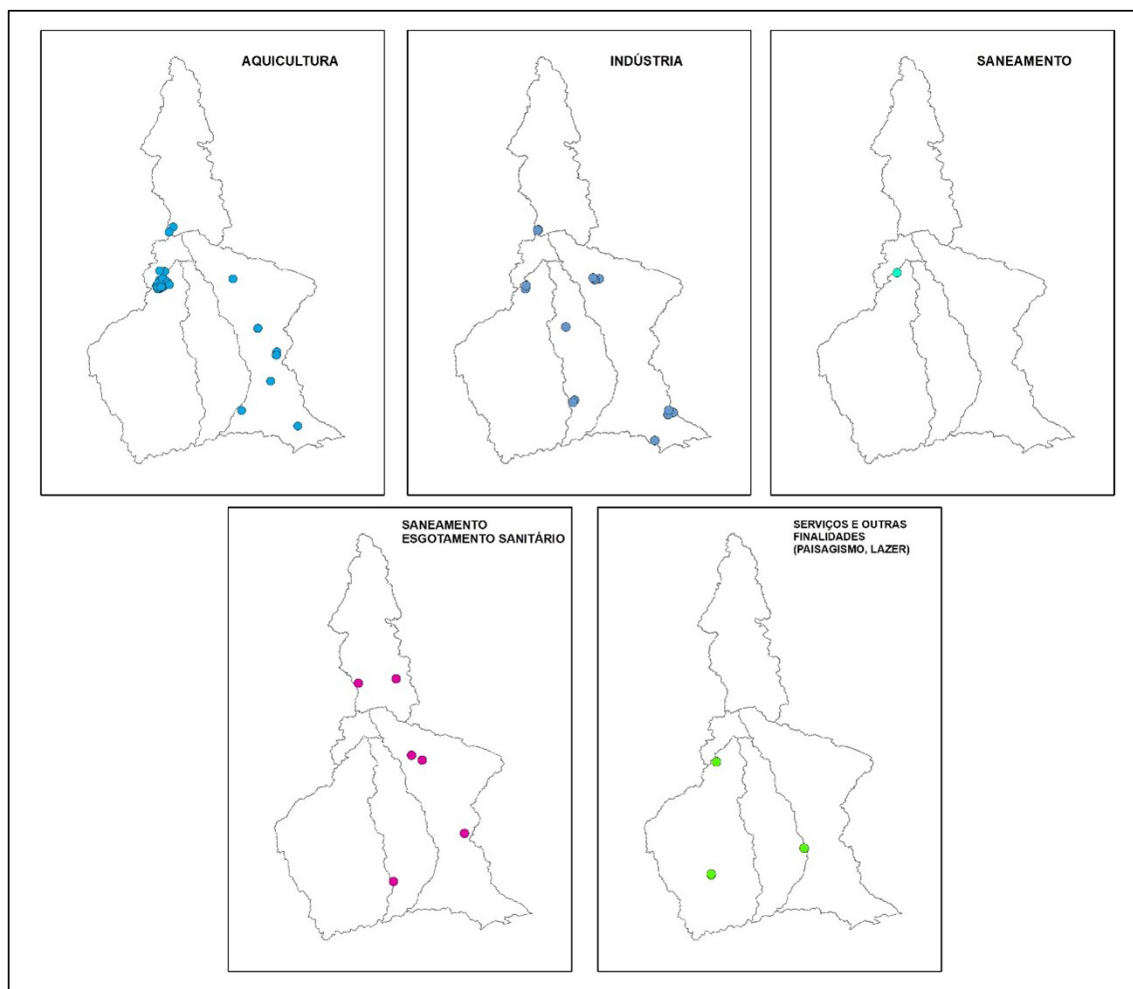


Figura 11: Concessões de outorgas para os diferentes usos na categoria de diluição de efluentes (Fonte dos dados: Geoportal/SEMA)

No caso da categoria de captação insignificante, o número de outorgas concedidas foi de 56 para as seguintes demandas: aquicultura, criação animal, irrigação, indústria, mineração, serviços, saneamento e outros, que podem incluir demandas para umectação asfáltica e de vias, limpezas gerais, uso doméstico, poços etc. (Figura 12).

A categoria mais demandada é a de aquicultura, com 0,196 m³/s de vazão requerida e 18 outorgas concedidas (Figura13).

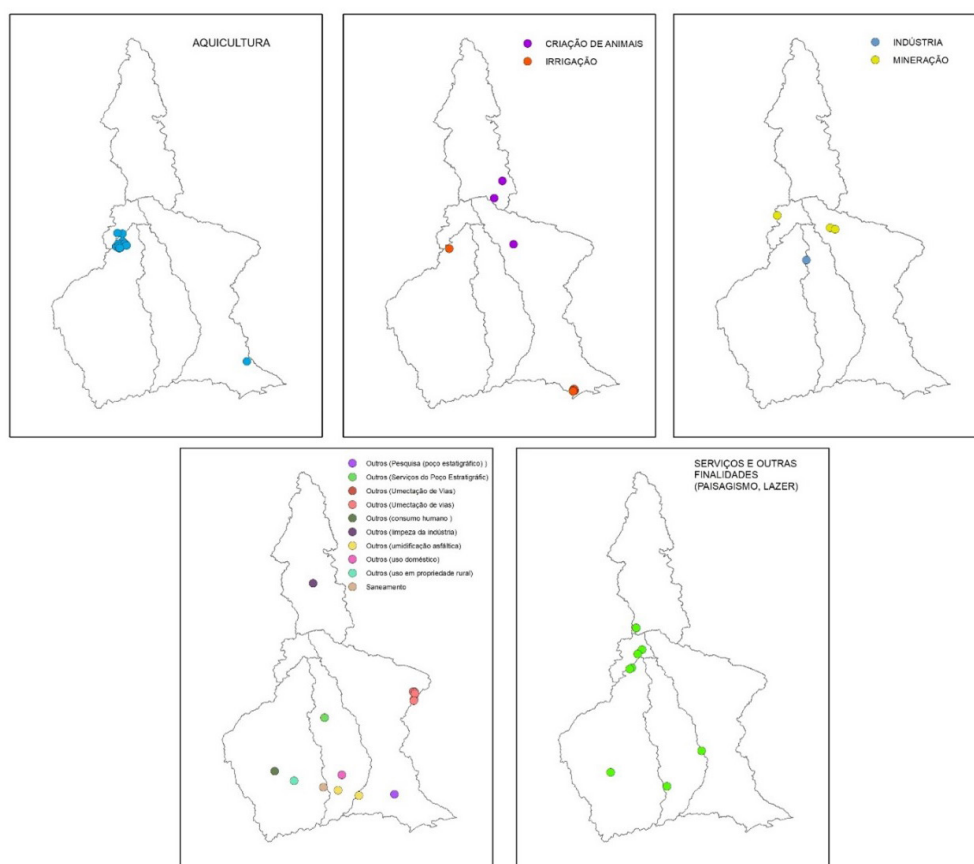


Figura 12: Concessões de outorgas para os diferentes usos na categoria de captação insignificante (Fonte dos dados: Geoportal/SEMA)

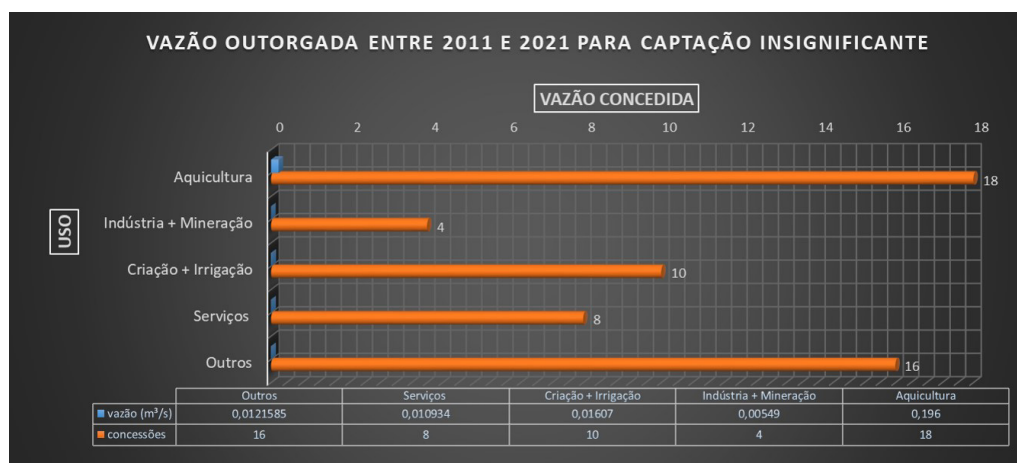


Figura 13: Vazão outorgada entre 2010 e 2020 para uso insignificante da água conforme diferentes demandas.

3.1.2 OUTORGAS POR DECLARAÇÃO DE RESERVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA (DRDH)

Para a categoria de geração de energia elétrica, investigada através da DRDH, o número de outorgas reservadas/concedidas foi de 28, com base no número de processos. Para cada processo, há somente uma captação/reserva.

Os procedimentos para outorgas para empreendimentos de geração de energia elétrica podem ser encontrados no Relatório Técnico edital nº 041/2020 (OPAN, 2020) entre as páginas 33 e 37.

Cabe lembrar que, como citado no Relatório Técnico:

“(…) A vazão requerida, no caso da DRDH, é referente à vazão turbinada a ser subtraída da vazão natural do rio e representa aquela que passa pelas turbinas para gerar energia elétrica. Logo, quando não há valor de vazão nos documentos, é porque se trata das ‘vazões naturais afluentes’ (NA) e isso significa que o aproveitamento será realizado utilizando-se as condições naturais do rio.”

A descrição desse assunto pode ser encontrada no item 3.3 do relatório supracitado.

A planilha de DRDH baixada do Geoportal não apresenta os dados de vazão, sendo então necessário recorrer ao Diário Oficial do Estado de Mato Grosso⁷ e aos Atos de Outorga, já mencionados anteriormente. Sendo assim, é necessário investigar individualmente cada processo para encontrar a vazão.

No RT de 2020, havia somente dois processos de concessão/reserva. Para 2021 e 2022, ainda não existem dados disponíveis no Geoportal; possivelmente, as solicitações se encontram disponíveis somente nos documentos em “Atos de Outorga”, o que requer uma busca individualizada ano a ano, mês a mês, documento a documento e uma análise para verificar se o ato diz respeito à bacia do Juruena, pois se tratam de processos do estado inteiro. Portanto, nos dados obtidos do Geoportal no ano de 2022, consta um acréscimo de concessões para o ano de 2020. Variou de duas para sete concessões/reservas. Pelos gráficos abaixo (Figuras 14 e 15), pode-se observar o montante considerável de vazão retirada dos rios em 2020: 297,2 m³/s, com tendência ao crescimento.

⁷ Disponível em: <https://www.iomat.mt.gov.br/>

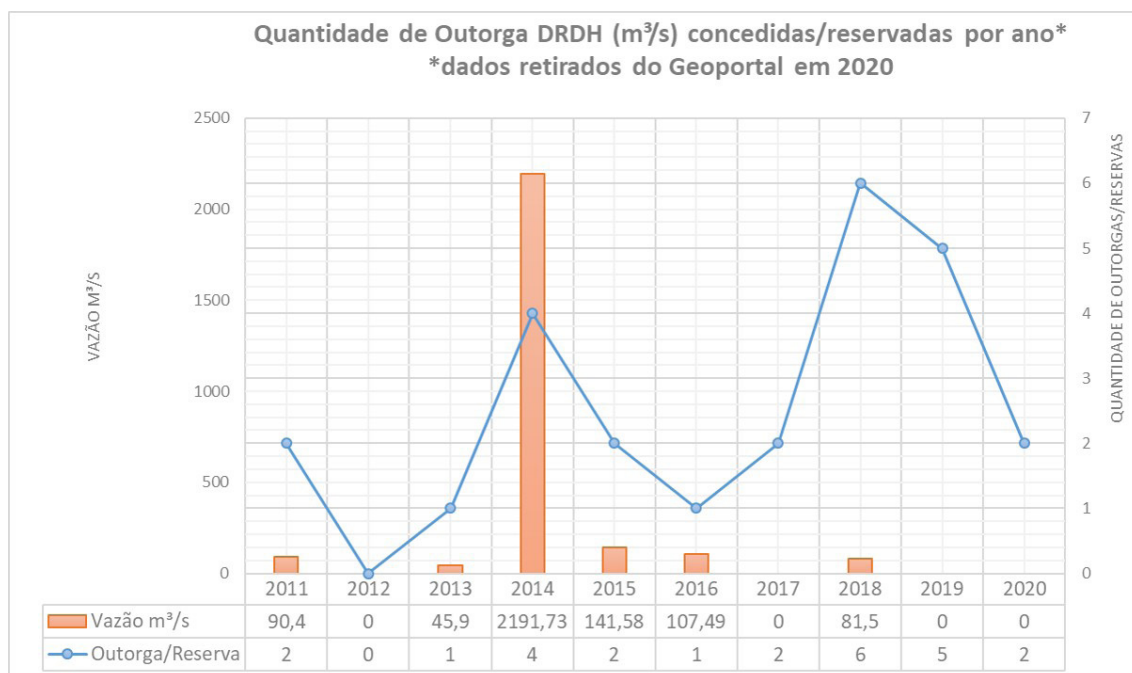


Figura 14: Gráfico de outorgas reservadas e vazões solicitadas até maio de 2020.

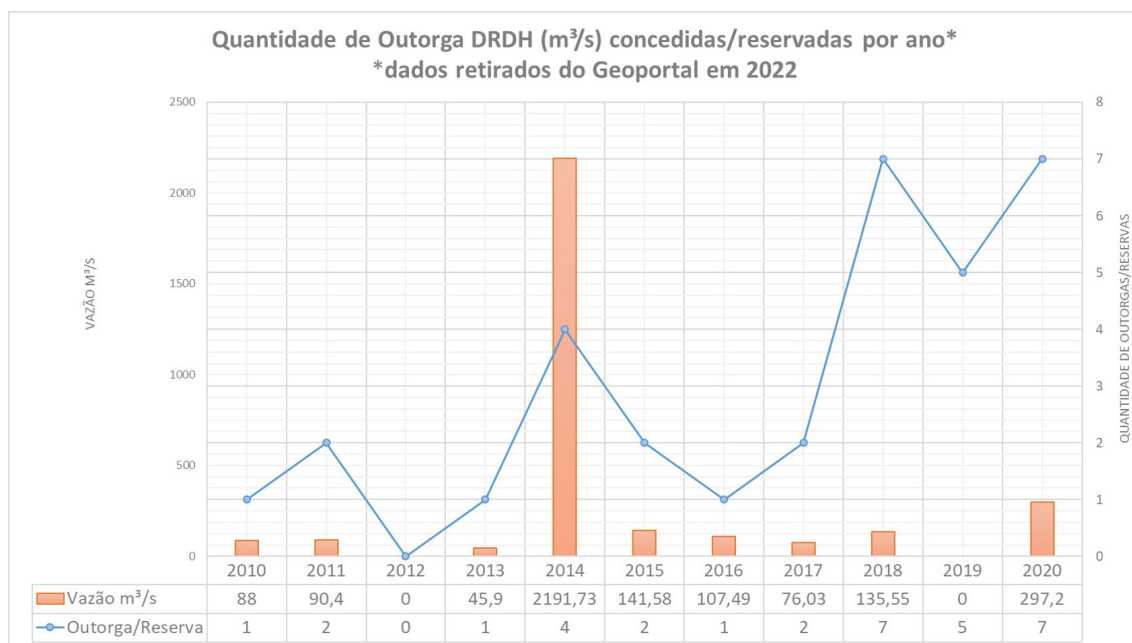


Figura 15: Gráfico de outorgas reservadas e vazões solicitadas até dezembro de 2022.

A respeito das concessões de outorgas, conforme entrevista com o superintendente Luiz Noquelli, a SEMA se baseia em uma série de requisitos e critérios técnicos estabelecidos em leis, decretos e instruções normativas para cadastrar solicitações e conceder as outorgas consuntivas, ou seja, aquelas que pressupõem retiradas de água de sua fonte natural, diminuindo suas disponibilidades espacialmente e temporalmente.

Nesse sentido, as únicas atualizações em relação ao ano de 2020 foram: a alteração da Lei 9.645/1997⁸ pela Lei 11.088/2020 e a inclusão das Instruções Normativas nº 09/2021 e nº 10/2021. As demais normativas são: Decreto 336/2007, Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (Cehidro) nº 27/2009 alterada pela Resolução Cehidro nº 119/2019, Resolução Cehidro nº 42/2011, Resolução Cehidro nº 29/2009, que constam no RT nº041/2020.

Entre as atualizações, está o novo sistema implantado pela SEMA para simulação e verificação de disponibilidade hídrica, em substituição ao SIMLAM Hídrico, ferramenta de tomada de decisão da outorga desde sua implementação em 2007.

Conforme a SEMA: “O novo SIGA é uma das entregas do programa Sema Digital, um dos eixos do Programa Mais MT, e inclui a revisão, modernização e desburocratização da legislação ambiental, responsabilização ambiental e eficiência no licenciamento ambiental”⁹

Desse modo, o protocolo para outorgar água superficial é:

1. verificar se os documentos apresentados estão em acordo com os Termos de Referência, disponíveis no site da SEMA¹⁰;
2. verificar se a demanda do uso da água pelo interessado está em acordo com a captação requerida (análise do uso racional);
3. verificar no SIGA Hídrico se a vazão requerida está disponível na bacia e se a captação proposta não excede o limite máximo individual;
4. caso o requerimento tenha condições de ser concedido, é feita a reserva hídrica no SIGA Hídrico e essa outorga será considerada em análise de requerimentos futuros na bacia.

⁸ Descrição disponível no RT nº041/2020.

⁹ Disponível em: <http://www.mt.gov.br/-/18731050-siga-hidrico-entra-em-operacao-e-recebe-pedidos-de-outorga-de-uso-da-agua-pela-internet>.

¹⁰ Disponíveis em: <http://sema.mt.gov.br/site/index.php/2013-10-27-00-11-6> e <http://sema.mt.gov.br/site/index.php/2013-10-27-00-11-6/category/248-recursos-h%C3%ADricos>.

Nos casos das outorgas concedidas, é possível notar no Gráfico 16, abaixo, a atualização das concessões/reservas de outorgas desde o RT nº 041/2020, em que a maior parte dos processos é para vazão turbinada, logo, aquela que indica maior intervenção no rio. Cabe ressaltar que as primeiras solicitações de outorgas na bacia do Juruena ocorreram no ano de 2007, conforme instauração do Decreto nº 336 de 2007, que regulamenta a outorga dos direitos de uso da água, e da Resolução Cehidro nº 27/2009, que impõe critérios para análise e emissão de outorgas de águas superficiais, porém as concessões somente ocorreram a partir de 2010.

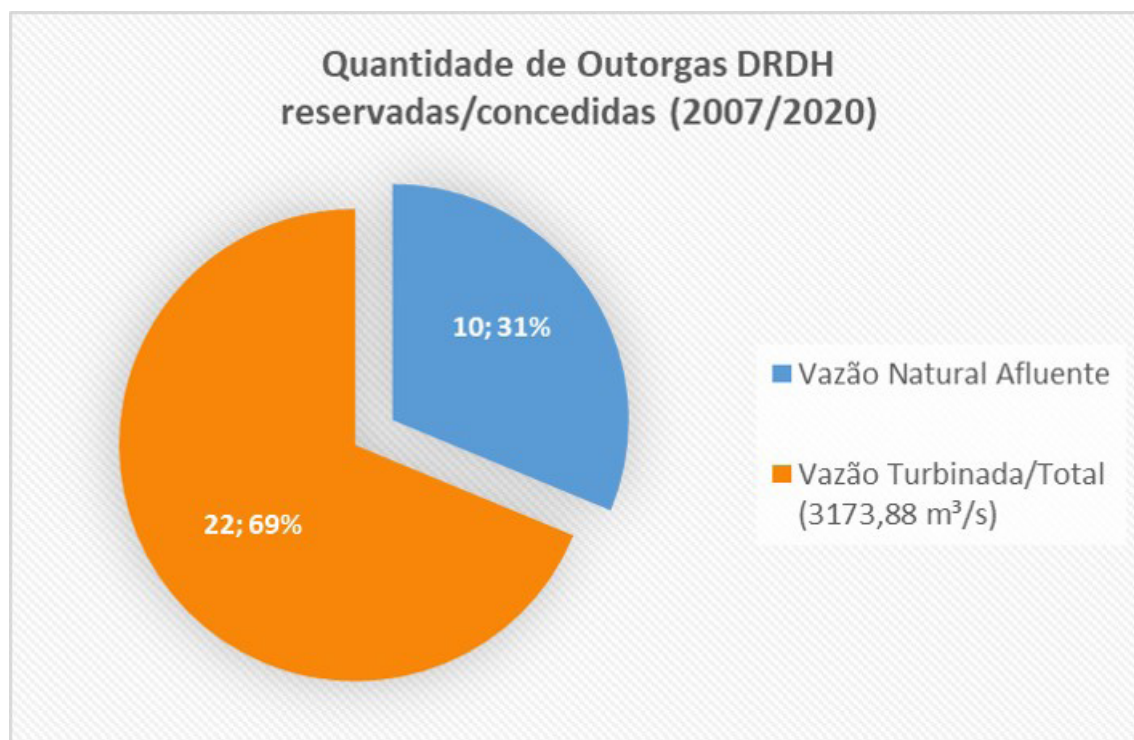


Figura 16: Tipo de vazão outorgada na categoria de DRDH.

O total da vazão concedida neste período foi de 3.173,88 m³/s. Na Figura 17, é possível observar a quantidade de outorgas e a vazão solicitadas/concedidas/reservadas por rio.

Os rios Juruena, Sangue e Juína, são os mais demandados quando se trata de uso e retirada de água. Juntos, somam 2.700,42 m³/s de vazão outorgada.

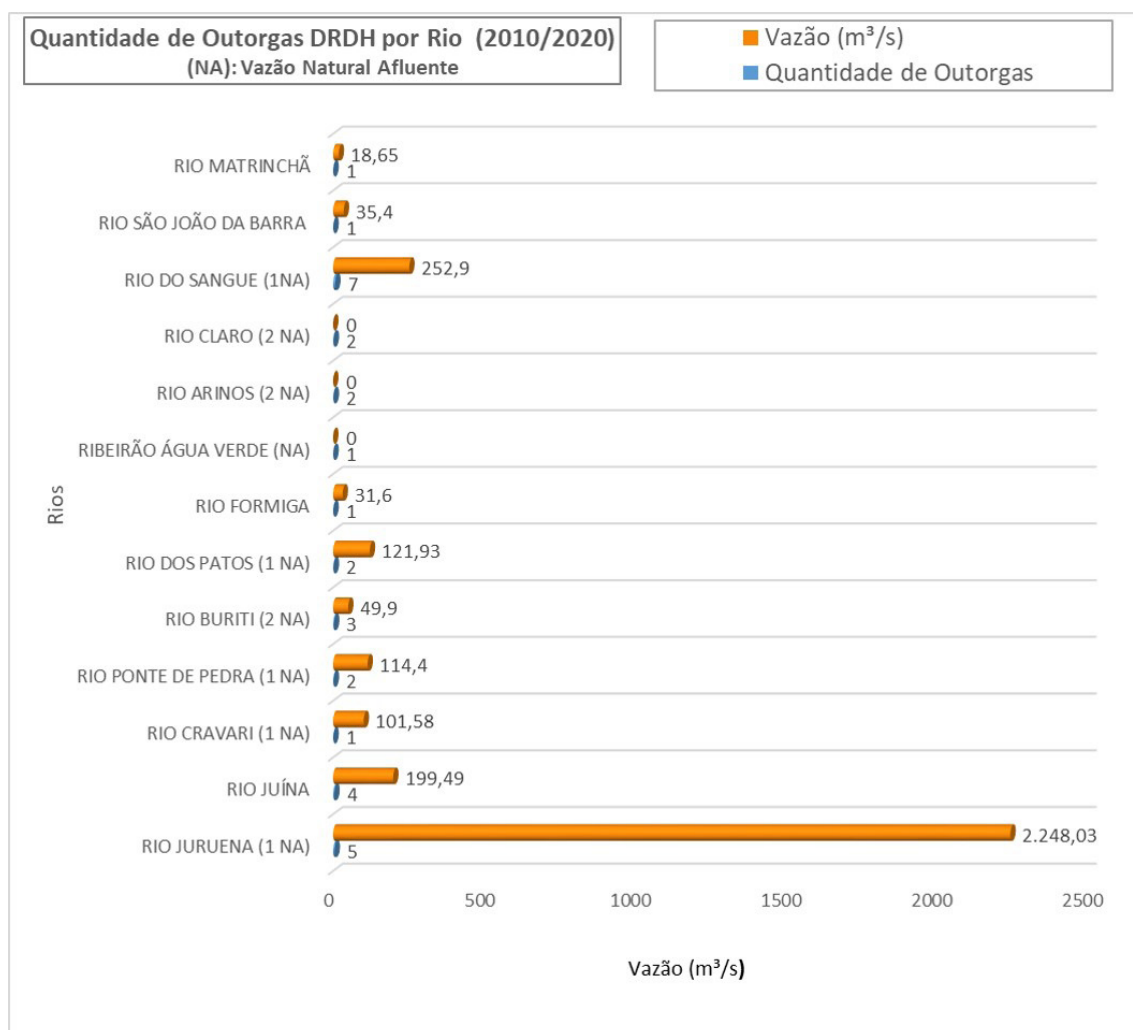


Figura 17: Quantidade de outorgas reservadas/concedidas por rio para empreendimento de geração de energia elétrica.

3.2. MAPEAMENTO DOS EMPREENDIMENTOS DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Os dados referentes aos empreendimentos de geração de energia elétrica, especificamente CGHs, PCHs e UHEs, foram retirados do Sistema de Informações Geográficas do Setor Elétrico (Sigel)¹¹ –, por meio do portal da Aneel, como já mencionado neste trabalho.

A espacialização destes dados pode ser observada na Figura 18, a seguir.

11 Disponível em: <https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/>

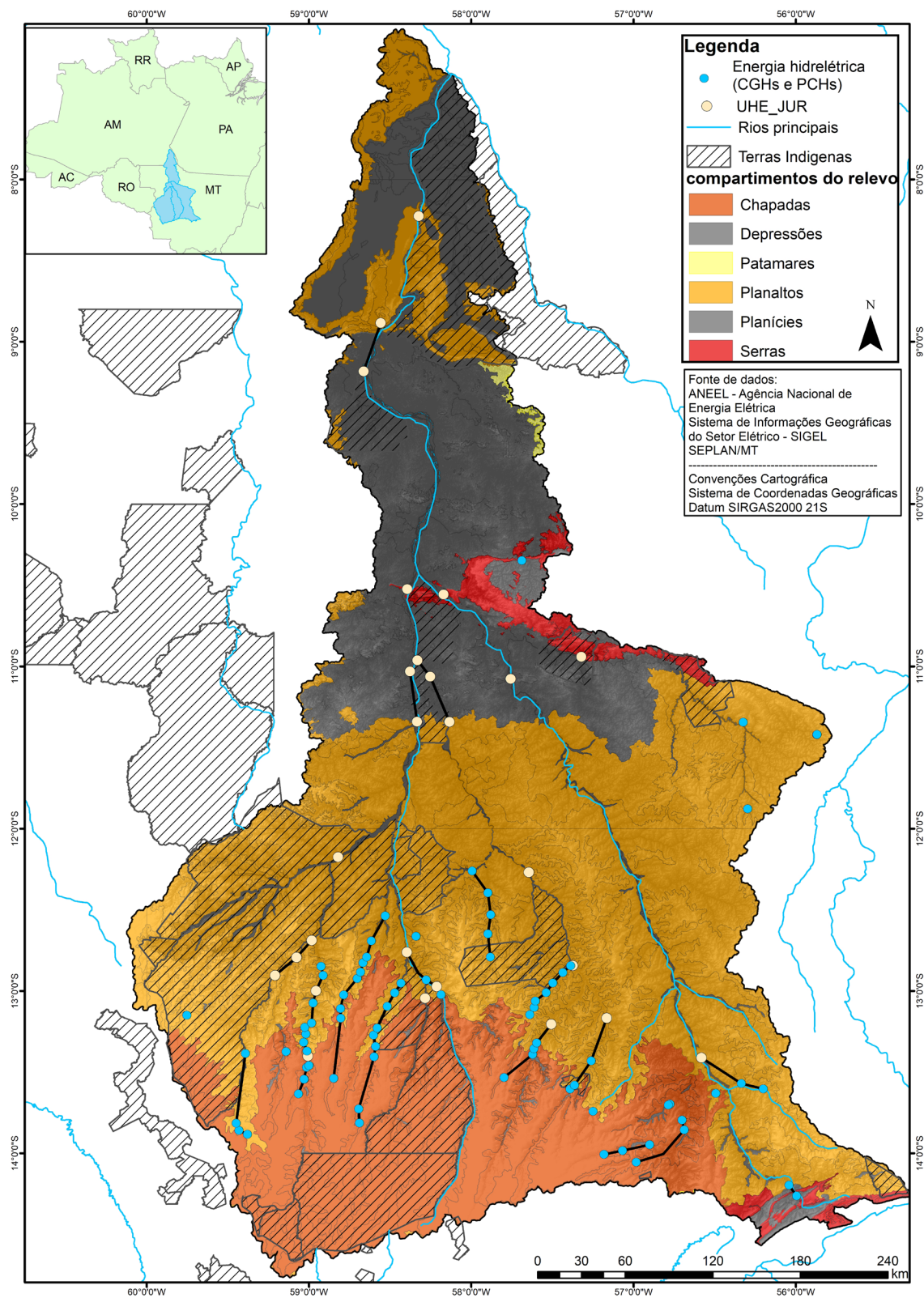


Figura 18: Espacialização dos empreendimentos de geração de energia elétrica na Bacia Hidrográfica do Rio Juruena – CGHs, PCHs e UHes. (Fonte: SIGEL/ANEEL, 2022)

Como pode ser observado no mapa, os empreendimentos obedecem a um padrão de ocupação preocupante, que é a implantação em bordas de planaltos e/ou em áreas de serras, áreas extremamente sensíveis do ponto de vista geomorfológico. Pode-se observar os empreendimentos em sequência, conectados pelas linhas pretas.

Especificamente em Mato Grosso, existem atualmente cerca de 200 (duzentos) processos de licenciamento ambiental para implantação de empreendimentos de geração de energia elétrica tramitando na Aneel, conforme Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas¹². No Brasil todo, são 1.535 processos em trâmite, conforme o mesmo relatório. Afora os empreendimentos de geração de energia elétrica já implantados e ativos, em Mato Grosso este número vem aumentando conforme vem sendo observado nos sistemas de acompanhamento de processos da SEMA-MT.

Em geral, os empreendimentos situados nas porções superiores, próximas às áreas de cabeceiras das bacias hidrográficas, mais próximas das bordas dos planaltos onde se localizam as nascentes dos principais sistemas hidrográficos da região Centro-Oeste brasileira, que funcionam a fio d'água, sem necessidade de reservatórios, acabam sendo considerados de menor impacto ambiental do que os similares com grandes reservatórios. Entretanto, embora os empreendimentos sejam implantados em áreas de grande fragilidade e interesse de conservação, os aparatos legais dos processos de licenciamento ambiental, através dos órgãos responsáveis que autorizam e monitoram esses empreendimentos, não têm considerado o espectro de fragilidade socioambiental desses ambientes, sobretudo por falta de estudos e registros cartográficos dos bens ambientais que aí existem.

Conforme a Aneel, sobre os pequenos aproveitamentos –e–, existem na bacia do Juruena 60 Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) e 20 Centrais Geradoras Hidroelétricas (CGHs); os grandes empreendimentos (UHEs) somam 25 na mesma bacia. Porém, conforme o estudo de acompanhamento e monitoramento de projetos e infraestrutura energética da bacia do Juruena realizado por OPAN (2019), foram identificadas 46 CGHs, 66 PCHs, e 26 UHEs, totalizando 138 empreendimentos já implantados e/ou projetados.

Independentemente do número, as implantações e/ou planejamentos carecem de particular atenção por frequentemente barrarem, em sequência, rios importantes de extensas bacias hidrográficas da Amazônia Setentrional (Juruena, Teles Pires, Juína etc.), Araguaia-Tocantins (Culuene, rio das Mortes etc.) e Pantanal mato-grossense (Jauru, Casca, São Lourenço etc.), e por serem alocados em ambientes significativamente importantes.

12 ANEEL – Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/655808/0/Acompanhamento+de+Estudos+e+Projetos+Hidroenerg%C3%A9ticos/101e5ee3-ada5-49b6-a107-770f0ac03a12?version=1.8>

Múltiplos impactos ambientais permanentes e de alta magnitude são diretamente relacionados a essas estruturas (estruturas de implantação dos empreendimentos), incluindo alterações na migração de peixes, na qualidade da água dos reservatórios e seus efeitos a jusante, eliminação da vegetação nativa, eventuais perdas do patrimônio histórico, arqueológico, espeleológico e da biodiversidade local, interferência no balanço hidrológico e erosivo, além de afetarem as populações tradicionais (ribeirinhos, povos indígenas).

Por não possuírem reservatórios ou os utilizarem em dimensões reduzidas, suficientes apenas para regular a vazão diária/semanal, são considerados de baixo impacto quando comparados com os barramentos e reservatórios extensos. Entretanto, esses empreendimentos ocupam áreas das porções superiores das bacias hidrográficas, regiões de cabeceiras de drenagem, mais próximas às bordas dos planaltos onde estão suas nascentes.

Portanto, somados aos usos consuntivos nas cabeceiras que abrigam muitas das nascentes de grandes bacias hidrográficas do Centro-Oeste, as numerosas centrais hidrelétricas também fazem parte das atividades antrópicas que podem desencadear processos erosivos pelas obras de implantação e aberturas de estradas de acesso em terrenos suscetíveis. Além disso, impactam também na alteração do regime de vazão, pois parte da vazão do rio é desviada para um canal artificial para ser turbinada sob pressão em um ponto a jusante.

Especificamente, os rios de Mato Grosso têm sofrido intensamente os impactos decorrentes de processos erosivos nas suas cabeceiras (Wantzen e Mol, 2013¹³) e inúmeros estudos mostram a influência da carga de sedimentos, contaminados ou não, sobre as comunidades de espécies aquáticas, e conseqüentemente sobre comunidades ribeirinhas que dependem da pesca para sobreviver (DeLong e Brusven, 1998¹⁴; Azevedo e Monteiro, 2006¹⁵). Além disso, o conjunto de atributos físicos, bióticos e culturais fazem das bordas dos planaltos regiões de grande valor para a conservação ambiental. Ao mesmo tempo, sobre essas áreas se direcionam pressões de uso cada vez mais importantes, não apenas do setor elétrico, como também da pecuária e agricultura de grãos, algodão e cana de açúcar.

13 Referência: WANTZEN, L. M. e MOL, J. H. Soil erosion from agriculture and mining: a threat to tropical streams ecosystems. **Agriculture**. N° 3(4), p. 660-683. 2013.

14 Referência: DELONG, M. D. e BRUSVEN, B. Macroinvertebrate community structure along the longitudinal gradient of an agriculturally impacted stream. **Environmental Management**. Vol 22. N° 3. P. 445-457. 1998.

15 Referência: AZEVEDO, A. A. MONTEIRO, J. L. G. Análise dos impactos ambientais da atividade agropecuária no Cerrado e suas inter-relações com os recursos hídricos na região do Pantanal. **WWF BRASIL**. 2006.

A despeito dos esforços das agências governamentais em controlar atividades de alto impacto nessas regiões, fundamentalmente por meio do licenciamento ambiental e dos instrumentos a ele relacionados, como o Estudo de Impacto Ambiental e o respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA), fiscalização e monitoramento ambiental, nota-se que essas ações tendem a focar em empreendimentos individuais, sem levar em consideração as características do meio natural e a ação das demais atividades em operação no seu entorno.

Essa abordagem simplista desconsidera efeitos ambientais decorrentes das relações entre os vários empreendimentos entre si e suas demandas simultâneas pelos recursos naturais em uma bacia hidrográfica, que podem tanto ser conflituosas (concorrência pela água para irrigação agrícola versus reserva para produção de energia hidrelétrica), quanto cooperativas (atração turística exercida pelos reservatórios para atividades de lazer, pesca e transporte). Desse modo, a gestão ambiental também precisa considerar a multiplicidade de usos e as externalidades de um dado empreendimento, para encontrar meios de harmonizar demandas concomitantes por recursos naturais em uma certa vizinhança, a fim de garantir seu uso sustentável.

As recomendações que ficam aqui são que a gestão adote métodos analíticos capazes de incorporar ao licenciamento ambiental as interações espaciais entre um conjunto de empreendimentos e o meio em que se encontram por meio de mapeamentos de ambientes integrados. Embora essa seja uma constatação de caráter genérico, no caso do ambiente das bordas planaltinas, trata-se de uma necessidade urgente, pois reflete uma região onde as características de alta fragilidade combinadas com o alto potencial de uso econômico conflitam naturalmente com o interesse de conservação ambiental e proteção dos povos que ali vivem, colocando-os em risco.

Para que isso seja possível, é imprescindível o melhoramento e o refinamento das bases cartográficas, e sobre isso vale a pena a crítica sobre as precárias e escassas bases de dados que existentes, que não possibilitam melhores análises sobre as formas de uso dos territórios. Elas representam uma limitação crítica, sobretudo no que diz respeito às escalas adequadas. Sendo assim, muito além da problemática que envolve a questão das demandas de usos da água na bacia por meio das concessões de outorgas, é preciso repensar também toda a estrutura que está por detrás dos processos de licenciamento ambiental, desde a construção das bases até a tomada de decisão.

CAPÍTULO III



DISPONIBILIDADE HÍDRICA




-

DISCUSSÃO E RECOMENDAÇÕES AO PODER PÚBLICO






GLOSSÁRIO¹

Balanco entre disponibilidade e demandas: o balanço entre disponibilidade e demandas de recursos hídricos nas doze regiões hidrográficas foi realizado, analisando três situações diferentes:

(1) A razão entre a vazão média e a população. Utilizada para expressar a disponibilidade de recursos hídricos em grandes áreas, a vazão média por habitante é expressa pelo quociente entre a vazão média e a população ($m^3/hab/ano$). Este indicador não reflete a real disponibilidade hídrica, ou seja, a efetiva quantidade de água disponível para uso, uma vez que a vazão média não está disponível em todas as circunstâncias. A classificação adotada é adaptada de publicações das Nações Unidas para traçar o quadro mundial (UNESCO 2003; Alcamo et al. 2000):

	< 500 $m^3/hab/ano$ – Situação de escassez;
	500 a 1.700 $m^3/hab/ano$ – Situação de estresse;
	> 1.700 $m^3/hab/ano$ – Situação confortável.

(2) A razão entre a vazão de retirada para os usos consuntivos e a vazão média. A European Environment Agency e as Nações Unidas utilizam o Índice de Retirada de Água ou water exploitation index, que é igual ao quociente entre a retirada total anual e a vazão média de longo período. Este índice adota a seguinte classificação:

	< 5% - Excelente. Pouca ou nenhuma atividade de gerenciamento é necessária. A água é considerada um bem livre;
	5 a 10% - A situação é confortável, podendo ocorrer necessidade de gerenciamento para solução de problemas locais de abastecimento;
	10 a 20% - Preocupante. A atividade de gerenciamento é indispensável, exigindo a realização de investimentos médios;
	20% a 40% - A situação é crítica, exigindo intensa atividade de gerenciamento e grandes investimentos;
	> 40% - A situação é muito crítica.

(3) A razão entre a vazão de retirada para os usos consuntivos e a disponibilidade hídrica (em rios sem regularização, a vazão de estiagem - a vazão com permanência de 95%; em rios com regularização, a vazão regularizada somada ao incremento de vazão com permanência de 95%). Neste estudo, este indicador será usado

1 Metodologias e termos técnicos de acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA). Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. Brasília – DF. Maio – 2005. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em:

http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%208/ANA_Caderno%20de%20Recursos%20Hidricos%20-%20Disponibilidade%20e%20Demanda.pdf

para refletir a situação real de utilização dos recursos hídricos. Para a definição de faixas de classificação deste índice, serão adotadas as mesmas faixas da situação (2), consideradas adequadas para o caso brasileiro.

Para as águas subterrâneas, o balanço foi realizado, considerando a relação entre a vazão de retirada para os usos consuntivos (demanda potencial) na área de recarga do aquífero, e a vazão explorável. Ou seja, esse indicador aponta a possibilidade, ou não, das águas subterrâneas atenderem à demanda total.

Demandas de recursos hídricos: a estimativa das demandas relativas aos usos consuntivos da água tem por objetivo subsidiar os estudos técnicos que visam manter atualizado o balanço entre a demanda e a disponibilidade dos recursos hídricos em quantidade e qualidade no país.

- Em 2004, a ANA aprovou as vazões de consumo estimadas no projeto “Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Relatório Final – Metodologia e Resultados Consolidados” (ONS 2003). Esse projeto forneceu a demanda de aproximadamente 2.240 municípios situados nas regiões hidrográficas São Francisco, Tocantins/Araguaia e Paraná. Estas demandas foram adotadas no presente trabalho. Nos demais municípios, aproximadamente 3.270, utilizou-se a metodologia descrita nas Notas Técnicas NT-007-SPR-03, NT-010-SPR-03, NT013-SPR-03 (ANA 2003a, b, c) e adaptada aos resultados obtidos pelo ONS (2003).

- A demanda de água corresponde à vazão de retirada, ou seja, a água captada destinada a atender os diversos usos consuntivos. Além desta informação, há o interesse em prever-se o volume de água efetivamente consumido durante seu uso. Para esta finalidade, duas outras classes de vazões são consideradas, a vazão de retorno e a vazão de consumo. As vazões de retorno podem ser obtidas a partir da vazão de retirada multiplicando-se pelo coeficiente de retorno determinado para cada tipo de consumo. A vazão de consumo é calculada pela diferença entre a vazão de retirada e a vazão de retorno. Em média, os coeficientes de retorno usados no presente trabalho são aqueles adotados em ONS (2003): abastecimento urbano – 0,8; abastecimento rural – 0,5; abastecimento industrial – 0,8; irrigação – 0,2; criação de animais – 0,2.

- Os diversos usos consuntivos considerados para o cálculo das demandas foram:

- » Demanda urbana atendida;
- » Demanda urbana não atendida;
- » Demanda rural;
- » Criação animal;
- » Demanda industrial e
- » Demanda de irrigação.

- As demandas foram calculadas para cada município, utilizando-se a base municipal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), referente ao Censo Demográfico de 2000. Posteriormente, estas informações municipais foram agregadas nas diversas unidades de gerenciamento de recursos hídricos do país. A demanda urbana foi subdividida em duas categorias: demanda urbana atendida que corresponde à população urbana atendida por rede geral e a demanda urbana não atendida, correspondente ao restante da população urbana.

- Para o cálculo da demanda urbana atendida, foram utilizadas retiradas médias de água por habitante obtidas a partir da Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) (IBGE 2000) e do Censo Demográfico (IBGE 2000). Foram fixados limites mínimo e máximo de retiradas estabelecidos em função da população urbana, conforme mostrado na Tabela 2.1.

Faixa Populacional	Retiradas (L/habitante/dia)	
	Mínimo	Máximo
< 10.000	120	320
10.000 -100.000	150	340
100.000 – 500.000	180	360
> 500.000	200	380

Tabela 2.1 Retiradas médias por habitante e por faixa populacional.

- A demanda urbana não-atendida (população não abastecida por rede geral de água) foi calculada pela diferença entre a população urbana e a população atendida por rede geral multiplicada pelo per capita usado no cálculo da demanda rural.

- A demanda rural refere-se ao consumo de água das comunidades rurais não incluindo atendimento relativo à criação de animais e à irrigação, ambos calculados separadamente. A demanda rural variou de 70 a 120 L/hab/dia, de acordo com o estado.

- Na determinação da demanda animal foi utilizado o parâmetro BEDA (unidade de equivalente animal) que corresponde ao total da pecuária em bovino equivalente, adotando-se o consumo igual a 50 L/BEDA/dia. Foi adicionado a este valor o consumo correspondente à criação de aves, assumindo-se o coeficiente igual a 0,4 L/ave/dia.

- Para a demanda industrial procurou-se considerar as indústrias ou setores industriais que possuem sistemas próprios de abastecimento de água ou então sistemas de abastecimento diferenciados do restante da comunidade.

A demanda industrial é a mais difícil de ser obtida pela falta de informações adequadas que permitam relacionar parâmetros como tipologia da indústria, produção industrial e consumo de água para cada localidade. O problema é minimizado porque, em média, a demanda industrial não se constitui na parcela mais significativa do consumo de água no país, a qual corresponde a 18% da demanda total. A metodologia foi baseada no número de empregados na indústria de transformação (ANA 2003c). Estes valores, em L/empregado/dia, foram determinados em locais com informações sobre a demanda industrial e, posteriormente, extrapolados para as demais regiões. A faixa resultante variou de 800 a 7.250 L/empregado/dia definida em função do estado e da população urbana do município.

- O cálculo da demanda de irrigação baseou-se em parâmetros, tais como, área irrigada, precipitação e evapotranspiração potencial. Estes valores foram ajustados à estimativa de demandas de irrigação do ONS (2003). Maiores detalhes sobre a metodologia aplicada para estimativas de usos consuntivos poderão ser obtidos no projeto “Estimativa das vazões para atividades de uso consuntivo da água nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional – SIN. Relatório Final – Metodologia e Resultados Consolidados” do ONS (2003) e nas resoluções 209 a 216/2004 da ANA (e respectivas Notas Técnicas), que aprovam as estimativas de usos consuntivos nas bacias do rio São Francisco, do rio Iguaçu, do rio Paraná, do rio Tocantins, do rio Paranapanema, do rio Tietê, do rio Grande e do rio Paranaíba.

Disponibilidade de águas subterrâneas: A caracterização dos principais sistemas aquíferos do país foi baseada no seu potencial hídrico, em termos de reserva e produtividade, da sua extensão e importância no abastecimento regional. Considerando estes critérios, o estudo concentrou-se principalmente nos aquíferos porosos situados nas bacias sedimentares. A base cartográfica digital utilizada foi o mapa geológico do Brasil, na escala 1:2.500.000, produzido pela CPRM (2001).

As informações sobre produtividade dos aquíferos baseiam-se nos dados de poços do Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (Siagas) da CPRM.

Foi realizada uma estimativa das reservas exploráveis ou disponibilidades hídricas dos principais aquíferos do país. Para tal, foi inicialmente calculada a área de recarga dos aquíferos, baseada no mapa geológico da CPRM, e a precipitação média sobre estas áreas, utilizando o mapa de isoietas do Brasil, contendo as Normais 1961-1990.

As reservas hídricas dos aquíferos são divididas em reservas renováveis e permanentes. As reservas permanentes ou seculares são aquelas que se situam abaixo da variação anual do nível freático. As reservas reguladoras ou renováveis correspondem ao volume de água armazenada no aquífero acima do nível freático mínimo. Elas correspondem, de forma geral, ao escoamento de base dos rios, ou seja, à contribuição do aquífero para os rios ao longo de um ano hidrológico. O valor de escoamento básico de um rio pode ser considerado, portanto, como valor de recarga dos aquíferos.

De forma geral, considera-se que as reservas exploráveis de um aquífero são constituídas por uma parte das reservas reguladoras e uma pequena fração das reservas permanentes. A porcentagem a ser adotada das reservas reguladoras e permanentes para cálculo da reserva explorável dos aquíferos é ainda controversa, principalmente em face da dinâmica de fluxo e resposta de cada aquífero à exploração. Neste estudo, foi considerado que as reservas exploráveis corresponderiam a 20% das reservas reguladoras. Este pode ser considerado um valor conservador já que desconsidera o uso das reservas permanentes. Apesar disso, ele pode ser considerado satisfatório para uma estimativa regional de aquíferos e permite uma certa margem de confiança ao não considerar o uso das reservas permanentes, ou seja, ao não considerar a depleção do volume de água permanente do aquífero. Este valor também é considerado satisfatório sob o aspecto de manutenção da vazão dos rios, porque considera que apenas 20% do escoamento de base poderiam ser afetados pela captação de água subterrânea. As reservas exploráveis adotadas neste estudo representariam, portanto, 20% do escoamento de base dos rios.

O cálculo do escoamento básico foi realizado em hidrogramas selecionados de estações fluviométricas do Sistema de Informações Hidrológicas da ANA. Nos sistemas aquíferos sedimentares onde não foram encontradas estações fluviométricas elegíveis para os cálculos, a estimativa da relação escoamento básico/precipitação foi realizada a partir de valores de literatura ou valores calculados para sistemas aquíferos com características geológicas e geográficas similares (ANA, 2003).

Sabe-se que nas áreas de recarga dos aquíferos, uma parte da água que infiltra no solo, através de sistemas de fluxos locais a intermediários, participa do escoamento básico, enquanto que uma outra parte, que integra o sistema de fluxo intermediário a regional, vai para as porções mais profundas dos aquíferos ou para as

porções confinadas, a chamada recarga profunda. Na escala de trabalho adotada na presente avaliação, não foi possível identificar a parte de recarga profunda, embora estes valores sejam, em geral, baixos quando comparados ao valor do escoamento básico. Os dados de literatura mencionam a recarga profunda com valores entre 5 e 10% da recarga total (DAEE 1974).

Por fim, cabe destacar que as disponibilidades hídricas superficial e subterrânea, para fins de análise, não podem ser somadas para fornecer um valor de disponibilidade total. Na verdade, a disponibilidade hídrica superficial inclui, no seu valor, a disponibilidade subterrânea, já que esta representa uma parte do escoamento de base dos rios. A água subterrânea retirada em um determinado ponto implica em redução da contribuição do aquífero para o rio e, conseqüentemente, a diminuição da água disponível no rio.

A definição de sistemas aquíferos e aquíferos apresentada consiste em uma primeira aproximação sendo baseada principalmente em critérios geológicos. Isso se deve ao caráter preliminar do trabalho, à base restrita de poços tubulares utilizadas para cálculos de vazão, bem como de parâmetros relativos aos aquíferos, tais como propriedades hidrodinâmicas, geometria e, naturalmente, da escala de baixa resolução utilizada para a segregação dos aquíferos. Os valores de produtividade de poços, parâmetros hidrodinâmicos e de escoamento básico (recarga) apresentados devem ser interpretados de forma cuidadosa, considerando a escala de trabalho adotada no estudo e as limitações intrínsecas ao processo de atribuição de valores médios dos parâmetros avaliados para unidades aquíferas de extensão regional. Evidentemente, o percentual utilizado para estimar as reservas explotáveis em relação às reguladoras, constitui um valor inicial, que poderá ser maior ou menor, a depender do nível de conhecimento que se tem do sistema aquífero em questão, incluindo fatores ambientais e climáticos locais, entre outros. Não pode ser esquecido que a perenidade de cursos d'água, lagos e áreas alagadas é mantida em parte pela contribuição das reservas reguladoras, de forma que ao explotá-las na totalidade, poder-se-á estar comprometendo a existência daqueles corpos superficiais e ecossistemas associados. Naturalmente, há outros agravantes, a depender de condições locais, no caso de se exaurir completamente as reservas reguladoras e parte das permanentes, tais como intrusão de cunha salina, problemas geotécnicos, abatimento de terrenos em áreas cársticas, entre outros. Existem situações em que o volume e a intensidade da exploração podem contribuir para um aumento da recarga, renovação, entre outros benefícios. Todavia, só a partir de estudos hidrogeológicos detalhados é factível adotar um cenário de exploração mais intenso.

Disponibilidade de águas superficiais: este estudo considera a disponibilidade hídrica superficial na bacia como sendo a vazão regularizada pelo sistema de reservatórios a montante da seção de interesse, com 100% de garantia, somada à vazão incremental de estiagem (vazão com permanência de 95%, no trecho não

regularizado). Em rios onde não existe regularização, a disponibilidade hídrica foi considerada como igual à vazão de estiagem.

A vazão de estiagem (com permanência de 95%) foi calculada a partir das séries de vazões naturais (regiões Tocantins/Araguaia, São Francisco, Paraná) e das estações fluviométricas existentes (demais regiões).

As restrições impostas aos cursos d'água pelos seus diferentes usos como, por exemplo, o comprometimento da qualidade das águas, as vazões para diluição de efluentes, a operação de reservatórios e a manutenção de vazões mínimas para conservação de ecossistemas não foram consideradas neste estudo.

Evapotranspiração: a evapotranspiração real, em cada unidade hidrográfica do país, foi calculada através do balanço hídrico simplificado: $E_{Tr} = P$ (precipitação) – Q (escoamento superficial). Portanto, outras eventuais perdas, como a recarga de água subterrânea para fora da bacia e usos consuntivos, encontram-se incorporadas na estimativa da evapotranspiração real.

Precipitação média anual: determinada a partir do mapa de isoietas, elaborado para o país, através da interpolação por krigagem das Normais de Precipitação Total – Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Estas Normais correspondem a 204 estações pluviométricas operadas pelo INMET, abrangendo o período entre 1961 a 1990. Para estimativa da precipitação média anual nas regiões hidrográficas, sub-regiões, unidades hidrográficas de referência e sistemas aquíferos foi realizada a integração das isoietas na área de cada uma destas unidades.

Vazão natural e de estiagem: a vazão natural é aquela que seria originada na bacia hidrográfica se não houvesse qualquer interferência humana como usos consuntivos, derivações, regularizações, importações e exportações de água. Entretanto, esta condição não é observada na maior parte das bacias em decorrência das atividades antrópicas, que alteram as condições de uso e ocupação do solo e afetam diretamente as condições do escoamento superficial.

A **vazão natural média** não pode ser considerada como único parâmetro para representar a disponibilidade hídrica, uma vez que a descarga dos rios depende da sazonalidade e da variabilidade climática. Portanto, os períodos críticos em termos de disponibilidade hídrica devem ser avaliados, a fim de garantir uma margem de segurança às atividades de planejamento e gestão.

As **vazões de estiagem** podem ser analisadas através da frequência de ocorrência de vazões em uma seção do rio da bacia hidrográfica. Adotou-se a vazão com permanência de 95% - a vazão média diária que é excedida ou igualada em 95% do tempo – como sendo representativa da disponibilidade hídrica em condição de estiagem.

A determinação das vazões (média e de estiagem) nas regiões hidrográficas Tocantins/Araguaia, São Francisco e Paraná foi baseada nos resultados do projeto

“Revisão das séries de vazões naturais nas principais bacias do Sistema Interligado Nacional” (ONS 2003). O projeto citado calculou as vazões naturais entre os principais aproveitamentos hidrelétricos para o período compreendido entre os anos de 1931 e 2001.

Nas demais regiões, as vazões foram obtidas a partir dos registros das estações fluviométricas que são operadas pela ANA e que estão disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas (<http://hidroweb.ana.gov.br/hidroweb/>). Para cada unidade hidrográfica de referência foi selecionada a estação fluviométrica mais próxima à foz, com a série hidrológica mais extensa (preferencialmente superior a 15 anos de dados) e foram calculados os seguintes indicadores:

- » Vazão média de longo período Q_m (m^3/s): definida pela média aritmética das vazões diárias de todo o período da série disponível.
- » Vazão com permanência de 95% Q_{95} (m^3/s): vazão que é igualada ou excedida em 95% do tempo (obtida com base na série disponível de vazões diárias).

Ainda foram determinadas as seguintes relações para cada estação fluviométrica: $q_m = \frac{Q}{A}$ (vazão específica média, em $L/s.km^2$)

$$r_{95} = \frac{Q_{95}}{Q_m}$$

Onde: A é a área de drenagem da estação. Para cálculo da vazão média (Q_m) e da vazão de estiagem (Q_{95}) de cada unidade hidrográfica utilizou-se das seguintes expressões:

$Q_m = A_s \cdot q_m$ e $Q_{95} = Q_{95} \cdot r_{95}$, onde A_s é a área da unidade hidrográfica de referência. Em situações nas quais não se dispunha de dados, foram adotados valores de vazões específicas de bacias contíguas com características físicas e hidrológicas similares. Apesar das limitações do método e dos dados disponíveis, observou-se a coerência global das estimativas obtidas.

Vazão regularizada: os reservatórios são capazes de armazenar água nos períodos úmidos e liberar parte do volume armazenado nos períodos de estiagem, tornando disponível uma maior quantidade de água quando esta seria naturalmente menor. A vazão regularizada é a quantidade de água que pode ser fornecida por um reservatório com uma determinada segurança, considerado o período de dados da série histórica de vazões afluentes. Do ponto de vista teórico, a maior vazão que pode ser regularizada é a vazão natural média. Entretanto, a vazão regularizada também é função das condições de operação dos reservatórios, que depende diretamente dos seus usos múltiplos, que pode incluir a geração de energia, abastecimento humano, irrigação e o amortecimento de cheias, entre outros.

O balanço hídrico dos principais reservatórios em operação no país e integrantes do Sistema Interligado Nacional (SIN) foi realizado com a finalidade de estimar a vazão regularizada. Esta vazão foi calculada através da utilização de um modelo para alocação de água em sistemas complexos de recursos hídricos (AcquaNet), desenvolvido pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões do Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Considerou-se que a variação de armazenamento nos reservatórios é igual à soma das vazões naturais afluentes, menos a soma das vazões defluentes e da evaporação, durante o período disponível de dados. A simulação foi realizada a partir dos dados de vazões naturais, evaporações líquidas (diferença entre a evaporação real do reservatório e a evapotranspiração real no local antes da sua implantação) e curvas cota-área-volume para o período de 1931 a 2001. Em cada reservatório, foi determinada a vazão regularizada com a garantia de 100% de fornecimento de água, considerando a operação simultânea dos reservatórios. Adicionalmente, baseadas em informações existentes em Planos Diretores, foram compiladas as vazões regularizadas pelos principais açudes do Nordeste.

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Uma bacia hidrográfica tem como resposta à precipitação que ocorre sobre a mesma, a vazão no tempo, que representa a integração dos efeitos da precipitação, tipo e uso do solo, geologia e morfologia da bacia. A disponibilidade hídrica é entendida como a parcela da vazão que pode ser utilizada pela sociedade para o seu desenvolvimento, sem comprometer o meio ambiente aquático. De outro lado, a vazão resultante no rio após o uso da água é denominada aqui de vazão remanescente (“instream flow”, segundo a literatura inglesa, Kramer, 1998). Esta vazão tem a finalidade de manter a integridade do sistema fluvial conservando o meio ambiente aquático. O gerenciamento de recursos hídricos procura distribuir a água para sustentar e fomentar o desenvolvimento econômico e social, conservando o meio ambiente (CRUZ & TUCCI, 2008)².

2 CRUZ, J., C. & TUCCI, C., E., M. **Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência**. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 13 n.1 Jan/Mar 2008, 111-124. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/15/d10e0ca961a111adf95ca28c21078539_a24fb6762c28e81794b336c73d4e5121.pdf

Ressalta-se o objetivo nº I do Art. 2º da Política Nacional de Recursos Hídricos: “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” e também que “Para instruir um processo de outorga, o mesmo deve estar vinculado a estudos referentes ao “balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais” (Art. 7º... III da Lei Federal 9433/97 - BRASIL, 1997³).”

Dado o contexto, o presente estudo tem como principal objetivo apresentar uma avaliação do cálculo da disponibilidade hídrica na BHRJ com discussão de alternativas e recomendações ao poder público.

Especificamente, os objetivos são:

- » Revisão da literatura sobre o cálculo de Disponibilidade Hídrica (DH) no Brasil e no estado de Mato Grosso, com o objetivo de avaliar se os métodos utilizados são verificáveis, aceitos, se apresentam lacunas, limitações e/ou potencialidades.
- » Investigar a metodologia usada pelo órgão responsável;
- » Verificar a disponibilidade de dados oficiais sobre a implementação de metodologias que visem garantir que as quantidades outorgadas não ultrapassem a capacidade de suporte e resiliência dos mananciais da bacia.

2. METODOLOGIA GERAL

A metodologia adotada para atender aos objetivos do presente estudo foi dividida em dois eixos principais, a saber: pesquisas documentais/bibliográficas e levantamento de dados e entrevista semiestruturada.

3 BRASIL (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em : https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%209.433%2C%20DE%208%20DE%20JANEIRO%20DE%201997.&text=Institui%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional%20de,Federal%2C%20e%20altera%20o%20art.

2.1 PESQUISAS DOCUMENTAIS/BIBLIOGRÁFICAS E LEVANTAMENTO DE DADOS

Foram realizadas pesquisas documentais/bibliográficas junto às principais plataformas de acesso ao usuário/cidadão/pesquisador da SEMA para acessar documentos que pudessem fornecer quaisquer informações sobre as metodologias de coleta de dados de vazão no estado de Mato Grosso, pesquisas em artigos científicos, trabalhos acadêmicos e periódicos reconhecidos a fim de buscar melhor entendimento sobre o tema, e levantamento de dados públicos sobre água, por meio das principais plataformas fornecedoras, como já mencionado nos capítulos anteriores.

2.2 ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

No dia 31 de outubro de 2022, às 14 horas, o superintendente de Recursos Hídricos da SEMA-MT, Luiz Henrique Noquelli, nos concedeu uma entrevista, na qual foi possível sanar algumas dúvidas que tínhamos até o momento. Devido à complexidade dos questionamentos realizados, o servidor sugeriu que as perguntas fossem também enviadas por e-mail⁴ para que os setores da superintendência fossem consultados e assim tivéssemos respostas mais completas. Houve concordância imediata e nessa mesma data o e-mail foi enviado.

No dia 23 de novembro de 2022 às 09h49, via WhatsApp, o servidor enviou mais detalhes sobre as perguntas do questionário e informou que encaminhou o e-mail para o setor de Recursos Hídricos da SEMA para que pudesse ser complementado por outros servidores da secretaria.

No dia 24 de novembro de 2022 o servidor nos encaminhou mais algumas informações por e-mail, com o detalhamento da servidora Giselle Abadia Campos Pereira de Almeida, que respondeu algumas questões e apontou o servidor mais indicado para responder a outros questionamentos.

⁴ Endereço de e-mail institucional: <luiznoquelli@sema.mt.gov.br>

3. RESULTADOS

Foram apresentadas considerações sobre o cálculo de Disponibilidade Hídrica (DH) usualmente utilizados no Brasil e no estado de Mato Grosso, e avaliado se os métodos utilizados são verificáveis, aceitos, se apresentam lacunas, limitações e/ou potencialidades. Verificamos a disponibilidade de dados oficiais, sobre a implementação de metodologias que visem garantir que as quantidades outorgadas não ultrapassem a capacidade de suporte e resiliência dos mananciais da bacia.

3.1. CÁLCULO DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA (DH) NO BRASIL E NO ESTADO DE MATO GROSSO

De acordo com a ANA (2021)⁵, a disponibilidade hídrica superficial é uma vazão mínima de referência para fins de gestão e representa a oferta de água a ser considerada no balanço hídrico. Esse balanço hídrico, por sua vez, consiste exclusivamente na relação entre a oferta de água superficial e a demanda por essa água em diversas atividades humanas, sendo o principal dispositivo de orientação das atividades de gestão dos recursos hídricos.

Entre outras atribuições conferidas à ANA em sua Lei de criação (9.984/2000)⁶, ela é a agência responsável por gerenciar os mananciais de domínio da União (rios e lagos que fazem divisa entre estados e outros países e as águas armazenadas em reservatórios e açudes construídos ou administrados pelo poder Federal). Nesse sentido, a respeito da disponibilidade hídrica nesses mananciais, foram encontradas publicações sobre o estudo da Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil (ANA, 2005)⁷ e a atualização da base de DH superficial a ser utilizada como referência pela ANA (2021)⁵. Disponibilidade Hídrica Superficial

5 Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). **Disponibilidade Hídrica Superficial (BHO 2017 5K)**. Data: (Publicação) 2021-01-27T00:00:00. Edição: Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Modo de apresentação: Mapa digital. Finalidade: Disponibilizar informações geoespaciais sobre o panorama dos recursos hídricos no Brasil. Status: Contínuo. Disponível em <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8>

6 http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9984.htm#:~:text=3o%20Fica%20criada%20a,Sistema%20Nacional%20de%20Gerenciamento%20de

7 Agência Nacional de Águas (ANA). **Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil**. Brasília – DF. Maio – 2005. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em http://www.leb.esalq.usp.br/leb/disciplinas/Fernando/leb1440/Aula%208/ANA_Caderno%20de%20Recursos%20Hidricos%20-%20Disponibilidade%20e%20Demanda.pdf

(BHO 2017 5K), em que além de outros documentos apresenta a Nota Técnica N° 75/2020/SPR de 28 de outubro de 2020⁸.

No âmbito nacional esse primeiro estudo da ANA (2005) apresenta a metodologia utilizada para calcular a disponibilidade, a demanda de recursos hídricos e o balanço entre as duas nas doze regiões hidrográficas brasileiras e nos principais cursos d'água, com o objetivo de fornecer subsídios e recomendações para ações dos órgãos gestores.

O segundo estudo mostra a atualização mais recente da ANA (2021) onde a agência apresenta uma série de recursos on-line:

- » Base de dados da disponibilidade hídrica superficial (para baixar e abrir em softwares de geotecnologia)⁹
- » Geoportal com Mapa Interativo¹⁰ (SNIRH) (Disponibilidade Hídrica e domialidade) (Figura 1);
- » Nota Técnica que apresenta a atualização da base de disponibilidade hídrica superficial a ser utilizada como referência pela ANA¹¹;
- » Dicionário de dados (descrição dos campos da tabela de atributos)¹².

Além disso, o estudo apresenta as seguintes colocações:

Em regra, a vazão mínima de referência adotada pela ANA está relacionada a uma garantia de 95%. Assim, em trechos de rio ela corresponde à vazão média diária com 95% de permanência, podendo ser a Q_{95} anual (quando estimada a partir de todo histórico de vazões) ou a Q_{95} mensal (quando estimada considerando a série de vazões de cada mês do ano) quando aplicável e disponível. Já nos reservatórios de regularização, a referência é o potencial de regularização com 95% de garantia, havendo exceção para os reservatórios ligados ao setor elétrico, onde essa capacidade de regularização não é considerada.

As informações apresentadas nos relatórios de conjuntura objetivam mostrar um panorama geral da situação e da gestão dos recursos hí-

8 https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75_2020.pdf

9 Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/DispH_5kv27nov20_Snirh_shp.zip

10 ANA. **Disponibilidade Hídrica e domialidade (Servidor de mapas)**. 2021. Disponível em <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=3a78c627739e448f8ea7e3e6aa9b7a1b>

11 https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/NT75_2020.pdf

12 <https://metadados.snirh.gov.br/files/7ac42372-3605-44a4-bae4-4dee7af1a2f8/DicionarioDispSnirh.xlsx>

dricos no Brasil. O arquivo vetorial espacial (shapefile) do indicador de disponibilidade hídrica superficial, disponibilizado para download no portal de metadados, foi elaborado a partir da BHO 2017 5k Multiescalas, portanto, é aplicável a estudos em escala nacional, não sendo recomendável para aplicação em escala local (ex. município e bacias de pequena área de drenagem) (ANA 2021).

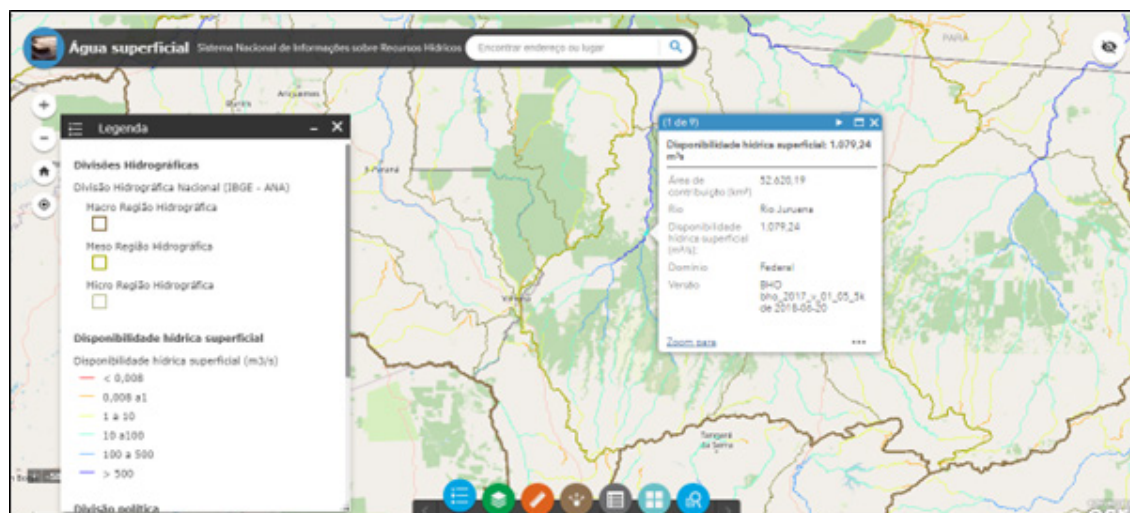


Figura 1. Disponibilidade hídrica e dominialidade.

A ANA apresenta atualizações da disponibilidade hídrica periódicas e transparentes em adequação com a sua dominialidade. No entanto, não apresenta detalhamento espacial, para adequação à dominialidade dos estados.

Entre as potencialidades na gestão de recursos hídricos no âmbito nacional, pode-se destacar a transparência, como é possível conferir no formato em que a ANA disponibiliza os dados e informações sobre a gestão, por meio do servidor de mapas, dados em shapefile e notas técnicas detalhando cada uma das atualizações realizadas. Recomenda-se que esse exemplo deva ser seguido pelos estados, claro que levando em consideração escala de maior detalhe para atender a suas dominialidades.

A principal fragilidade na esfera federal está na escassez de dados observados em algumas regiões do país (problema relatado no capítulo I). Esse fato pode comprometer a qualidade das estimativas e resultar em erros em processos de tomada de decisão, que podem desencadear em impactos ambientais. Nesse sentido, a recomendação da ampliação da rede de monitoramento de vazão em pequenas bacias favorece também a gestão nacional dos recursos hídricos.

A dominialidade de outorgas emitidas pelos estados são as de águas subterrâneas, rios, lagos, reservatórios e açudes que tenham sua nascente e sua foz dentro do território de cada estado.

Na esfera estadual, a metodologia utilizada pela SEMA-MT envolve o Estudo de Regionalização Hidrológica de Mato Grosso apresentado capítulo I (Anexo II_A e Anexo II_B) (SEMA CEMA, 2007) e a utilização de modelo chuva-vazão para bacias pequenas. No próximo subitem serão exibidos maiores detalhes sobre essa metodologia utilizada pelo órgão responsável por gerenciar a água em Mato Grosso e na BHRJ.

3.2 INVESTIGAÇÃO DA METODOLOGIA USADA PELO ÓRGÃO RESPONSÁVEL

A SEMA-MT, por meio do portal fale cidadão¹³, nos forneceu a seguinte explicação sobre a disponibilidade hídrica.

“O cálculo da disponibilidade hídrica é feito considerando como base de dados hidrológicos o Estudo de Regionalização Hidrológica de Mato Grosso. Em bacias pequenas, pode também, a critério técnico, ser aplicada a modelagem chuva-vazão, conforme IN nº 01 de 08/04/2009¹⁴.

Juntamente com a regionalização hidrológica, foram obtidas microbacias incrementais a partir da base hidrográfica com escala 1:250.000, que são as unidades territoriais para as quais o estudo de regionalização atribui a vazão de referência.

Sobre as premissas do dado hidrológico e das microbacias foi construído um sistema de tomada de decisão para a outorga onde são aplicados os critérios estabelecidos na legislação para a análise e emissão das outorgas.

- A vazão de referência é a vazão com noventa e cinco por cento de probabilidade de ocorrência (Q_{95}).

- A vazão máxima outorgável para usos consuntivos é 70% da Q_{95} .

- Os cadastros de captação insignificante também entram no balanço hídrico.

- O comprometimento das vazões de diluição pode ser correspondente à Q_{95} , sendo que os primeiros 30% são atribuídos à parte que fica no corpo hídrico e acima desse valor, o comprometimento passa a ser corrente com os usos consuntivos. Assim, outorgas para usos consuntivos, cadastros insignificantes e o comprometimento com as vazões de diluição acima de 30% não podem exceder 70% da vazão de referência na microbacia incremental.

13 Disponível em: <https://ouvidoria.controladoria.mt.gov.br/falecidadao/servlet/autenticadadaoportala>

14 Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Instruo%20Normativa%20n01-2009.pdf>

Ainda é considerado o limite máximo individual que é 20% da Q_{95} . Portanto, um mesmo usuário, em uma mesma microbacia não pode exceder o limite máximo individual, salvo situações previstas na legislação.

O sistema de tomada de decisão de outorga funciona como um “banco” de águas onde é debitado e creditado disponibilidade hídrica conforme são emitidas ou canceladas as outorgas.

É importante ressaltar que o sistema leva em conta ainda o impacto de determinada captação nas microbacias incrementais de jusante, ou seja, há situações em que se faz necessário “reservar” (indisponibilizar) a água de uma microbacia para atendimento de outorgas concedidas em microbacias de jusante.

Toda a legislação está disponível no site da SEMA: <http://www.sema.mt.gov.br/site/index.php/outorga/category/433-atos-normativos>.

- Lei 6.945/1997 alterada pela Lei 11.088/2020¹⁵;
- Decreto 336/2007¹⁶;
- Resolução CEHIDRO nº 27/2007 alterada pela Resolução CEHIDRO nº 119/2019¹⁷;
- Resolução CEHIDRO nº 29/2009¹⁸
- Resolução CEHIDRO nº 42/2011¹⁹
- IN nº 09/2021²⁰;
- IN nº 01/2009²¹;

15 <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Decreto%20n%20784%20de%2018%20de%20janeiro%20de%202021.pdf>

16 <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Decreto%20n%20336%20de%2006%20de%20Junho%20de%202007.pdf>

17 <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Resoluo%20n%20119%20de%2007%20novembro%20de%202019.pdf>

18 RESOLUÇÃO Nº 39, DE 11 DE NOVEMBRO DE 2010. Altera a Resolução nº 29 de 24 de Setembro de 2009 que estabelece critérios técnicos referentes à outorga para diluição de efluentes em corpos de hídricos superficiais de domínio do Estado de Mato Grosso. <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Resoluo%20n%2039%20de%2011%20de%20novembro%20de%202010.pdf>

19 <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Resoluo%20n%2042%20de%2011%20de%20outubro%20de%202011.pdf>

20 <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Instruo%20Normativa%20n%2009%20DE%2014%20de%20dezembro%20de%202021.pdf>

21 <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Instruo%20Normativa%20n01-2009.pdf>

Como explicado no capítulo I, o estudo de regionalização que é a base para o cálculo da disponibilidade hídrica de Mato Grosso SEMA/CEMA, (2007) possui potencialidades e limitações.

Entre as potencialidades verificou-se que a metodologia está em consonância com a utilizada pela ANA, pois a seleção da Q_{95} em Mato Grosso é considerada conservacionista.

Entre as limitações verificou-se a escassez de dados de vazão medidos sistematicamente, o que fragiliza os processos de tomada de decisão baseados na regionalização e os baseados em modelos chuva-vazão, descritos em maiores detalhes no próximo subitem.

Wolff et al. (2014)²² explicam que:

Dentre as metodologias mais utilizadas para regionalizar vazões podem-se citar duas: (i) metodologias que tem como princípio básico a utilização de equações de regressão aplicadas a regiões hidrologicamente homogêneas, (NERC, 1975; ELETROBRÁS, 1985; Euclides et al. 2001; Tucci, 2002, Li et al. 2010; Costa et al. 2012); (ii), metodologias que utilizam técnicas de interpolação e extrapolação automáticas em ambiente de sistemas de informações geográficas, (CHAVES et al. 2002).

E que:

Desde 1980, o Departamento de Águas e Energia Elétrica do Estado de São Paulo (DAEE) vem utilizando uma metodologia para estimar a disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas do Estado, que não possuem dados hidrológicos observados. Essa metodologia, proposta por Liazi et al. (1988), foi formulada em uma época em que não havia a capacidade computacional, tecnologias e metodologias, principalmente as fundamentadas nas técnicas de geoprocessamento, que atualmente se dispõe, apresentando algumas limitações, como coeficientes generalizados para extensas áreas e uso de dados da década de 40 a 80, que não expressam a variabilidade hidrológica diante das mudanças climáticas atuais.

Em consonância com as informações apresentadas nos estudos referentes aos capítulos I e II, Hartwig (2012)²³ explica que os processos hidrológicos são aleatórios. Isso significa que suas ocorrências não podem ser conhecidas. Por exemplo: não é possível saber qual a evolução dos valores de temperatura, vento, insolação,

22 WOLFF, W.; DUARTE, S.; MINGOTI, R. Nova metodologia de regionalização de vazões, estudo de caso para o Estado de São Paulo. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 19, p. 21-33, 2014. Disponível em <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n4.p21-33>

23 HARTWIG, Marcelo Peske. **Apostila de Hidrologia**. 2012: Universidade Aberta do Brasil. Instituto Federal Sul-rio-grandense. Disponível em http://tics.ifsul.edu.br/matriz/conteudo/disciplinas/_pdf/hidr.pdf

precipitação, evaporação, vazão em determinada seção fluvial, ao longo do tempo ou do espaço.

Os fenômenos hidrológicos naturais não podem ser reduzidos, pelo menos na escala em que ocorrem. No tratamento desses fenômenos, a estatística precedeu à teoria das probabilidades, ou seja, os dados observados de um dado processo hidrológico foram reunidos formando uma amostra. Esta amostra é submetida à análise estatística visando à definição de probabilidade de certos eventos. No campo da teoria das probabilidades foram desenvolvidos modelos teóricos de probabilidade para processos hipotéticos que tivessem determinadas características.

No caso de processos hidrológicos, não é possível deduzir um modelo teórico a priori e também não é possível criar uma amostra a partir de experimentos controlados. O analista deve contar com amostras observadas historicamente. Existindo pouca informação, poderá ser possível recorrer-se ao preenchimento de falhas a partir de análise de regressão.

Um tipo de manipulação bastante utilizado é a curva de permanência. Ela apresenta a frequência com que ocorrem valores iguais ou superiores aos valores de uma série temporal. A curva de permanência avalia o potencial de abastecimento de uma seção fluvial, por exemplo, quando se deseja ter a garantia de que poderá contar com vazões iguais ou maiores do que a demanda que se deseja suprir. Por exemplo, seja uma demanda de 95% uma garantia julgada adequada, significa que a seção fluvial permanece com vazões acima dele em 95% do tempo.

Para o traçado da curva de permanência aplica-se o seguinte procedimento:

- a) Ordenar a variável temporal em ordem decrescente, atribuindo ordem 1 ao maior valor e ordem n ao menor, em uma amostra de tamanho n.
- b) Computar a frequência com que cada valor ordenado é excedido ou igualado (permanência), como $100 \times (m/n)$, sendo m sua ordem e n o tamanho da amostra.
- c) Graficar a série ordenada em papel decimal com a escala de permanência representado no eixo horizontal.

A utilização da curva de permanência para a avaliação da disponibilidade hídrica dependerá do período disponível de dados. Se existirem 10 anos ou 50 anos os resultados poderão ser diferentes. O período de dados utilizados para a análise poderá ser igual à vida útil do projeto, geralmente na ordem de 30 a 50 anos (HARTWIG, 2012).

Nesse sentido, Carvalho Junior (2019)²⁴ relata que, Tucci (2009), Silveira (1997) e Paiva et al (2016) já analisavam que três alternativas científicas estão frequentemente disponíveis para estimativa do comportamento hidrológico em uma bacia carente de dados fluviométricos:

- i) regionalização hidrológica, que se vale de informações fluviométricas e climatológicas de postos com dados e informações fisiográficas de bacias da região.
- ii) simulação chuva-vazão que se utiliza de dados climatológicos para transferir parâmetros de modelos chuva-vazão ajustados em bacias próximas e,
- iii) medidas isoladas de vazão de estiagem no local de interesse e uso de metodologias específicas que as aproveitem (CARVALHO JUNIOR, 2019).

Nesse sentido, Collischonn (2020)²⁵ explica de forma didática conceitos e metodologias sobre estimativas de vazões de referência em locais sem monitoramento a partir de análises regionais simples, como vazão específica e curvas de regressão relacionando a vazão com a área de drenagem.

Tanto a ANA quanto a SEMA-MT utiliza a vazão com permanência de 95% Q_{95} (m^3/s): vazão que é igualada ou excedida em 95% do tempo (obtida com base na série disponível de vazões diárias).

Todos os métodos de regionalização de vazões pesquisados, possuem um fato em comum, precisam da verdade de campo, ou seja, dados de vazão medidos sistematicamente em estações fluviométricas, seja para extrapolar essas medições em função das características fisiográficas das bacias, para calibrar e validar resultados obtidos por modelos ou no futuro dados de sensoriamento remoto.

Logo, conclui-se sobre isso que, independentemente do método estatístico escolhido - para estimar a vazão - a única forma de atestar a qualidade dos cálculos de disponibilidade hídrica é por meio da confiabilidade nos dados, que por vez são extraídos de uma malha mais densa ou mais escassa de equipamentos implantados.

24 CARVALHO JUNIOR, W. C. **Estimativa de Vazões de Alta Permanência Em Bacias com Poucas Informações Hidrológicas: Estudo de Caso da Bacia do Rio Coxipó/MT**. Mestrado profissional em rede nacional em gestão e regulação de recursos hídricos. Porto Alegre-RS: 2019. Disponível em <http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001096413&loc=2019&l=88ff2e1817d1c039>

25 Considerações sobre estimativa de vazão em locais sem dados. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=2pzeJbb_zw

3.3 VERIFICAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE DADOS OFICIAIS, SOBRE A IMPLEMENTAÇÃO DE METODOLOGIAS QUE VISEM GARANTIR QUE AS QUANTIDADES OUTORGADAS NÃO ULTRAPASSEM A CAPACIDADE DE SUPORTE E RESILIÊNCIA DOS MANANCIAIS DA BACIA

Na entrevista semiestruturada que a Superintendência de Recursos Hídricos da SEMA - MT nos concedeu, por meio do superintendente de Recursos Hídricos, Luiz Henrique Noquelli, e da servidora Giselle Abadia Campos Pereira de Almeida, foram apresentados os seguintes resultados:

1- Qual a metodologia usada pela SEMA para estimar a disponibilidade hídrica em mananciais superficiais?

Resposta do Noquelli: “Foi desenvolvido em 2007, um estudo de regionalização de vazão para o Estado de Mato Grosso. Este estudo foi incorporado a um sistema de tomada de decisão. Então na época o Sistema SIMLAM Hídrico, nos permitia saber a disponibilidade hídrica em função da solicitação das outorgas.”

Ele também nos confirmou que esses documentos são referentes aos Anexo II_A e Anexo II_B apresentados no capítulo I desta investigação, onde está descrita a metodologia utilizada pela SEMA para a regionalização de vazões.

Resposta da Giselle: “Estudo de Regionalização Hidrológica do Estado de Mato Grosso realizado em 2007 (disponível em nosso site). Eventualmente, para pequenas bacias hidrográficas é utilizada a modelagem chuva-vazão, de acordo com a IN nº 01/200926.”

Quando perguntado sobre qual modelo chuva-vazão a SEMA utiliza para essa estimativa, o servidor averiguou com a equipe maiores detalhes, e obtivemos a seguinte resposta:

“O sistema utilizado é o SISPB, que é uma ferramenta em linguagem MATLAB®, desenvolvida por especialistas em Recursos Hídricos da ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. Para aplicação deste modelo é necessário realizar três medições de vazões no corpo hídrico no período de estiagem (julho, agosto e setembro) para calibração do modelo.

26 Disponível em: <http://www.sema.mt.gov.br/site/phocadownload/ANormativos/Instruo%20Normativa%20n01-2009.pdf>

Os dados de precipitação diária são obtidos através de série histórica de estação meteorológica disponível no site: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. O sistema busca dados da evapotranspiração real média na bacia através de dados do FAOCLIM. Então se procede a calibração do modelo chuva-vazão de forma iterativa, variando dois parâmetros: Coeficiente de infiltração (Cinf) e o Coeficiente de recessão (Kb).”

2- Qual a metodologia usada pela SEMA para prever a demanda hídrica (usos futuros) em mananciais superficiais?

Resposta do Noquelli: “A SEMA ainda não prevê os usos futuros, “quem chega antes bebe água limpa”, mas em casos extremos a outorga pode ser revista. Não temos um estudo de demanda hídrica. Trabalhamos sob demanda. As solicitações entram no órgão ambiental e analisamos se tem a disponibilidade, se sim a outorga é emitida. Se não houver disponibilidade a outorga não é emitida.”

Resposta da Giselle: “As outorgas consuntivas são concedidas considerando os critérios técnicos estabelecidos na legislação: Lei 9.645/1997 alterada pela Lei 11.088/2020, Decreto 336/2007, Resolução CEHIDRO nº 27/2007 alterada pela Resolução CEHIDRO nº 119/2019, Resolução CEHIDRO nº 42/2011, Resolução CEHIDRO nº 29/2009, IN nº 09/2021 e IN nº 10/2021.

A Vazão de referência é a vazão de permanência em 95% do tempo (Q_{95}).

A vazão máxima outorgável para usos consuntivos é de até 70% da Q_{95} .

O limite máximo individual é de 20% da Q_{95} .

Captações que são consideradas insignificantes:

- para cursos d'água com Q_{95} até 300 l/s – 1,5 l/s;
- para cursos d'água com Q_{95} maior que 300 l/s – 2,5 l/s.

Os processos são analisados por ordem de protocolo, respeitando a ordem de requerimento de regularização do uso da água na bacia.

Ao ser atingido o comprometimento máximo total na bacia não são emitidas novas outorgas, apenas renovação, transferência ou alteração daquelas existentes, e para as alterações somente aquelas que não impliquem em aumento da vazão, ou em situações específicas, de volume captado também. O balanço hídrico é feito pelo SIGA Hídrico (nova ferramenta de tomada de decisão da outorga), implementado em dezembro de 2021 em substituição ao SIMLAM Hídrico (ferramenta de tomada de decisão da outorga desde sua implementação em 2007).”

3- Qual o passo a passo para outorgar água superficial?

Resposta do Noquelli: “O passo a passo da outorga está disponibilizado no site da SEMA.

<http://sema.mt.gov.br/>

<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/outorga>

Neste link você consulta a disponibilidade hídrica:

DISPONIBILIDADE HÍDRICA: <http://monitoramento.sema.mt.gov.br/simlam/>

Esse endereço é para acessar os termos de referências necessários, onde também estão disponíveis os formulários obrigatórios.

<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/2013-10-27-00-11-6>

<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/2013-10-27-00-11-6/category/248-recursos-h%C3%ADricos>”

Resposta da Giselle: “1) verificar se os documentos apensados estão em acordo com os Termos de Referência (disponíveis em nosso site);

2) verificar se a demanda do uso da água pelo interessado está em acordo com a captação requerida (análise do uso racional);

3) verificar no SIGA Hídrico se a vazão requerida está disponível na bacia e se a captação proposta não excede o limite máximo individual;

4) caso o requerimento tenha condições de ser concedido é feito a reserva hídrica no SIGA Hídrico e essa outorga será considerada em análise de requerimentos futuros na bacia.”

4- Existe a disponibilidade de dados oficiais, sobre a implementação de metodologias que visem garantir que as quantidades outorgadas não ultrapassem a capacidade de suporte e resiliência dos mananciais da bacia hidrográfica?

Resposta do Noquelli: “Em nosso arcabouço legal é definido o valor máximo a ser outorgado, levando em consideração o suporte do manancial para atender as questões ambientais.

<http://sema.mt.gov.br/site/>

<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/outorga>

<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/outorga/category/433-atos-normativos>”

Resposta da Giselle: “É utilizado pela SEMA um sistema de suporte a tomada de decisão para as outorgas superficiais, que é o SIGA Hídrico. O sistema funciona como um “banco” de água. A unidade territorial é a microbacia incremental traçada utilizando base hidrográfica 1:250.000 e SRTM. A disponibilidade hídrica é dada pelo estudo de regionalização hidrológica citado acima. As demandas regularizadas são registradas no SIGA Hídrico e o sistema retorna na tela análise o comprometimento individual da captação (para avaliação quanto ao limite máximo individual estabelecido na legislação) e o comprometimento total, inclusive para jusante, apontando quando haverá impedimento em alguma outorga ou limite máximo outorgável em microbacias incrementais localizadas a jusante.

Atualmente, as outorgas emitidas podem ser visualizadas no SIMGEO (atual Geoportal) (<https://geoportal.sema.mt.gov.br/#/> - figura 1 (R)).

É possível qualquer pessoa com cadastro no SIGA Hídrico, fazer a “Consulta de Disponibilidade Hídrica” e verificar qual a vazão ainda disponível a partir das coordenadas geográficas (figura 2 (R)). A legenda para as colunas da figura 2 (R) estão na figura 3 (R).

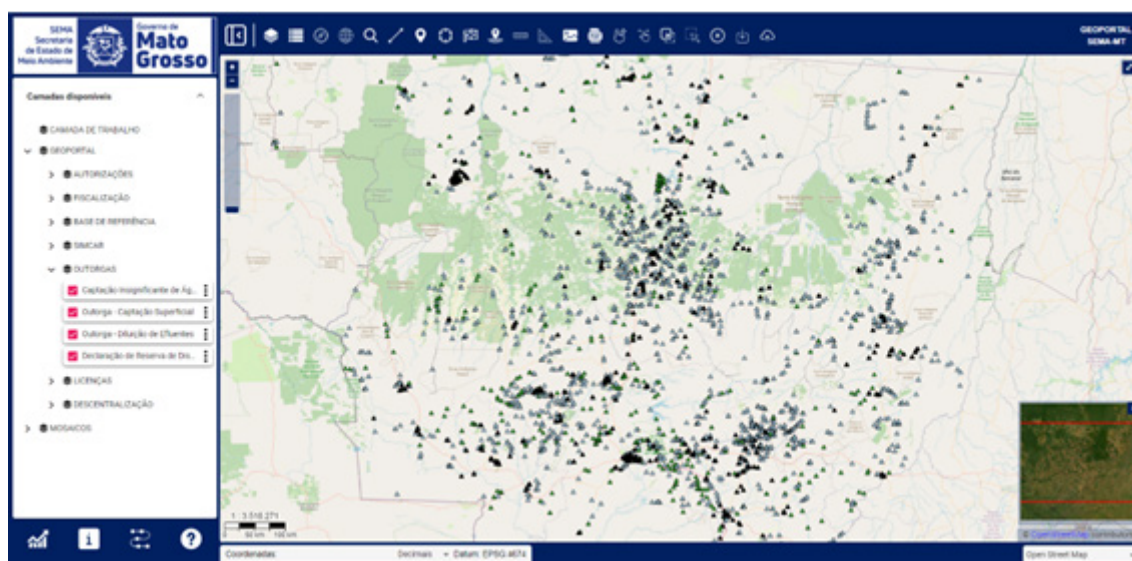


Figura 1_R – Tela do Geoportal mostrando as outorgas consuntivas e Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH).

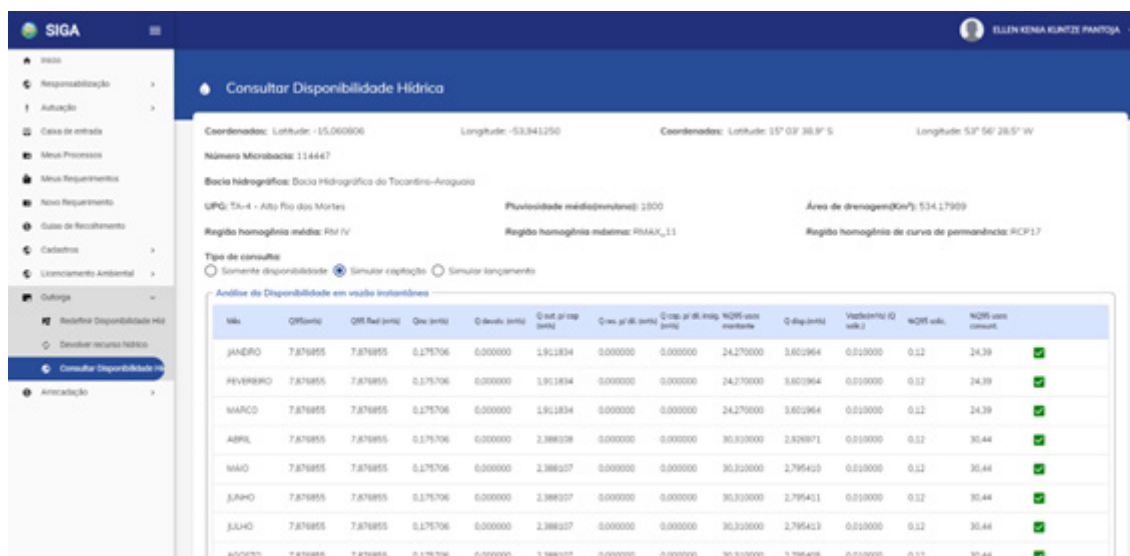


Figura 2_R – Tela “Consulta Disponibilidade Hídrica” no SIGA Hídrico.

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE - SEMA/MT

Consultado em: 23/11/2022 às 12:18

LEGENDA DAS COLUNAS	
Mês	É o mês no qual foi solicitado captação.
Q95 (m³/s)	Q95 é a vazão garantida em 95% do tempo, calculada com os dados do estudo de regionalização hidrológica de MT.
Qinc (m³/s)	Qinc é a vazão incremental, ou seja, a capacidade hídrica gerada pela bacia incremental onde se inseriu o ponto de reserva hídrica Qinc = Q95 do ponto - soma das Q95 a montante com ligação direta. O seu valor só será influenciado pelas outorgas concedidas na própria bacia incremental.
Q95 red. (m³/s)	Q95 redefinida é a vazão garantida em 95% do tempo, informada manualmente.
Q devolv. (m³/s)	Vazão devolvida é a soma das vazões do efluente lançadas pelas outorgas de diluição concedidas a montante da bacia incremental.
Q out. p/ cap (m³/s)	Vazão outorgada para captação é a soma das vazões já outorgadas para captação na bacia incremental e a montante dela.
Q res. p/ dil. (m³/s)	Vazão reservada para diluição é o valor total de água comprometido para diluir os lançamentos de efluentes na bacia incremental. Esse valor é calculado automaticamente com base na classificação do rio, concentração natural e concentração limite atuais no local.
Q cap. dil. insig. (m³/s)	Vazão de captação/diluição insignificante é a soma das vazões cadastradas para captação/diluição insignificante de água na bacia incremental e a montante dela.
% Q95 usos montante	Percentual da Q95 da bacia incremental comprometida pelas vazões outorgadas a montante (captação, insignificante e diluição).
Q disp. (m³/s)	Vazão disponível é a vazão outorgável (70% da Q95) somada as vazões devolvidas e subtraída das vazões outorgadas a montante (captação, diluição e insignificante), levando em consideração a reserva para geração de energia hidrelétrica, bem como, as vazões outorgadas à jusante (avalia que fique na faz pelo menos 30% da sua Q95).
Q solíc. (m³/s)	Vazão solicitada é a vazão que se pretende captar.
%Q95 solíc. (m³/s)	Percentual da Q95 da bacia incremental comprometida pela vazão solicitada.
%Q95 usos consunt. (m³/s)	Percentual da Q95 da bacia incremental comprometida pelos usos consuntivos, ou seja, as vazões outorgadas a montante* somadas à vazão solicitada. *quando se tratar de diluição, serão levadas em conta somente as vazões outorgadas a montante que excederem a vazão remanescente (30% da Q95).

Figura 3_R – Legenda das colunas da consulta de disponibilidade hídrica.

5- Depois de 2007 houve instalações de novas estações fluviométricas com dados de vazão?

Resposta do Noquelli: “Sim”.

<http://sema.mt.gov.br/>

<http://www.sema.mt.gov.br/transparencia/index.php/gestao-ambiental/sala-de-situacao-surh>

Resposta da Giselle: “Sim.”

6- Houve alguma atualização na metodologia de regionalização de vazões de 2007?

Resposta do Noquelli: “Não.”

Resposta da Giselle: “Não.”

7- As bases cartográficas, que podem influenciar no cálculo da disponibilidade hídrica, foram atualizadas depois de 2007, para escalas de maior detalhamento?

Resposta do Noquelli: “Não.”

Resposta da Giselle: “Não. Porém, quando a captação ocorre em afluente do rio principal constante da base 1:250.000, é traçada a área de drenagem do ponto de captação e aplicado na equação de regionalização hidrológica para obtenção da vazão de referência naquele ponto (caso isso ocorra, a vazão na coluna Qred. estará diferente da coluna Q_{95} na tela análise do SIGA Hídrico – Figura 2_R). Assim, evita-se que captações em pequenas bacias possam extrapolar a capacidade hídrica.”

8- Depois de 2007 houve a instalação de novas estações pluviométricas?

Resposta do Noquelli: “Sim, com a implantação da rede de monitoramento da Sala de Situação.”

Resposta da Giselle: “Ver com Sergio”

9- Qual a metodologia utilizada pela SEMA para estimar a disponibilidade de águas subterrâneas?

Resposta do Noquelli: “Não temos. A SEMA está com o termo de referência em andamento para o primeiro projeto piloto para o estudo hidrogeológico de Mato Grosso. A outorga é trabalhada em função da vazão da bomba.”

Resposta da Giselle: “Ver com Cleciani.”

10- Qual a metodologia usada pela SEMA para prever a demanda hídrica em mananciais subterrâneos?

Resposta do Noquelli: “Não temos”

Resposta da Giselle: “Ver com Cleciani.”

11- Quais os passos para outorgar água subterrânea?

Resposta do Noquelli: “O mesmo caminho informado para água superficial.”

Resposta da Giselle: “Ver com Cleciani.”

12- Há registros de conflitos pelo uso da água em Mato Grosso?

Resposta do Noquelli: “As únicas circunstâncias em que isso acontece é quando as hidrelétricas fazem a “manobra” e isso é noticiado pela imprensa. Por parte do órgão ambiental não. Já temos sub-bacias que não permitem mais outros usuários. Isso em relação a água superficial.”

Resposta da Giselle: “Sim. Conflitos relacionados às captações superficiais:

- na UPG TA-04 – região do rio Sapé e córrego Várzea Grande.
- na UPG P2 – região do ribeirão Queima Pé.
- na UPG A11 e A12 – região dos rios Celeste, Ferro, Lira, Verde.”

13- Qual a maior dificuldade enfrentada pela SEMA como órgão gestor de Recursos Hídricos?

Resposta do Noquelli: “Monitoramento, com um Estado do tamanho do nosso entra e sai governo e essa pauta acaba ficando em 2º plano.

- A falta do estudo hidrogeológico e um sistema de tomada de decisão para água subterrânea que seja incorporado ao Sistema SIGA Hídrico.
- Necessidade de uma atualização do estudo de regionalização de vazão.
- Incremento na equipe técnica.”

Resposta da Giselle: “Ver com Noquelli.”

Com esse estudo verificou-se que a escassez de dados medidos e sua má distribuição na bacia, ampliam as incertezas e impõe dificuldades na gestão dos recursos hídricos. Percebe-se a necessidade de ampliar a rede de monitoramento dos dados e atualização das informações para averiguar a confiabilidade das mesmas, priorizando salvaguardar uma distribuição cada vez mais justa dos recursos e o atendimento de demandas.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

1. Esse estudo reafirma as conclusões expressas nos capítulos anteriores no âmbito da ampliação dos monitoramentos ambientais para auxiliar no processo de tomada de decisões. Para aprimorar a gestão de recursos hídricos na bacia é importante que o governo estadual priorize as seguintes ações:
2. Ampliar consideravelmente o monitoramento em pequenas bacias, por meio das estações pluviométricas e fluviométricas, como explicado no capítulo I.
3. Aumentar a transparência na disponibilização dos dados e informações sobre a gestão dos recursos hídricos das águas superficiais. Constatou-se que seria adequado que a SEMA-MT disponibilizasse os dados e as informações de gestão, nos moldes da ANA, ou de modo ainda mais detalhado. Isso traria maior fluidez ao processo de gestão, sobrecarregaria menos os servidores e ainda aumentaria a credibilidade da administração pública estadual frente à comunidade nacional e internacional.
4. Realizar estudos para monitorar e dimensionar as águas subterrâneas.
5. Elaborar mapeamentos sistemáticos em escala de maior detalhe das características fisiográficas da bacia hidrográfica (hidrografia, pedologia, geomorfologia, geologia, uso da terra, declividade...) com metadados explicando como foram elaborados, quais as fragilidades e potencialidades.
6. Para que as recomendações anteriores sejam possíveis, há a necessidade de ampliar a quantidade de servidores de carreira na SEMA-MT com formações multidisciplinares ligadas à gestão dos recursos hídricos.
7. Realizar a regionalização das vazões periodicamente (no máximo a cada 5 anos, nos primeiros 30 anos) com servidores de carreira observando as novas tecnologias, metodologias, as mudanças climáticas e sempre atentos aos possíveis conflitos já existentes ou que podem ocorrer.
8. Levar em consideração alternativas metodológicas por meio da pesquisa de estudos clássicos e recentes, como por exemplo:
 - » Silveira, Tucci, & Silveira, (1998)²⁷ que apresentam uma alternativa à ausência de metodologia para a quantificação de vazões medianas e míni-

27 SILVEIRA, G; L. TUCCI, C; E; M. & SILVEIRA, A; L. L. **Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados**. Universidade Federal de Santa Maria ger_ufsm@sma.zaz.com.br Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Caixa Postal 15029, CEP 91501-970, Porto Alegre, RS. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/232466>

mas de pequenas bacias em regiões, cujos pequenos mananciais estão desprovidos de dados fluviométricos - uma realidade quase constante no território brasileiro; a estratégia de algumas medições locais em períodos de estiagem associada ao modelo precipitação-vazão permite a estimativa da curva de permanência.

- » Villas-Boas et al., (2018);²⁸ que fornece uma comparação da vazão $Q_{95\%}$ obtida através de um estudo de regionalização de vazões e de modelagem hidrológica com uso do modelo SWAT para estações.
- » Meyer & Paiva (2020)²⁹ que trazem contribuições de estimativas de sensoriamento remoto para a modelagem de múltiplas variáveis hidrológicas.
- » Paiva, Collischonn & Tucci (2011)³⁰ que vêm trabalhando em hidrologia em grande escala e modelagem hidrodinâmica usando dados limitados e uma abordagem baseada em Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Assegurar a disponibilidade hídrica e a gestão sustentável da água tem se tornado uma preocupação global, e a atuação de um estado como o de Mato Grosso, que detém uma parcela enorme das nascentes que drenam para os principais rios do país, e que é de interesse das gerações atuais e futuras, precisa ser cada vez mais responsável.

28 VILLAS-BOAS et al. **Comparação da vazão $Q_{95\%}$ obtida através do estudo de regionalização de vazões e de modelagem hidrológica com uso do modelo SWAT para estações da bacia representativa do rio Piabanha.** III Simpósio de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul - UFJF. Mariana Dias Villas-Boas^{1*}, Filipe Jesus dos Santos¹, Janaina G. Pires da Silva¹, Marcelo Parente Henriques¹, Marcio Junger Ribeiro¹, Rubens Esteves Kenup², Adriana Dantas Medeiros², José Paulo Soares de Azevedo², Francisco Olivera^{3,1} Serviço Geológico do Brasil - CPRM; ² Texas A&M University; ³ Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE; * mariana.villasboas@cprm.gov.br 2018. Disponível em https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/22225/1/III_SRHPS_ComparacaoVazaoQ95%25.pdf

29 OLIVEIRA, Aline Meyer. Orientador. PAIVA, Rodrigo Cauduro Dias de. **Contribuições de estimativas de sensoriamento remoto para a modelagem de múltiplas variáveis hidrológicas.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Pesquisas Hidráulicas. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Dissertação. Disponível em <http://hdl.handle.net/10183/213386>. Versão completa disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/213386/001116389.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

30 Paiva, Rodrigo C.D., Collischonn, W., & Tucci, C. E. M. (2011). Large scale hydrologic and hydrodynamic modeling using limited data and a GIS based approach. Journal of Hydrology. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.06.007>

REFRÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Apresentação HidroWeb**. Disponível em <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>> 2022a.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **HIDROWEB v3.2.6/ Séries Históricas**. Disponível em <<https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>> 2022b.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), SGRH (Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica). **Procedimentos para envio dos dados hidrológicos em tempo real das estações telemétricas**. -- Brasília: ANA, SGH. Disponível em <<http://www.siivias.net.br/aneel/ProcedimentosEnvioDadosHidrologicosEmTempoRealDasEstacoesTelemetricas.pdf>> 2011.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Inventário das Estações Fluviométricas**. 2ª Edição: Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília - DF. Disponível em <<https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>> 2009.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Orientações para elaboração do relatório de instalação de estações hidrométricas**. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH) Valdemar Santos Guimarães – Superintendente Eurides de Oliveira – Superintendente Adjunto Gerência de Planejamento da Rede Hidrometeorológicos – GPLAN Fabrício Vieira Alves – Gerente Colaboradores Alexandre do Prado; Anderson Lima do Nascimento; Carlos Eduardo Jeronimo; Dhalton Luiz Tosetto Ventura; Eduardo Boghossian; João Carlos Carvalho; Leny Simone Tavares Mendonça; Maria Tarcísia Ferreira de Carvalho Lavor; Matheus Marinho de Faria; Maurrem Ramon Vieira. Brasília-DF, 2011. Disponível em <<https://www.sthidro.com.br/sites/default/files/resolucao-03-10-ana-aneel.pdf>>

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Inventário das Estações Fluviométricas**. 2ª Edição: Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília - DF. 2009. Disponível em <<https://arquivos.ana.gov.br/infohidrologicas/InventariodasEstacoesFluviometricas.pdf>>

ANA-CPRM. Grupo de Trabalho. **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência - RHNR**. Disponível em <https://rigeo.cprm.gov.br/bitstream/doc/22172/3/RHNR_Diretrizes_Implementacao.pdf> Relato do planejamento da RHNR e a definição das estratégias de implementação para os próximos anos (5 anos). Portaria ANA no 151, de 31 de março de 2016.

ARAÚJO, L. M. N.; TAVARES, J. C. **Regionalização de vazões da bacia do rio Paraíba do Sul**. in XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba- PR, Nov. 2003. Anais em CD, 2003.

ALTOÉ, Solivan & COELHO, Adilson Marcio. **Determinação de áreas para instalação de instrumentos hidrometeorológicos em microbacias por meio do SIG**. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 37, n. 4, p. 865 - 881, 2018.

AQUARET. **Corrente do Rio**. Disponível em <https://aquaret.com/index5937.html?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=231&lang=pt> 2022.

AZEVEDO, A. A. **Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do Rio Paranã**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa- MG, 101 p., 2004.

BAENA, L. G. N. **Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), UFV, Viçosa- MG, 135 p., 2002.

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro, 1985. 2 v.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro. v. 1, 1985a.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. **Manual de minicentrais hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 1985b.

ENERGÊS. **O que é Molinete Hidrométrico**. 2022. Disponível em <<https://energes.com.br/o-que-e-molinete-hidrometrico/>>

EUCLYDES, H. P. et al. **Regionalização hidrológica na bacia do Alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias, Minas Gerais**. in Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 6N.2 Abr./Jun. de 2001, pp. 81 -105,2001.

CARVALHO, D. F; SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. 2006. Disponível em <<https://fdocumentos.tips/document/apostila-de-hidrologia-568838d76f2a0.html?page=1>> Acesso em: ago 2017

CASSIOLATO, César & ORELLANA, Evaristo. **Medição de Vazão**. Data de publicação: 2012-01-25 10:21:46. Disponível em <<https://www.instrumatic.com.br/artigo/medicao-de-vazao>> Instrumatic.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C; VADAS, R. G; OLIVEIRA, R. V. T. **Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7(3), pp. 43-51, 2002.

COLLISCHONN, W. ET AL. **Da Vazão Ecológica ao Hidrograma Ecológico**. Walter Collischonn (Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS), Sidnei Gusmão Agra (Departamento de Recursos Hídricos/SEMA – RS), Glauco Kimura Freitas (Instituto The Nature Conservancy do Brasil) e Gabriela Rocha Priante (Diretoria de Recursos Hídricos FEMA - MT). Sem data, Acesso em 2022. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Walter-Collischonn-2/publication/237250787_Da_Vazao_Ecologica_ao_Hidrograma_Ecologico/links/0c9605314cecc55f11000000/Da-Vazao-Ecologica-ao-Hidrograma-Ecologico.pdf>

COLLISCHONN, Walter. **Hidrologia 1 Medição de vazão 4 Diluição**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 29 de jul. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=qJU3v7W698Q>>

GHIDRO. **O que é Telemetria de Água e como implementá-la**. 2022. Disponível em <<https://www.ghidro.com.br/o-que-e-telemetria-de-agua/>>

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO. **Geografia**. Disponível em <<http://www.mt.gov.br/geografia>> 2022.

HYDRO DEED. **Acoustic Doppler Current Meter**. Disponível em <<https://hydrodeed.com/product/acoustic-doppler-current-meter/>> 2022.

INSTRUMENTACIÓN ANALÍTICA, S.A. **Perfilador acústico Doppler (ADCP)**. Disponível em <<https://www.instru.es/sistema-doppler-adcp-para-aforos-modelo-riversurveyor-m9>> 2022

MAIA, James Lacerda; BARBOSA, Alexandre Augusto; QUEIRÓZ, Giselle. **Vazões mínimas e de referência: estudo de caso das estações fluviométricas do Alto-Sapucai, Minas Gerais**. Disponível em <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/81/85b8c9a4d531e00160cf9b4e4565da8a_096d59f5b1a03cfd6d40b7b84a5aac8.pdf> Trabalho Simpósio ABRH 2011.

MARCUZZO, Francisco F. N. MELATI, Maurício Dambrós. **PROPOSTA DE NOVAS ESTAÇÕES FD NA SUB-BACIA 85 SEGUNDO OS CRITÉRIOS DA ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE METEOROLOGIA**. CPRM/SGB – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais/Serviço Geológico do Brasil – Rua Banco da Província, 105 – Santa Teresa – CEP 90840-030, Porto Alegre/RS. francisco.marcuzzo@cprm.gov.br. 2 Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Av. Bento

Gonçalves nº 9.500 – Agronomia – CEP 91501-970, Porto Alegre/RS. Tel. (51) 8467-8416. mauriciomelati@gmail.com 2015. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Disponível em <<https://rigeo.cprm.gov.br/jspui/bitstream/doc/15050/1/PAP018952.pdf>> MARCUZZO & MELATI, (2015)

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. **Densidade de estações fluviométricas com descarga líquida na sub-bacia da Lagoa dos Patos segundo os critérios da Organização Mundial de Meteorologia.** In: SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. (SBSR), 2015, Foz do Iguaçu, PR. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. p. 1 DVD. Disponível em: <https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOMmEtQV8tNHM1cEE&authuser=0>. Acesso em: 01 mai. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. **Nível de Significância no Intervalo de Confiança de Linha de Regressão e Valor Previsto em Regressão da Q50 com Duas Variáveis Explicativas.** In: XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 2014, Natal. Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. Porto Alegre: ABRH, 2014. p. 1-10. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/xiisrh/anais/papers/PAP018391.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2022.

MARCUZZO, F. F. N.; PICKBRENNER, K. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 80, 85, 90 e 95% de permanência da sub-bacia 87.** Porto Alegre: CPRM, 2015. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. **Espacialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 17. (SBSR), 2015, Foz do Iguaçu, PR. Anais... São José dos Campos: INPE, 2015. 1 DVD. Disponível em: <https://drive.google.com/open?id=0B6T7sNg_aVgOV0dTNkV2aTJmRkE&authuser=0>. Acesso em: 01 mai. 2022.

MONTEIRO, Leonardo. (2011). **Seabed of the Continental Shelf in Ceará Between Fortaleza and Icapuí.** 10.13140/RG.2.1.3523.7520. MONTEIRO, Leonardo Hislei Uchôa. **Funcionamento do perfilador de correntes. ADCP.** Agos. 2022. Disponível em <https://www.researchgate.net/figure/Figura-12-Ilustracao-do-funcionamento-do-perfilador-de-correntes-ADCP-que-calculas-as_fig2_298343804>

NIVETEC (Nivetec Instrumentação e Controle). **Medição de Vazão: O que é? Como fazer?** Artigos Técnicos: setembro 23, 2021.

OMM - Organização Meteorológica Mundial. **Guia para práticas hidrológicas: Aquisição e processamento de dados, análises, estimativas e outras aplicações.** 15.ed., 1994. 735p

Operação Amazônia Nativa. **Acompanhamento de projetos de infraestrutura energética na bacia do Juruena: desafios para comunidades e poder público.** OPAN, Cuiabá, MT. 2019.

PAIVA, Rodrigo. **Medição de vazão.** Documento: PDF (99 páginas) 4.8 MB. Publicado em: 2022-03-07. Disponível em <<https://doceru.com/doc/vssv1cx>>

PENSAMENTO VERDE. **Conheça a OMM: Organização Meteorológica Mundial.** 2014. Disponível em <<https://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/conheca-omm-organizacao-meteorologica-mundial/#:~:text=Na%20pr%C3%A1tica%2C%20as%20principais%20atribui%C3%A7%C3%B5es%20da%20OMM%20referem-se,a%20partir%20das%20diretrizes%20e%20dos%20acordos%20internacionais>>.

PETRY, I et al. **Manual de Aplicação plugin ANA Data Acquisition V 1.0.** Manual Técnico, HGE, IPH, UFRGS, 2021.

PINTO, E. J. A. & ALVES, M. M. S. **Regionalização de vazões da bacia do alto São Francisco.** in XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Curitiba- PR, Nov. 2003.

RIBEIRO, Celso Bandeira de Melo; MARQUES, Felipe de Azevedo; SILVA, Demetrius David da. **Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a Bacia do Rio Doce.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, MG, v.13, 0.2, 103-117, Abr./Jun., 2005. Disponível em <https://www.researchgate.net/profile/Celso-Ribeiro-4/publication/315815437_Estimativa_e_regionalizacao_de_vazoes_minimas_de_referencia_para_a_bacia_do_rio_Doce/links/58e7d589458515e30dcad04b/Estimativa-e-regionalizacao-de-vazoes-minimas-de-referencia-para-a-bacia-do-rio-Doce.pdf>

SEIA (Sistema Estadual de Informações Ambientais e Recursos Hídricos). **Monitoramento Ambiental Hidrometeorológico.** SEMA - Avenida Luís Viana Filho, 6ª Avenida, nº 600 - CEP 41.745-900 - CAB - Salvador - Bahia - Brasil. Disponível em <<http://www.seia.ba.gov.br/monitoramento-ambiental/hidrometeorol-gico#:~:text=Hidrometeorologia%20%C3%A9%20o%20ramo%20das,atmosfera%20em%20suas%20diferentes%20fases.>> 2022.

SEMA-MT (Secretaria de Estado de Meio Ambiente - Mato Grosso) **Portal do Cidadão. Controladoria Geral do Estado (CGE) e Ouvidoria Geral do Estado (OGE).** 2007. Disponível em <<http://www.sema.mt.gov.br/transparencia/index.php/gestao-ambiental/base-de-referencia>>

SEMA - MT (Secretaria Estadual do Meio Ambiente de Mato Grosso). **Equipe: Fale Conosco.** 2022. Disponível em <<http://sema.mt.gov.br/site/index.php/sema/equipe>>

SILVA, Benedito Cláudio da. **Plataforma Lattes.** Acesso em setembro de 2022. Disponível em <<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.do>>

SILVA, Benedito Cláudio da. **Introdução à Regionalização de Vazões**. Canal da Hidrologia. 8 de out. de 2020. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=JWPCfV6z7xs>>

SILVA, D. D. et al. **Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 51**. Brasília: ANEEL; Viçosa- MG: UFV, 207p., 2002a.

SILVA, D. D. et al. **Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 52**. Brasília: ANEEL; Viçosa- MG: UFV, 138p., 2002b.

SILVA JÚNIOR, O. B., BUENO, E. O., TUCCI, C. E. M., CASTRO, N. M. R. **Extrapolação espacial na regionalização da vazão**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n. 1, 2002. p. 21-37.

SILVA, B. C., TIAGO FILHO, G. L., SILVA, A. P. M., de PAULO, R. G. F. **Regionalização de vazões na bacia do rio Grande**. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, 2003. CD-Rom.

SILVEIRA, G. L.; ROBAINA, A. D.; GIOTTO, E.; DEWES, R. **Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, v. 3, n. 3, p. 5-16, 1998a.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M.; SILVEIRA, A. L. L. **Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, v.3, n. 3, p. 111-131, 1998b.

The Nature Conservancy. **Bacia do Tapajós: estado da pesca artesanal no médio e baixo Juruena**. WCS,. Disponível em: <<https://www.tnc.org.br/content/dam/tnc/nature/en/documents/brasil/Tapajos-PescaJuruena.pdf>> 2019

TUCCI, C. E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Ed. Universidade: UFRGS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1998. p. 669.

TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Porto Alegre: Ed. Universidade: UFRGS, Disponível em <<http://www.rhama.com.br/blog/index.php/sem-categoria/regionalizacao-de-vazoes-i/>> 2002. 256 p.

VILANOVA, Mateus Ricardo Nogueira. VIANA, Augusto Nelson Carvalho. SILVA, Fernando das Graças Braga da. **Utilização de Perfiladores Acústicos Doppler para medição de vazão no Rio Sapucaí - MG**. XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 22 a 26 de novembro de 2009 -: Campo Grande - MS Disponível em <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/110/6f69ec6b3aab7e61b107f1f9da06a519_935586e1c5cb818d32be21bb3a97b642.pdf>

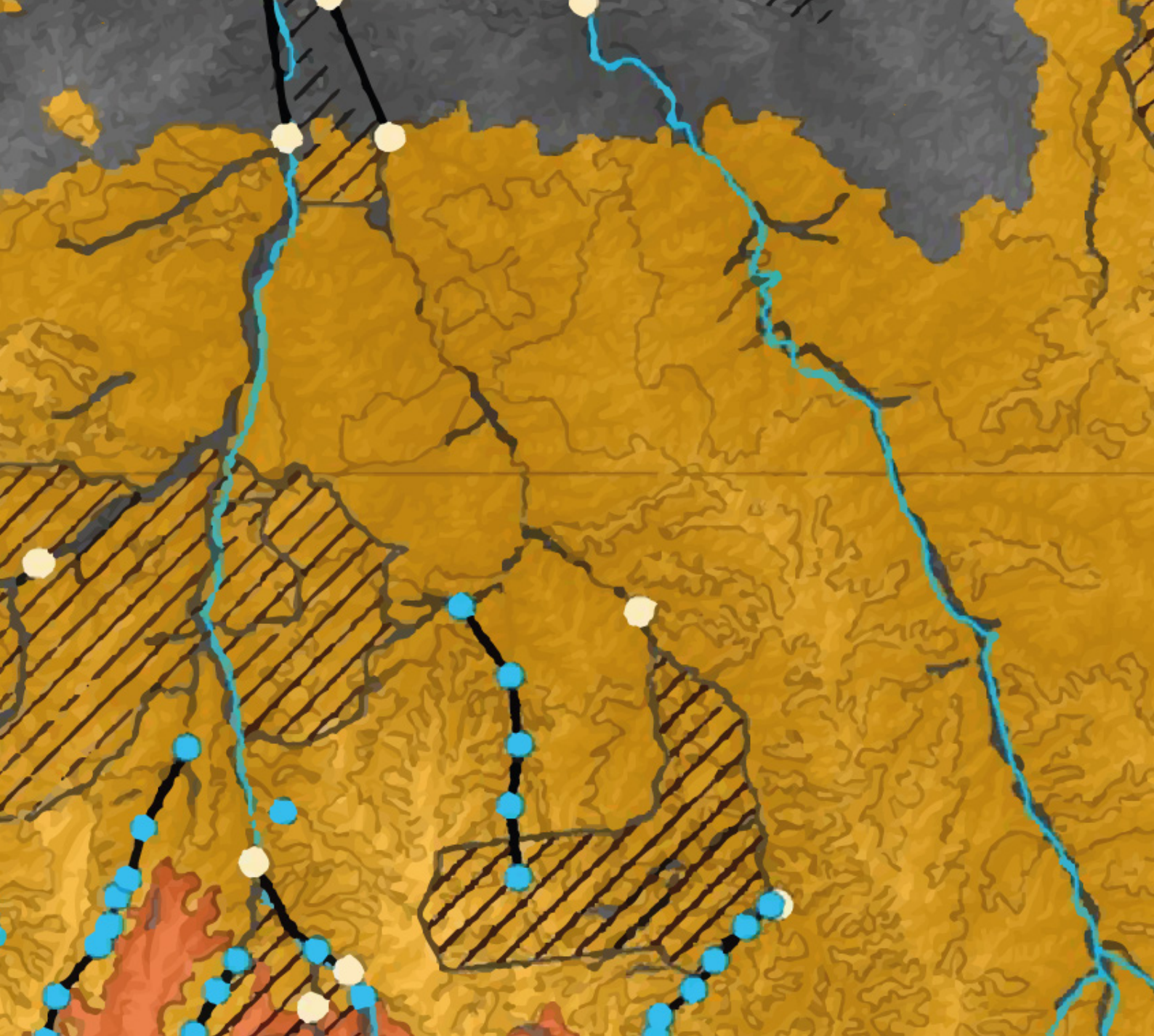
VIRÃES, M. V. **Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 50 – Bacias dos rios Itapicuru, Vaza Barris, Real, Inhambupe, Pojuca, Sergipe, Japaratuba, Subáuma e Jacuípe.** Recife: CPRM, 2014. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/rehi/regionalizacao/sub_bacia_50/relatorio_sub_bacia50.pdf>. Acesso: 2/5/2022.

OMM - Organização Meteorológica Mundial. **Guia para práticas hidrológicas: Aquisição e processamento de dados, análises, estimativas e outras aplicações.** 15.ed., 1994. 735p

UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul). ANA Data Acquisition realiza o download automático de várias estações pluviométricas e fluviométricas. Modelo de Grandes Bacias (MGB). 2022. Disponível em <<https://www.ufrgs.br/hge/ana-data-acquisition/>>

WOLFF, Wagner. **Avaliação e nova proposta de regionalização hidrológica para o Estado de São Paulo.** 2013. Dissertação de Mestrado. DOI 10.11606/D.11.2013.tde-08042013-102503. Unidade da USP: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Piracicaba. Disponível em <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-08042013-102503/pt-br.php>> Engenharia de Sistemas Agrícolas. Data de Defesa 2013-02-06.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Methods of observation.** In: Guide to Hydrological Practices: hydrology from measurement to hydrological information. 6. ed. Geneva, Switzerland , 2008. v. 1, cap. 2, p. 24-27. (WMO - n. 168). Disponível em: <http://www.whycos.org/chy/guide/168_Vol_I_en.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2022.



misereor
GEMEINSAM GLOBAL GERECHT

M CHARLES STEWART
MOTT FOUNDATION®

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION