

Universidade de Brasília - UnB
Faculdade UnB Planaltina - FUP
Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - ProfÁgua

ADAIANE PEREIRA DE SOUZA

**APRIMORAMENTO DA GESTÃO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA
EM UMA USINA DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE
MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA**

Planaltina - DF

2022



ADAIANE PEREIRA DE SOUZA

**APRIMORAMENTO DA GESTÃO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA
EM UMA USINA DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE
MONITORAMENTO EM TEMPO REAL DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, área de concentração - Instrumentos da Política de Recursos Hídricos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Orientador: Rômulo José da Costa Ribeiro

Planaltina - DF

2022



Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SS729a Souza, Adaiane
Aprimoramento da gestão e eficiência no uso da água em
uma usina de cana-de-açúcar por meio do monitoramento em
tempo real de captações de água / Adaiane Souza; orientador
Rômulo José Ribeiro. -- Brasília, 2022.
100 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) -- Universidade de
Brasília, 2022.

1. Gestão de demanda hídrica. 2. Sistema de telemetria.
3. Informação em tempo real. I. Ribeiro, Rômulo José, orient.
II. Título.



ADAIANE PEREIRA DE SOUZA

**APRIMORAMENTO DA GESTÃO E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA EM UMA
USINA DE CANA-DE-AÇÚCAR POR MEIO DE MONITORAMENTO EM TEMPO
REAL DE CAPTAÇÕES DE ÁGUA**

Banca Examinadora

Brasília-DF, 18 de novembro de 2022.

Professor Doutor Rômulo José da Costa
Orientador
ProfÁgua - Universidade de Brasília

Professor Doutor Alan Vaz Lopes
Membro externo
Agência Nacional das Águas - ANA

Professor Doutor Antônio de Almeida Nobre Júnior
Membro interno
ProfÁgua - Universidade de Brasília

Professora Doutora Lucijane Monteiro de Abreu
Membra interna suplente
ProfÁgua - Universidade de Brasília



DEDICATÓRIA

Para os meus maiores amores: minha mãe Ilma, cuja realização também é sua; minha filha Ana, que todas as minhas lutas e conquistas sirvam de exemplo para a mulher que se tornará; meu esposo Ítalo, por todo apoio; e minha irmã Kristiane, minha segunda mãe, mesmo distante sua presença é constante, acompanhando todas os caminhos que permeio.



PREFÁCIO

Esta dissertação trata da instalação de um sistema de telemetria para medição de vazão de água em uma agroindústria do setor sucroenergético, denominada Bioenergética Vale do Paracatu S/A, instalada no município de João Pinheiro, Estado de Minas Gerais.

Meu histórico com a empresa começou em 2013, quando passei a fazer parte do corpo de funcionários na função de Analista Ambiental e já no ano seguinte, devido à crise hídrica, busquei estudar mais profundamente o ramo de atuação onde estava inserida, vindo a ocupar a função de Coordenadora da área de Meio Ambiente, época em que comecei a acompanhar mais de perto a luta da empresa quanto à gestão de recursos hídricos, tanto para cumprimento das normas legais quanto para sua produtividade e sua viabilidade operacional. Como consequência, outras janelas de possibilidades foram abertas e, no final do ano de 2020, vimos a necessidade de aperfeiçoar o sistema existente, com a adoção de instrumentos de telemetria, como será relatado.

Em 2019, o Instituto de Gestão das Águas Mineiras - IGAM publicou a Resolução 48, pela qual obrigava a instalação de sistema de medição de vazão e horímetros nos 48 (quarenta e oito) pontos de captação de água. Havia, também a condicionante de acompanhamento diário dos dados que deveriam ser apresentados em planilhas.

Como parte da empresa, participei dos primeiros estudos, diagnóstico e compra dos medidores e suas instalações. Após isso, em acordo com os operadores de pivô, combinamos que os dados captados pelos medidores, seriam registrados manualmente em cadernos e, em seguida, digitados em planilhas. Entretanto, dado o volume diário de informações coletadas, tornou-se impossível manter as planilhas atualizadas diariamente.

Como provável recurso, solicitei aos operadores de tecnologia da informação (TI) da empresa o desenvolvimento de um sistema simples que permitisse apontar os dados diretamente em tablets para, em seguida, serem enviados para a base de dados via internet. Mais adiante, estudou-se a viabilidade de, em lugar dos tablets, instalar em cada ponto de captação, transmissores de dados que dispensariam a verificação pelos operadores de pivô, pois os dados seriam enviados automaticamente, em tempo real.



Paralelo a isso, foi aberto o processo seletivo para Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos - o ProfÁgua, oportunidade ímpar de aprofundamento de estudos e aquisição de conhecimentos relativos ao meu ramo de atuação, o que contribuiria para o desenvolvimento aperfeiçoado do trabalho por mim realizado. Quando fui selecionada já atuava na área de controle de recursos hídricos na empresa e o projeto aqui apresentado, estava em andamento.

Uma vez que se trata da gestão das águas, um tema em constante estudo e alvo de legislações cada vez mais apuradas, entendo que todos os recursos disponíveis para reduzir falhas e desperdícios são essenciais para o papel socioambiental da empresa, para gestão dos recursos financeiros envolvidos e obediência à portaria de outorga.



AGRADECIMENTOS

A DEUS, pelas infinitas bênçãos e demonstrações de sua presença onipotente em todos os momentos da minha vida. A oportunidade de realizar esse mestrado é sem dúvida mais uma graça concebida por Ele, pois num momento tão delicado da minha vida, quando estava iniciando um novo ciclo de conciliação do trabalho com a maternidade, Ele me mostrou a força e potencialidade existente dentro de mim, me proporcionando a expansão dos meus conhecimentos técnicos e a oportunidade de obtenção de mais um título acadêmico.

A minha família, em especial minha mãe Ilma, fonte de inspiração, a quem eu agradeço todos os dias por ter a oportunidade de conhecer uma mulher tão forte, determinada e destemida; à senhora dedico todas as minhas vitórias.

Ao meu esposo Italo e minha filha Ana, pessoas que eu amo incondicionalmente; se estou nesta etapa final é graças a vocês que me apoiaram e, com muita paciência, caminharam comigo nessa jornada.

À BEVAP, empresa que terá minha eterna gratidão, e seus colaboradores, que fazem com que tenhamos tanto orgulho de fazer parte desse time, especialmente aos colegas que participaram direta e indiretamente do projeto e pelas diversas contribuições dadas a este trabalho.

À turma do ProfÁgua 2019/2 – Polo/UnB e todos os professores que nos apoiaram; como foi bom conviver com pessoas tão inteligentes e de uma simplicidade tamanha, gratidão por todo apoio nas diversas viagens à Brasília, vocês contribuíram para tornar essa jornada mais leve!

Agradeço também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE Nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento.



RESUMO

A água é essencial à vida e um recurso natural essencial às atividades humanas, exige um controle mais apurado quando utilizada em processos de maior volume, como no caso das agroindústrias. Ao ser utilizada nas lavouras, é preciso considerar a grandeza vazão da água captada como uma das variáveis mais importantes no processo de irrigação e a sua medição é primordial em todas as fases. Por conta da quantidade de dados disponibilizados quando o número de bombas instaladas e captações de água existentes é grande ao longo do perímetro irrigado, observa-se dificuldades no gerenciamento e transmissão das informações. Nesse sentido, a presente pesquisa avalia a automação de sistemas de medição de vazão, processo que possibilita receber, armazenar e disponibilizar dados de consumo diário das captações de água em uma plataforma digital, facilitando o gerenciamento das informações e um melhor controle do consumo de água. A partir da publicação da Resolução Conjunta SEMAD/IGAM nº 2302/2015 (Revogada pela Resolução Conjunta SEMAD/IGAM 2.849/2019), foi avaliada a implantação de sistema de monitoramento de vazões em todas as captações de água de uma usina de açúcar e álcool existente na bacia do rio Paracatu, afluente do rio São Francisco, que a Bevap instalou, em comparação com o processo de apontamento manual da operação de cada bomba e a posterior transcrição para sistemas eletrônicos. Verificou-se que os ganhos alcançados se referem à obtenção de informações instantâneas de dados, redução de custos operacionais, otimização da produtividade e atendimento à legislação dos órgãos de recursos hídricos. Por outro lado, como aspectos negativos, podem ser citados a dependência dos equipamentos de medição, que precisam estar operando em sua totalidade para alcançar um resultado mais significativo, o maior custo de implantação e necessidade de internalização de processos de análise de grandes quantidades de dados gerados.

Palavras-chave: Gestão de demanda hídrica. Sistema de telemetria. Informação em tempo real.



ABSTRACT

Water is an essential natural resource for human activities, requiring more accurate control when used in larger-volume processes, as in the case of agroindustries. When used in crops, it is necessary to consider the flow rate of the captured water as one of the most important variables in the irrigation process and its measurement is essential in all phases. Due to the amount of data made available when the number of installed pumps and existing water intakes is large along the irrigated perimeter, there are difficulties in the management and transmission of information. In this sense, this research evaluates the automation of flow measurement systems, a process that makes it possible to receive, store and make available data on daily consumption of water abstractions on a digital platform, facilitating information management and better control of water consumption. As of the publication of Joint Resolution SEMAD/IGAM No. 2302/2015 (Revoked by Joint Resolution SEMAD/IGAM 2.849/2019), the implementation of a flow monitoring system in all water withdrawals from a sugar mill and existing alcohol facility in the Paracatu river basin, a tributary of the São Francisco river, Bevap installed, was assessed in comparison with the manual recording process of the operation of each pump and the subsequent transcription to electronic systems. It was found that the gains achieved refer to obtaining instantaneous data information, reducing operating costs, optimizing productivity and complying with the legislation of water resources agencies. On the other hand, as negative aspects, we can mention the dependence on measuring equipment, which needs to be operated in its entirety to achieve a more significant result, the higher cost of implementation and the need to internalize processes for analyzing large amounts of data. generated.

Keywords: Water demand management. Telemetry system. Real-time information.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da bacia do Rio Paracatu.....	15
Figura 2	Irrigação localizada.....	25
Figura 3	Irrigação com uso de aspersores.....	25
Figura 4	Sistema de irrigação autopropelido.....	26
Figura 5	Irrigação por superfície por sulco.....	27
Figura 6	Medidor de vazão eletromagnético.....	31
Figura 7	Rotâmetro.....	32
Figura 8	Medidor de vazão ultrassônico.....	33
Figura 9	Hidrômetro.....	33
Figura 10	Medidor de vazão mássica Coriolis.....	34
Figura 11	Medidor de vazão vórtex.....	35
Figura 12	Metodologia de Comunicação do Sistema.....	41
Figura 13	Classificação da pesquisa.....	44
Figura 14	Localização dos pontos de captação da BEVAP Bioenergia.....	45
Figura 15	Pontos de captação instalados para monitoramento e gestão da demanda hídrica.....	47
Figura 16	Infraestrutura do sistema a ser implantado.....	48
Figura 17	Modelo de regra de captação do sistema.....	49
Figura 18	Layout da infraestrutura instalada para teste.....	51
Figura 19	Infraestrutura física do projeto.....	53
Figura 20	Estrutura analítica do projeto.....	55
Figura 21	Página da web demonstrando todos os pontos de captação instalados para monitoramento e gestão da demanda hídrica.....	56
Figura 22	Demonstrativo da regra de captação prevista na portaria de outorga.....	57
Figura 23	Painel do volume total consumido (m ³) por captação/ portaria de outorga.....	58
Figura 24	Painel de gestão do uso da água com os dados de vazão (m ³ /s), duração (dias) e volume (m ³) através de um comparativo do outorgado, captado e excedido.....	58



Figura 25	Série histórica em tabela dos consumos diários por captação/portaria de outorga.....	59
Figura 26	Série histórica em gráfico da vazão consumida no mês em m ³ /s.....	59
Figura 27	Demonstrativo do método convencional de apontamento manual por bomba utilizado antes da implantação do sistema.....	63
Figura 28	Análise do consumo da captação 91504 – Fazenda Santa Luzia.....	66



LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	Composição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e Bacias Hidrográficas.....	11
Tabela 1	Comparativo do custo médio anual dos dois sistemas.....	62
Tabela 2	Comparativo dos dados apontados em setembro/22 na captação 91504 – bomba 1 e 2.....	62
Tabela 3	Comparativo entre os métodos.....	65



LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas.
ANA	Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico.
Bevap	Bioenergética Vale do Paracatu S/A.
CBHSF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco.
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos.
CF	Constituição Federal.
CNI	Confederação Nacional da Indústria.
COA	Central de Operações Agrícolas.
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente.
DNPM	Gestão de Alto Nível.
EIA	Estudo de Impacto Ambiental.
GAN	Gestão de Alto Nível.
IAC/UFT	Instituto de Atenção às Cidades da Universidade Federal de Tocantins.
IEC	<i>International Electrotechnical Commission.</i>
IGAM	Instituto de Gestão das Águas Mineiras.
Inmetro	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
IoT	Internet das Coisas.
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
LIMs	<i>Laboratory Information Management System.</i>
M2M	Máquina a máquina.
NBR	Norma Brasileira.
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico.
ONU	Organização das Nações Unidas.
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente.
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos.
PUP	Princípio do Usuário Pagador.
RH	Recursos Hídricos.
Semad	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.
Sngrh	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.



SNSH Secretaria Nacional de Segurança Hídrica.



SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	01
1.1 Problema.....	03
1.2 Objetivo Geral.....	03
1.2.1 Objetivos Específicos.....	04
1.3 Justificativa.....	04
2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	06
2.1 Breve Percurso da Legislação Nacional.....	06
2.2 Política Nacional de Recursos Hídricos.....	12
2.2.1 Conflitos do uso de recursos hídricos.....	14
2.2.2 Cobrança pelo uso da água.....	18
2.2.3 Política de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais.....	21
2.2.4 Sistemas de irrigação da cana-de-açúcar.....	22
2.2.4.1 Métodos de irrigação da cana-de-açúcar.....	24
2.3 Sistema de Medição de Vazão e Transmissão de Dados.....	27
2.3.1 Medição de vazão de fluidos.....	28
2.3.1 Tipos básicos de medição de vazão.....	28
2.3.1.1 Tipos de medidores de vazão.....	30
2.3.2 Sistemas de calibração e validação.....	35
2.3.3 Telemetria na gestão de recursos hídricos.....	37
2.3.3.1 Interface de Programação de Aplicação – API.....	39
3 METODOLOGIA.....	41
3.1 Tipo e Descrição Geral da Pesquisa.....	41
3.2 Caracterização do Empreendimento.....	42
3.3 Instrumentos e Procedimentos para Coleta e Análise de Dados.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	50
4.1 Implantação do Sistema de Telemetria de Captações de Água.....	50
4.2 Visualização e Análise de Dados de Captações de Água.....	55
4.3 Avaliação Comparativa dos Sistemas de Monitoramento de Captações.....	60
4.4 Resultados Futuros Esperados.....	67
4.5 Resultados Alcançados: aspectos positivos e negativos.....	68



5 CONSIDERAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO.....	71
REFERÊNCIAS.....	73
APÊNDICE	81



1 INTRODUÇÃO

A água é um dos elementos mais importantes para a sobrevivência dos seres vivos na Terra. Neste contexto, o tema recursos hídricos está cada vez mais sendo discutido em congressos e conferências em todo o mundo. Em Minas Gerais, assim como em outros Estados do Brasil, é notória a necessidade de evoluir a gestão dos recursos hídricos no que tange ao monitoramento da demanda hídrica, principalmente nos períodos de estiagem, controle que pode ser realizado pela adoção de sistemas de medição e monitoramento remoto em tempo real de captações nos cursos d'água, tendo em vista o recente desenvolvimento de novas tecnologias (IGAM, 2019).

No âmbito do desenvolvimento sustentável, o manejo coerente e eficiente dos recursos hídricos compreende ações que visam garantir os padrões de qualidade e quantidade da água dentro da sua unidade de planejamento, a bacia hidrográfica. É atualmente aceito o conceito de gestão integrada dos recursos hídricos como paradigma de gestão da água através da relevância da necessidade de integrar a gestão hídrica em função dos seus diferentes tipos de uso, das diferentes dimensões de conhecimento que estão envolvidas, dos diferentes tipos de instituições. Pressupõe a valorização da água em função da sua necessidade vital para a sobrevivência de todas as espécies (RIBEIRO, 2010).

Em 2019, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), por meio da Portaria Nº 48, estabeleceu que as captações superficiais precisam ter um sistema de medição de volume e tempo, preferencialmente de forma automática, com transmissão telemétrica de dados. Entretanto, a implantação de tal medida inovadora ainda encontra desafios quanto às tecnologias de medição e telemetria que sejam eficientes para atender o pressuposto (IGAM, 2019).

Tendo por base de pesquisa a Portaria IGAM nº48/2019, citada anteriormente, o objeto deste estudo, a usina de cana-de-açúcar denominada Bioenergética Vale do Paracatu S.A - BEVAP Bioenergia, com sede no município de João Pinheiro, em Minas Gerais, sendo uma das usinas mais avançadas em tecnologia para a produção de etanol, açúcar e cogeração de energia elétrica no Brasil (referência). A usina está localizada na bacia hidrográfica do rio São Francisco, mais precisamente nas sub bacias dos rios Entre Ribeiros, Preto e Paracatu, nos quais são feitas captações superficiais, localizados nos municípios de Paracatu, Unaí, Brasilândia de Minas e João Pinheiro. A usina possui 15 (quinze) pontos de captação outorgados, sendo 2



(dois) no ribeirão Entre Ribeiros, 4 (quatro) no rio Preto, 7 (sete) no rio Paracatu e 2 (dois) em barramentos localizados no Ribeirão Inhumas. Nessas captações há 48 (quarenta e oito) bombas instaladas, com uma vazão total outorgada de 47.403 m³/h, conforme detalhado no Anexo I.

Esta pesquisa descreve e avalia o aprimoramento do sistema de gestão do uso das águas da BEVAP por meio da automação das medições de vazão, duração e volume de água captado, da transmissão e armazenamento dos dados e do cruzamento dos dados das captações com os limites outorgados, a fim de permitir o monitoramento contínuo da conformidade das captações com a outorga de direito de uso da água e, assim, contribuir para a avaliação dos indicadores de eficiência hídrica e energética da usina.

Esta pesquisa envolve, no mínimo, três dos cinco instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH (BRASIL, 1997): a) a outorga de direito de uso dos recursos hídricos; b) a cobrança pelo uso da água; e c) o sistema de informações sobre os recursos hídricos. Como resultado esperado, os instrumentos poderão ser melhor integrados por meio de informações precisas de disponibilidade e demanda hídrica.

A área territorial que compõe a bacia hidrográfica do rio São Francisco é de 619.543,94 km², abrangendo sete estados, Bahia, Minas Gerais, Alagoas, Pernambuco, Sergipe, Goiás e o Distrito Federal. Encontra-se subdividida em quatro regiões fisiográficas denominadas Alto, Médio, Submédio e Baixo São Francisco, abrangendo 503 municípios e parte do Distrito Federal. Do total, 505 municípios possuem sede na área da bacia (ANA, 2005), com população de 18.218.575 habitantes (CBHSF, 2020). Esta informação esclarece a importância da gestão adequada dos recursos hídricos desta bacia, considerando-se o contingente populacional que dela depende.

A crise hídrica chegou à região do rio São Francisco em 2013, atingindo os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, sendo mais severa em 2017, exigindo uma gestão muito complexa, pois, a população situada mais a montante na Bacia Hidrográfica, na área denominada de Alto São Francisco desejava reservar o maior volume de água possível, enquanto a população a jusante exigia que mais água fosse liberada para minimizar os efeitos da redução das vazões que trazem grandes prejuízos para o abastecimento humano e para a irrigação (PAREDES-TREJO *et al.*, 2021). Junto às dificuldades encontradas na gestão desses recursos



hídricos limitados, a crise causa efeitos como aumento do assoreamento do rio e da erosão, impactos na fauna e a flora aquática e transtornos para a navegação. Além desses fatores, nos municípios situados próximos à foz, a crise torna-se mais preocupante com o fenômeno chamado intrusão salina que é a salinização das águas doces dos corpos hídricos, reservatórios costeiras ocasionada pelo avanço subterrâneo do mar rumo ao continente (MONTEIRO, 2021).

O agravamento da crise hídrica do São Francisco também é atribuído a fatores como mudanças climáticas, responsáveis pela redução das chuvas e aumento da intensidade das secas, e exploração desordenada da água subterrânea. Nos estados de Minas Gerais e Bahia ocorrem avanços descontrolados das fronteiras agrícolas que exigem volumes crescentes de extração de águas superficiais e subterrâneas. A captação desordenada das águas subterrâneas influencia diretamente a vazão dos rios e afluentes do São Francisco. A necessidade da gestão eficiente dos recursos hídricos da bacia do São Francisco é justificada, também, pela expansão agrícola na região oeste da Bahia, onde se localiza o aquífero Urucuia, conhecido pela importância para o escoamento de base na Bacia Hidrográfica do Alto São Francisco. Diante do risco de redução do volume de água desta área, as atividades agrícolas são prejudicadas ou até mesmo impedidas nos períodos mais secos (PAREDES-TREJO *et al.*, 2021).

Neste contexto, o que se propõe é uma gestão mais efetiva no controle de sua utilização e um aprimoramento tecnológico e facilitador no monitoramento quantitativo do uso múltiplo das águas (ANA, 2011).

1.1 Problema

O sistema de medição de vazão de água adotado pela BEVAP Bioenergia é eficiente?

1.1 Objetivo Geral

Avaliar os benefícios ou ganhos de eficiência no uso da água e de produtividade para o produtor agroindustrial a partir da adoção de sistema de automação para medições de vazão, duração e volume das captações hídricas, da transmissão e armazenamento dos dados e o cruzamento dos dados das captações



com o outorgado.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Avaliar as vantagens de um sistema alternativo de medição e transmissão de dados de vazão, duração e volume das captações com a implantação de medidores de vazão eletromagnéticos e ultrassônicos e horímetro;
- Analisar uma plataforma que forneça informações do consumo de água captada nos cursos d'água aos gestores de forma transparente e eficiente, fortalecendo a governança da água e a gestão participativa dos usos;
- Avaliar alternativas de calibração e validação do sistema alternativo que forneçam confiabilidade e transparência ao monitoramento.

1.3 Justificativa

Como já descrito, a bacia hidrográfica do rio São Francisco tem grande área territorial, abrangendo sete estados, 503 municípios e parte do Distrito Federal, e abriga grande contingente populacional, evidenciando a importância da gestão adequada dos recursos hídricos desta bacia.

A crise hídrica, que atingiu todos os estados por onde corre o leito do rio São Francisco entre 2013 e 2019, representou um grave problema para os usos múltiplos. Desde o início da crise, a administração deste fenômeno foi muito complexa, porque as localidades das regiões mais altas da bacia buscavam armazenar o maior volume de água possível, mantendo seus reservatórios cheios, afetando os locais mais baixos da bacia, que sofriam com os efeitos da diminuição das vazões que prejudicavam captações de água para o abastecimento humano e para irrigação. Além desse fator, a crise deflagrou o crescimento do percentual de assoreamento do rio, intensificando a erosão e impactando na sobrevivência da fauna e da flora aquática, além dos prejuízos para a navegação (SILVA, 2017).

Constata-se, então, que a gestão de recursos hídricos de toda a Bacia do rio São Francisco é um desafio que afeta uma grande parte do país, mais precisamente 639.219,4 km², quase 8% do território nacional, onde o desperdício de água de uma parte prejudica as demais. Considerando-se que este rio atravessa estados onde



predominam as atividades agropecuárias e tem clima quente, com chuvas em períodos definidos, constata-se a necessidade de se buscar meios para reduzir o consumo através do controle do uso e do desperdício, com ênfase às empresas que mais precisam da água, tanto para cultivo, quanto para industrialização de sua produção, como no caso da empresa em estudo.

No momento atual, a BEVAP vive a busca por uma maior efetividade e eficiência dos seus serviços e recursos, mantendo-se coerente com os princípios da outorga, instrumento da Política de Recursos Hídricos cujo objetivo é assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água, garantindo ao usuário outorgado o direito de acesso a esta, regularizando o seu uso em uma bacia hidrográfica, atribuindo o dever do usuário em monitorar a vazão captada em seus pontos outorgados.



2 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A gestão de recursos hídricos pode ser definida como o conjunto de ações destinadas a regular o uso, o controle e a proteção dos recursos hídricos, em conformidade com a legislação e normas pertinentes. Integra projetos e atividades com o objetivo de promover a recuperação e a preservação da qualidade e quantidade dos recursos das bacias hidrográficas brasileiras e atua na recuperação e preservação de nascentes, mananciais e cursos d'água em áreas urbanas (CORAZZA, 2020).

O acesso aos recursos hídricos é direito de todos e objetiva atender às necessidades essenciais da sobrevivência humana e usos múltiplos da água. Na legislação brasileira (Lei 9433, de 1997), os recursos hídricos são considerados um bem público, de valor econômico, cuja utilização deve ser tarifada (SILVA, 2017).

Ainda segundo a Lei 9433, de 1997, a bacia hidrográfica é a unidade básica físico-territorial de planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos e seu gerenciamento deve ser feito de forma participativa e integrada, considerando seus aspectos quantitativos e qualitativos e as diferentes fases do ciclo hidrológico. O aproveitamento dos recursos hídricos deve ser feito racionalmente, de forma a garantir o desenvolvimento e a preservação do meio ambiente. O aproveitamento e o gerenciamento destes recursos devem ser feitos de forma a evitar efeitos adversos da poluição, da seca, das perdas de áreas cultiváveis, da falta de água para abastecimento de áreas urbanas e do assoreamento (PIAU, 2016).

2.1 Breve Percurso da Legislação Nacional

O primeiro instrumento legal que tratou da questão hídrica no Brasil foi o Alvará de 1804, modificado pelo Alvará de 1818, ainda no Brasil Colonial. Este instrumento institucionalizava que os rios navegáveis e caudais eram pertencentes ao reino e, para sua utilização, seria preciso a concessão do império português. Para o mesmo documento, as águas derivadas de rios e ribeiras podiam ser usadas por particulares, pela indústria e para irrigação (ROMANO *et al.*, 2006).

Mais adiante, a Constituição Republicana de 1891, tal qual anteriormente, manteve-se omissa quanto ao uso da água, sem trazer definições claras quanto ao direito e usos da propriedade dos rios. O estabelecido nessa ocasião, de acordo com o art. 34, §6º foi a atribuição, ao Senado Federal, da competência para legislar sobre



a navegação dos rios cujas águas banhassem mais de um Estado ou que alcançassem territórios estrangeiros (CAMPANHOLE; CAMPANHOLE, 2000).

No século seguinte, foi instituído o Código Civil, em 1 de janeiro de 1916, onde a questão hídrica foi tratada na parte denominada “Dos Direitos de Vizinhança do Uso Nocivo da Propriedade”. Do capítulo 563 ao 568, considerava-se que a utilização da água, enquanto bem essencialmente privado e de valor econômico limitado, era assegurada ao proprietário das terras onde as águas se encontravam, tendo sobre estas o usufruto, mantendo-se atento aos direitos de vizinhança. Consta-se aqui, a ausência de texto acerca da proteção às águas e de critérios amplos para o seu uso (BARBOSA, 2007).

No decurso do tempo, outros instrumentos foram criados para tratar do gerenciamento das águas, como o ocorrido no ano de 1933, quando a Comissão de Estudos das Forças Hidráulicas tornou-se Diretoria das Águas e, em 1934, foi agregada ao Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM. Outro destaque foi a criação do Código de Águas pelo Decreto Federal n.º 24.643, de 10 de julho de 1934, instrumento que consolidou a legislação básica das águas brasileiras (ROMANO *et al.*, 2006).

O Código de Águas – Decreto n.º 24.643, 10/07/1934 - foi um grande avanço para os juristas da época, constituindo-se um marco legal na gestão dos recursos hídricos do Brasil, proibindo a contaminação das águas e atribuindo penalidades aos infratores responsáveis por perdas e danos, instituindo multas e custeio de salubridade das águas onde fosse constatada a infração. Este código é considerado precursor do princípio de Poluidor-Pagador, vigente nas leis brasileiras atualmente. Também estabelece que o uso de água corrente ou de nascente é prioritário para abastecimento das populações e que a água pública necessita de concessão para ser utilizada na agricultura sem causar prejuízo para a navegação. Entretanto, enfatiza que os recursos hídricos se destinam às primeiras necessidades de vida humana e de animais. Neste mesmo documento trata-se de outros aspectos, tais como a força hidráulica, concessões, autorizações, desapropriação, fiscalização, navegação, águas nocivas, propriedade, domínio do solo e sua propriedade, aproveitamento das águas e outros (RIBEIRO, 2010).

Alguns anos depois, a Constituição Federal de 1946 alterou a dominialidade das águas, atribuindo à União o domínio sobre lagos e outras correntes de água em



seus terrenos, que banhassem mais de um Estado, que servissem como limite com outros países ou se estendiam a território estrangeiro. Além disso, conferiu aos Estados, os lagos e rios de domínio público e aqueles que tinham nascente e foz localizadas no território estadual. A Emenda Constitucional de 1969 reproduziu os termos da Carta Magna anterior, mantendo tal como estava (CAMPANHOLE; CAMPANHOLE, 2000).

Importante marco na gestão ambiental foi criado pela Lei nº 6.938/1981, a Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, instituindo o Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA, reforçando os princípios jurídicos que versavam sobre a proteção das águas, estabelecendo normas, critérios e padrões acerca do controle e qualidade do meio ambiente com uma ênfase expressiva para o uso racional dos recursos hídricos. O CONAMA incentivou a criação e estruturação de órgãos voltados para a gestão de recursos ambientais. Outro ponto importante foi o estabelecimento de parâmetros sobre a qualidade das águas, dispondo quanto à classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais classificatórias que norteiam o consumo de água de acordo com padrões de qualidade, estabelecendo as condições e padrões de lançamento nos afluentes (CONAMA, 2005).

Na Constituição Federal de 1988, a água foi concebida como recurso hídrico sem o domínio das “águas privadas” tal qual trazia o Código das Águas (HENKES, 2002). A Carta Magna estabelece quais recursos hídricos são administrados pela União, delineando-os em seu art. 20:

III – os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais.

Neste texto constitucional, a União administra os recursos hídricos localizados nas terras sob seu domínio e também os recursos hídricos interestaduais ou internacionais a partir da atuação da Agência Nacional de Águas. Acrescente-se que são bens dos Estados federativos brasileiros “as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;” (CF. 88, art. 26, I). Uma vez que as águas subterrâneas não são consideradas domínio da União, estão incluídos entre os bens dos Estados as águas subterrâneas circunscritas aos seus territórios, mesmo que se



estendam a diferentes Estados ou mesmo países, como é o caso do Aquífero Guarany que ocupa uma área de 1,2 milhões de quilômetros quadrados, estendendo-se pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina (HENKES, 2002).

Neste contexto, Cid Tomanik Pompeu esclarece que:

No campo hídrico, a União tem dupla competência: (I) cria o direito sobre as águas, quando legisla privativamente; e (II) edita normas administrativas sobre as águas de seu domínio”. Dessa forma, aos demais entes federativos resta a competência para legislar editando normas administrativas sobre a gestão de suas águas. De tal modo, ao constituir normas para a emissão de Autorizações ou Concessões para uso de recursos hídricos (Outorgas), um determinado Estado da federação brasileira está editando normas de segunda classe (POMPEU, 2010 *apud* SILVA, 2017, p.148).

Tratando do mesmo tema, a Constituição Federal estabelece a competência privativamente da União para legislar as águas, e o art. 29 da Lei nº 9.433, de 1997, define que:

Compete ao Poder Executivo Federal tomar as providências necessárias à implementação e ao funcionamento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; outorgar o direito de usos e recursos hídricos, regular e fiscalizar o uso na sua esfera de competência, implantar e gerir o Sistema de informações sobre recursos hídricos, em âmbito nacional; promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental. Por decreto, indicará a autoridade responsável pela efetivação de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos sob domínio da União (BRASIL, 1997).

Os Estados e o Distrito Federal outorgam dos direitos de uso dos recursos hídricos sob seu domínio, regulamentando e fiscalizando seus usos, fazendo o controle técnico das obras voltadas para oferta hídrica, implantando e gerindo o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos nos Estados e no Distrito Federal e promovendo a integração entre gestão de recursos hídricos e gestão ambiental. Mais detalhadamente [...] cabe à União legislar sobre o Direito das Águas, enquanto aos Estados e ao Distrito Federal cabe legislar meramente de forma administrativa”. Esta abertura aos Estados levou os governos estaduais a promover uma administração cabal nos rios cuja foz e nascente localizam-se em seu território, mesmo que esses rios desemboquem em outros rios, fluindo para outros estados (SILVA, 2017).

A partir da década de 1970 surgiram várias experiências pioneiras no Brasil voltadas para os recursos hídricos, com foco nas bacias hidrográficas, principalmente nas regiões Sul e Sudeste brasileiras, enfatizando a falta de uma lei federal que atendesse às demandas da sociedade. Nesse contexto, vários Estados brasileiros começaram a criar políticas próprias para gestão hídrica, tais como São Paulo (Lei nº



7.663/91), Ceará (Lei nº 11.996/92), Minas Gerais (Lei nº 11.504/94) e Rio Grande do Sul (Lei nº 10.350/94) (SILVA, 2017).

É importante comentar as experiências desenvolvidas pelo Ministério das Minas e Energia e pelo governo do Estado de São Paulo com foco na recuperação e melhoria da qualidade das águas que compõem as bacias do Alto Tietê e Cubatão, incentivando que outros modelos fossem criados, tais como o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas-CEEIBH, a criação de comitês em algumas bacias hidrográficas, como no rio Paraíba do Sul, São Francisco e no Ribeira de Iguapé, no ano de 1978. Entretanto, tais modelos não foram bem-sucedidos porque se basearam na estrutura burocrática do Estado sem considerar a participação da sociedade civil e dos usuários (CUNHA; COELHO, 2012).

No decorrer do tempo, o sistema de gestão de recursos hídricos paulista aprimorou-se, estabelecendo lei própria para gestão das águas (Lei nº 7.663, de 30 de dezembro de 1991), estabelecendo normativa e princípios gestores para os recursos hídricos, colocando-se como modelo para outros projetos maiores, como a Lei das Águas. A promulgação da Lei das Águas ocorrida em 8 de janeiro de 1997, pela Lei Federal nº 9.433, surgiu como instrumento de combate às deficiências qualitativa e quantitativa das águas no Brasil até a década de 1990, regulamentando o inciso XIX do artigo 21 da CF/1988, e também criando o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SINGREH (CUNHA; COELHO, 2012).

Sobre esta questão, complementa-se que:

Cabe ressaltar que uma das prerrogativas da Lei das Águas é o gerenciamento integrado dos recursos hídricos, o que está claramente fixado no inciso XIX do artigo 21 da Constituição Federal de 1988). Assim, adota-se a bacia hidrográfica como unidade de gestão, que é a unidade territorial para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e de atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos - SNGRH. Embora não haja referência constitucional expressa à bacia hidrográfica, ela foi considerada pela Lei das Águas, a partir do modelo de gestão francês como a unidade territorial para a implementação da PNRH e a atuação do Singreh (Lei nº 9.433/1997, art. 1º, V). Ademais, a Lei das Águas (nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997) instituiu o Conselho Nacional de Recursos Hídricos-CNRH (Lei 9.984, de 17 de julho de 2000, pelo Decreto nº 4.613, de 11 de março de 2003), que por sua vez tem competência para formular políticas nacionais de recursos hídricos e estabelecer diretrizes complementares à sua implementação e aplicação de instrumentos para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos-SNGRH (SILVA, 2017, p.150).

Os órgãos do SINGREH atuam de forma integrada e horizontal, conforme



Quadro 1, elaborado pela Agência Nacional das Águas - ANA (2012).

Quadro 1 - Composição do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH.

CNRH	Formulação e deliberação sobre políticas de recursos hídricos	Formulação de políticas governamentais	Apoio aos colegiados	Apoio Técnico (T) e regulatório (R)
Nacional	Conselho Nacional	Ministério do Desenvolvimento Regional	SNSH e ANA	ANA (T e R)
Estadual	Conselhos estaduais	Secretarias de Estado	Órgãos gestores estaduais	Órgãos gestores estaduais (T e R)
Bacia Hidrográfica	Comitês de bacia		Secretarias executivas ou agências de água	Agência de Água (T)

Fonte: ANA (BRASIL, 2012); Ministério do Desenvolvimento Regional (BRASIL, 2022).

Os órgãos que compõem o SINGREH funcionam de forma descentralizada e têm como atribuições as citadas a seguir:

Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH: organização da mais alta hierarquia do SINGREH tendo atualmente como secretário executivo o Ministro do Desenvolvimento Regional; formada por representantes dos ministérios do Governo Federal, membros designados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH) e representantes de usuários de água e organizações civis ligadas à gestão de recursos hídricos (BRASIL, 2012).

Comitê de Bacia Hidrográfica – CBH: de acordo com a Lei 9433, de 1997 é responsável pela solução de conflitos originados dos usos concorrentes dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas onde atuam; realizam a promoção e acompanhamento da implantação de Instrumentos de Gestão constantes da Política de Recursos Hídricos, com objetivo de assegurar água de boa qualidade e em quantidade para as demandas atuais e das futuras gerações (BRASIL, 2012).

Agência Nacional de Águas – ANA: instituída pela Lei 9.984, de 2000 sendo



regulamentada pelo Decreto nº 3.692, de 2000. Autarquia federal com responsabilidade de implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos que, por sua vez, é formulada pelo CNRH. Desde 2019, a ANA é vinculada ao Ministério do Desenvolvimento Regional, mas é independente financeira e administrativamente. Sua composição é de 10 superintendências funcionais responsáveis por administrar e implementar, sendo chefiada por um diretor-presidente e quatro diretores (BRASIL, 2012).

Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH) – compete a este, a condução do processo de formulação, revisão, implementação, monitoramento e avaliação da Política Nacional de Segurança de Barragens, da Política Nacional de Recursos Hídricos e seus instrumentos, dentre eles o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2022).

Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) – responsável pelo estabelecimento dos princípios e das diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos que devem ser observados pelo Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH) e pelos Planos Diretores de Bacias Hidrográficas. Cabe a este a aprovação da proposta do PERH, decidir os conflitos entre CBH, atuar como instância de recurso nas decisões desse comitê. Também deverá estabelecer os critérios e as normas gerais para outorga dos direitos de uso de recursos hídricos e cobrança pelo direito de uso de recursos hídricos (BRASIL, 2019).

A importância da Lei das Águas está na definição da água como um bem finito e dotado de valor econômico; e no estabelecimento de instrumentos para seu gerenciamento eficaz, onde as estratégias de formulação e negociação complementam as práticas de comando e controle tradicionais (RIBEIRO, 2010).

2.2 Política Nacional de Recursos Hídricos

A partir de 1988, a Constituição Federal prevê no inciso XIX do artigo 21, que cabe à União a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGERH) bem como a definição dos critérios de outorga, estabelecendo assim os precedentes para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos (BRASIL, 1988). Após tais publicações, as unidades da federação começaram a expedir normas para administração das águas de seu domínio, por meio de uma arquitetura político-administrativo de abrangência estadual que foi replicada pela maioria dos Estados



(CNI, 2022). As premissas previstas em 1988 só foram regulamentadas nacionalmente em 1997, por meio da Lei 9.433, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, expressando o anseio da sociedade brasileira em assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos, e que a sua utilização fosse feita de forma racional e integrada, atendendo aos usos múltiplos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável, e trabalhando na prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais (BRASIL, 1997).

O Art. 1º da Lei 9433, de 1997, estabelece como fundamento que a água é um bem de domínio público, sendo um recurso natural limitado, dotado de valor econômico e que sua gestão deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas (BRASIL, 1997). A Lei das Águas instituiu cinco instrumentos, sendo eles: o plano de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso, a cobrança pelo uso e, por fim, o sistema de informações sobre recursos hídricos, sendo os três últimos instrumentos de maior enfoque nesta pesquisa (BRASIL, 1997).

Dentre os cinco instrumentos, pode-se considerar a outorga de direito dos usos de recursos hídricos como o instrumento central de atuação no gerenciamento da água, com o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos, bem como o acesso de todos à água. Deste modo, conforme previsto no Art. 12 desta Lei, os usos da água associados às atividades desenvolvidas pelos usuários são passíveis desse instrumento, pois, muitas vezes, a água é um insumo no processo produtivo dos usuários (BRASIL, 1997).

A outorga de direitos de uso de recursos hídricos compete tanto ao Poder Executivo Federal, quanto aos Estados ou do Distrito Federal (BRASIL, 1997). Para as atividades desenvolvidas nesta pesquisa, onde a principal atividade é a irrigação para manutenção das atividades agrícolas, as outorgas de direito de usos são expedidas tanto pelo Poder Executivo Federal, por meio da ANA, para os usos consuntivos implantados em rios de domínio da União, quanto pelo Poder Executivo Estadual, através do IGAM, para os usos implantados em rios de domínio do Estado de Minas Gerais (RIBEIRO, 2010).

O regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como



objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água (BRASIL, 1997). A Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH nº 16, de 08 de maio de 2001, dispõe que a outorga de direito de uso de recursos hídricos é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado, previamente ou mediante, o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes (BRASIL, 2001).

A outorga não implica alienação total ou parcial das águas que são inalienáveis, mas o simples direito de uso de recursos hídricos condicionado à disponibilidade hídrica e ao regime de racionamento, sujeitando o outorgado à suspensão da outorga (COSTA *et al.*, 2021).

Considerando que o não cumprimento dos termos da outorga pode acarretar diversas penalidades (Arts. 49 e 50 da Lei 9433, de 1997) e até a suspensão parcial ou total do seu direito de uso (Art. 15 da Lei 9433, de 1997), e uma das premissas previstas por este instrumento é o monitoramento quali-quantitativo do uso outorgado, práticas eficazes e transparentes para implementação deste controle se fazem primordiais para a manutenção do direito de uso da água. Ainda nessa linha, o CNRH, por meio das competências a ele conferidas pelo Art. 13 da Lei das Águas, determinou por meio do Art. 31 da Resolução CNRH nº 16/2001, a obrigatoriedade de o outorgado implantar e manter o monitoramento da vazão captada, encaminhando ao outorgante os dados observados, conforme preconiza o ato autorizativo (BRASIL, 2001).

A cobrança pelo uso de recursos hídricos é outro instrumento alinhado ao objetivo de incentivar a racionalização do uso da água e reconhecê-la como um bem econômico. Para se implementar a cobrança, deve ser observado, na fixação dos valores, o volume de água retirado e seu regime de variação (BRASIL, 1997). Por fim, outro instrumento importante é o sistema de informações, que traz como princípios básicos a descentralização da obtenção e produção de dados e informações e a garantia de acesso a estes dados a toda a sociedade (BRASIL, 1997).

2.2.1 Conflitos pelo uso de recursos hídricos

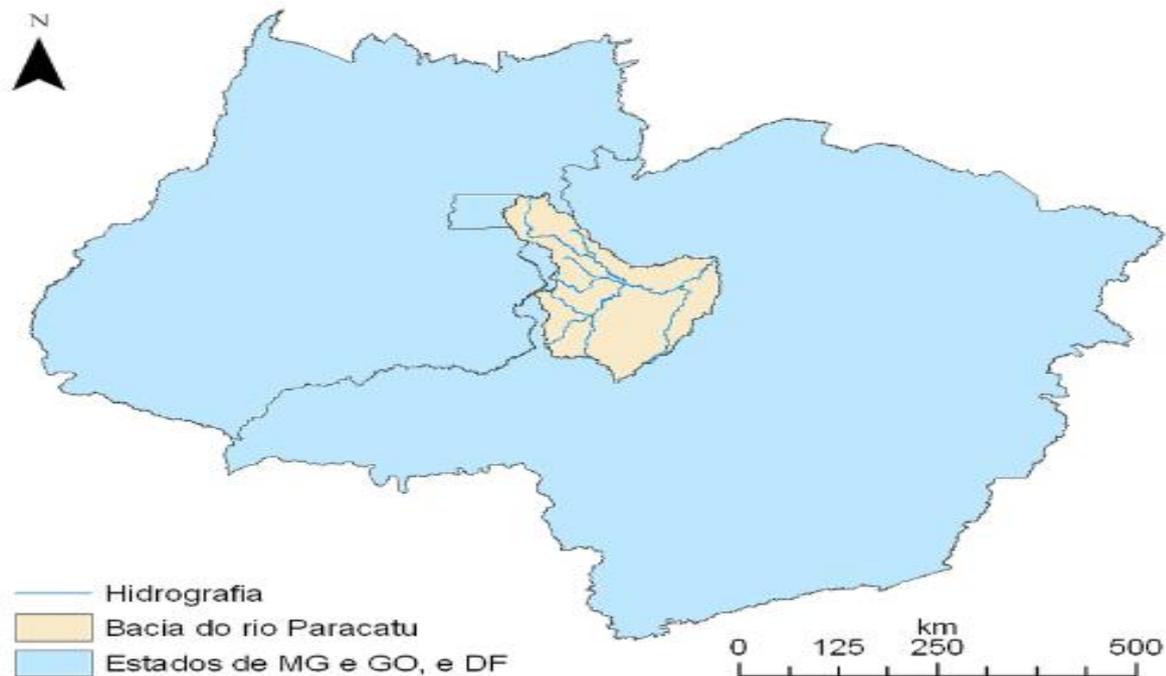
As ocorrências de conflitos pela água são consequentes do desequilíbrio entre demanda e disponibilidade hídrica e se apresentam cada vez mais frequentes,



levando à diminuição do abastecimento dos diversos usos. No Brasil, os conflitos já foram declarados em diversas bacias hidrográficas como consequência de situações de escassez hídrica. Considerando-se que os recursos hídricos disponíveis não apresentam distribuição hídrica homogênea, acontecem disputas motivadas pelos interesses por territórios possuidores de cursos de água superficial e subterrânea, hoje representando uma fonte de poder e controle socioeconômico dada sua escassez aliada ao crescimento populacional e, por consequência, de demanda (MONTEIRO, 2015).

O Brasil vem sendo afetado por períodos de escassez hídrica no decorrer das últimas décadas e, junto à alta demanda hídrica necessária para o consumo humano e para os vários usos necessários às atividades produtivas, algumas regiões foram colocadas em situação de conflito pelo uso da água (ANA, 2019), não sendo diferente na região da Bacia do Rio Paracatu (Figura 1), área onde predominam as atividades agrícolas.

Figura 1 – Localização da bacia do Rio Paracatu.



Fonte: ANA (2019).

A Bacia do Rio Paracatu possui 45.154 km², ocupando o lugar de maior bacia entre os afluentes diretos do Rio São Francisco. Na margem direita, as principais sub-bacias do Rio Paracatu são do Rio da Prata e Rio do Sono. À esquerda, tem-se as



sub-bacias do Rio Escuro, Rio Preto e Ribeirão Entre Ribeiros. O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu foi criado em 03 de novembro de 1998 através do Decreto Estadual nº 40.014, sendo composto por 24 titulares e 24 suplentes, constituídos pelo poder público, usuários de recursos hídricos e sociedade civil organizada (COSTA *et al.*, 2021).

A Declaração de Área de Conflito (DAC) é feita em situações nas quais a demanda de uso do recurso hídrico superficial é maior que o limite outorgável a fio d'água, condição que leva à configuração de uma situação de conflito, como encontra-se estabelecido pela Nota Técnica DIC/DvRU nº 007/2006 do IGAM, em Minas Gerais.

A declaração destas áreas de conflitos tem o objetivo de limitar o déficit hídrico na região onde a demanda para o uso da água é muito grande e continua crescendo devido ao desenvolvimento de áreas irrigadas. O uso intenso da bacia para o cultivo de áreas irrigadas contribuiu significativamente para diminuição expressiva da vazão do rio Paracatu, causando grandes conflitos (SOUZA; SANT'ANNA, 2020).

Atualmente, na área da bacia do Rio Paracatu, já foram declarados, pelo IGAM, conflitos em cinco cursos d'água: Ribeirão Entre Ribeiros, Córrego Boa Esperança, Córrego Engenho Velho e Rio Escuro, estes localizados no município de Paracatu; no município de João Pinheiro, foi declarado conflito no Rio da Caatinga (OLIVEIRA, 2021).

A primeira DAC refere-se ao Ribeirão Entre Ribeiros, curso d'água com conflito declarado pelo IGAM, no mês de abril de 2006. Em seguida, o mesmo aconteceu com o Córrego Boa Esperança, em junho do mesmo ano. Na Bacia do Ribeirão Entre Ribeiros tinham sido construídos vários barramentos para fornecer água para irrigação de lavouras e, além disso, as áreas da nascente estavam comprometidas, uma vez que havia utilização, em larga escala, da região para o desenvolvimento de atividades agrícolas. A situação de déficit hídrico nesta área foi consequência do enorme desenvolvimento da agricultura e consequente aumento de áreas irrigadas ocorrido depois dos incentivos governamentais iniciados ainda na década de 70 (IGAM, 2018).

As maiores constatações de consumo de água para irrigação ocorreram nas regiões oeste e noroeste, com maior destaque para o Ribeirão Entre Ribeiros e seus afluentes com 92% do volume; Rio Preto e afluentes com 85% do total; e no Ribeirão Santa Isabel, um dos afluentes do Rio Escuro, onde a lavoura consumiu mais de 93%



do volume total de água. Como agravante, na região, algumas áreas que eram naturalmente alagadas foram drenadas para dar lugar a mais áreas para pastagem e agricultura (SOUZA; SANT'ANNA, 2020).

O Rio da Caatinga é único curso d'água que não está localizado no município de Paracatu e teve sua declaração de conflito no ano de 2015. Foi constatado que o número grande de outorgas para a irrigação comprova que tal atividade é um fator decisivo para justificar o uso de volume expressivo de água, anteriormente disponível no curso d'água. Uma parte expressiva das várzeas que existiam na região do Rio da Caatinga mostra-se alteradas, continuando em processo contínuo de degradação por causa das atividades agropecuárias. Outro curso de água, o córrego Boa Esperança, teve sua DAC emitida em junho de 2006 e convalidada em janeiro de 2017. Esta região está inserida no bioma Cerrado podendo-se constatar imensas áreas destinadas a agropecuária e atividades de mineração (COSTA *et al.*, 2021).

O Córrego Engenho Velho, cuja DAC foi emitida em junho de 2008 depois do IGAM receber algumas solicitações de usuários para captar água com finalidade de abastecer suas atividades. Na ocasião, a análise realizada pelo órgão, averiguou que esta microbacia oferecia uma disponibilidade hídrica mínima naquelas áreas onde seriam instaladas as captações solicitadas. Constatou-se, também, que as solicitações não especificavam o tipo de uso para as captações pretendidas, mas foi possível observar, pelas outorgas solicitadas, que a maior parte eram para irrigação, o que enseja o maior conflito (OLIVEIRA, 2021).

A última sub-bacia é a do rio Escuro, declarado em conflito pelo IGAM em agosto de 2018. Em ocasião anterior, por ocasião da elaboração do Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paracatu, esta sub-bacia havia sido apontada como fortemente usada para a agricultura irrigada, existindo vários pontos de captação ao longo desse rio, considerado o mais importante da bacia do rio Paracatu (IGAM, 2018). Constatou-se que a drenagem do curso principal do Rio Escuro sustenta a irrigação de uma extensa área de plantio de eucalipto, além de existirem algumas regiões de agricultura irrigada nos cursos d'água menores, que desaguam neste rio (COSTA *et al.*, 2021).

Décadas atrás, nesta mesma região, se cultivava lavouras temporárias, principalmente por meio da agricultura de sequeiro. Com a evolução das tecnologias de produção agrícola que permitiram produção durante todo o ano, a agricultura



irrigada começou a ser responsável por uma produtividade muito superior, gerando mais riquezas para este setor, mesmo ocupando áreas menores, pois a irrigação permitiu que a produção fosse feita sem depender das estações do ano como era tempos atrás. Nesta área, o mapa de uso e ocupação do solo constatou que o desmatamento já atingiu quase toda a área, como consequência da implantação de maiores áreas de pastagem e cultivo (VILARINHO *et al.*, 2021).

2.2.2 Cobrança pelo uso da água

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos está fundamentada no Princípio do Poluidor Pagador (PPP), princípio financeiro, de caráter reparatório que, por sua vez, encontra-se amparado em recomendação do Conselho da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) de 1972, acerca das políticas ambientais que estabelecem a internalização dos custos originários do uso privado dos recursos naturais. No ordenamento jurídico nacional, o PPP está previsto no artigo 4º, VII da (PNMA), instituída pela Lei nº 6.938 em 31 de agosto de 1981, que estabelece que cabe ao agente poluidor a obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados ao meio ambiente, pela prática de atividade econômica. Deste princípio, decorre o Princípio do Usuário Pagador (PUP) para o qual é dever dos usuários o pagamento pela utilização dos recursos ambientais com finalidade econômica (SILVA, 2020).

Tanto a União quanto os Estados preveem a cobrança pelo uso de recursos hídricos. Pela União, foi instituída, primeiramente na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul no ano de 2003; em seguida, foi a vez da bacia hidrográfica dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ, em 2006; no Rio São Francisco isto ocorreu em 2010. Encontra-se implementada em seis estados: no Ceará, em 1996, seguido do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Paraíba, este último em 2015.

De acordo com a PNRH, a cobrança pelo uso da água está prevista na Lei nº 9.433, de 1997, alterada pela Lei 10.881/04, todos os recursos arrecadados por esta cobrança deverão ser repassados pela ANA para a Agência de Águas da Bacia onde se deu o recolhimento. Do total, 92,5% deve ser empregado em investimentos prioritários e 7,5% podem ser usados para o custeio administrativo da Agência ou entidade a ela equivalente, e para o respectivo comitê (ANA, 2020). Mais claramente,



sob esta perspectiva:

Essa cobrança não é um imposto ou tarifa cobrados pelas distribuidoras de águas na cidade, mas sim uma remuneração pelo uso de um bem público. Todos e quaisquer usuários que captem, lancem efluentes ou realizem usos consuntivos diretamente em corpos de água necessitam cumprir com o valor estabelecido (ANA, 2020, p.1).

É importante salientar que o valor a ser cobrado é calculado considerando-se a participação dos usuários, da sociedade civil e do poder público no contexto em que atuam os Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs). Um dos parâmetros adotados para definir estes valores é o impacto sobre os recursos hídricos: aquele que usa maior volume e provoca maior poluição dos corpos de água, paga mais do que aqueles que usam e poluem menos. Deve-se acrescentar que a ANA arrecada e repassa os valores das cobranças relativas aos recursos hídricos de domínio da União para a Agência de Água da Bacia ou para a entidade responsável pelas funções de agência de bacia, como integrantes do SINGERH (CNI, 2022).

Para a Confederação Nacional das Indústrias (2022) a cobrança pelo uso da água caracteriza a remuneração pela utilização de um bem público por entes privados como prevê o Código Civil de 2002 para o qual o uso comum de bens públicos pode ser gratuito ou valorado financeiramente. Da mesma forma, uma legislação bem anterior, o Código de Águas de 1934, já trazia a previsão de uso gratuito ou retribuído das águas, o que dependeria da regulamentação legal adotada pela circunscrição administrativa a qual pertencessem.

Outrossim, o princípio do usuário-pagador, consagrado na Lei que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente, enseja a cobrança pelo uso dos recursos ambientais com fins econômicos, o que, por igual modo, tem sido adotado como noção próxima à ideia da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Assim, a exigência de retribuição financeira pelo uso de recursos hídricos não constitui inovação do artigo 20 da Lei 9.433/1997. O caráter inovador desse diploma legal está em caracterizar esta cobrança como um instrumento de gestão, a ser aplicado em conjunto com os demais instrumentos, como os Planos de Recursos Hídricos (CNI, 2022, p.51).

Atribuir valor financeiro ao uso da água permite que os pilares básicos que sustentam esta cobrança sejam alcançados. O primeiro pilar, a promoção do reconhecimento da água como bem econômico representa uma compensação em dinheiro pelo uso privado de um bem que é público. O segundo pilar é representado pelo máximo 'real valor do bem', transformado, apenas, na substituição do valor econômico atribuído à água pelo cálculo de cotas relativas aos investimentos



necessários à manutenção das ações previstas no plano de bacia. O fato do Art. 1º da Lei 9.433, de 1997, atribuir reconhecimento de valor econômico à água, conceito básico dos fundamentos da PNRH, não contraria sua natureza de bem público de uso comum da população, nem infere características mercantis. Ao contrário, o que se busca é a conscientização dos usuários da água como recurso natural limitado que exige consumo racional e sustentável, considerando-se as várias demandas populacionais, seja para uso doméstico, agrícola, industrial, esportivo, no lazer, paisagístico, de navegação, produção de energia e outros mais (COSTA; ALMEIDA, 2018).

A Resolução 48, de 21 de março de 2005, instituída pelo CNRH, estabeleceu os critérios gerais para a cobrança pelo uso da água, esclarecendo que a mesma deve ser efetuada pelo órgão gestor de recursos hídricos, pela Agência de Águas ou entidade delegatária. A cobrança é operacionalizada por atos preparatórios ao pagamento pelos usuários; depois de calculado o valor, são enviados informativos, comunicados, boletos ou ainda outros instrumentos a serem pagos. A cobrança também prever a persecução legal dos devedores inadimplentes. Os recursos oriundos da cobrança serão encaminhados aos cofres públicos para repasse posterior às agências de bacia (CNI, 2022).

Quanto ao estabelecimento de valores, a Lei prevê que esta é uma competência dos Conselhos de Recursos Hídricos desde que baseados em propostas do CBH, tendo em vista a necessidade de manutenção das ações previstas nos planos de bacias.

No caso da compensação financeira de aproveitamentos hidrelétricos, a legislação estabelece a seguinte distribuição: 6,25% do valor da energia serão recolhidos pelos Estados, Distrito Federal e municípios em cujos territórios estiverem as instalações destinadas à produção de energia elétrica ou que tenham suas áreas invadidas por águas dos reservatórios destinados à produção energética – e a órgãos da administração direta da União; 0,75% destinam-se à Política Nacional de Recursos Hídricos e ao SINGERH como ordena o Art. 1º do Decreto 7.402, de 2010; 65% do total cabe aos municípios e 25% aos estados e Distrito Federal (COSTA; ALMEIDA, 2018).

É importante compreender que, assim como os Estados e Distrito Federal, os municípios recebem, também, parte do valor arrecadado com a compensação



financeira pelo uso da água pelo setor elétrico, constituindo mais recursos para aplicar no saneamento e na gestão hídrica, caso esta receita fosse vinculada a estes serviços. Como não há estabelecimento deste vínculo como instituto legal, grande é a perda dos órgãos gestores das bacias hidrográficas, responsáveis pela conservação ou preservação das mesmas (ANA, 2020).

No Estado de Minas Gerais, a cobrança é amparada legalmente pela Lei nº 13.199, de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos - PERH, e pelo Decreto nº 44.046, de 2005, que regulamenta especificamente os critérios previstos na legislação estadual. Mais recentemente, a cobrança foi formalizada pelas alterações das legislações anteriores, trazidas pelo Decreto Estadual 48.160, publicado em março de 2021. As principais alterações referem-se à base de cálculo considerando os dados de vazão outorgada e medida do exercício anterior, aos vencimentos dos Documentos de Arrecadação Estadual e na forma como este é disponibilizado. Por este decreto, o valor total a ser pago pode ser dividido em até quatro parcelas, cujos vencimentos se dão no último dia útil dos meses de julho, agosto, setembro e outubro do ano seguinte ao da utilização do recurso hídrico (IGAM, 2022).

2.2.3 Política de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais

O Estado de Minas Gerais implementou em 1.999 a PERH, por meio da Lei nº 13.199 que ratificou o previsto pela Lei Federal, e reconheceu os recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico, cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável (MINAS GERAIS, 1999).

Nesta linha, melhorar a gestão dos recursos, integrar e otimizar os usos atrelando ao aprimoramento de tecnologias que visam o aproveitamento e controle dos recursos naturais é, sem dúvida, o principal desafio para o sistema de desenvolvimento sustentável (CORAZZA, 2020).

A Lei estadual traz consigo o previsto pela Lei federal, complementado com dois novos instrumentos, sendo eles o rateio de custos das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo; e as penalidades (MINAS GERAIS, 1999).

O Artigo 4º, §2 do Decreto 47.866 de 19 de fevereiro de 2020, prevê que o IGAM, como entidade gestora do SERGH-MG, tem como atribuição o controle e



monitoramento dos recursos hídricos e a regulação do seu uso.

Quando interligado aos objetivos da Lei Estadual, quanto ao instrumento de informações sobre Recursos Hídricos, a obtenção e disponibilização dos dados da demanda de água por parte dos usuários de recursos hídricos por meio da telemetria, podem favorecer os objetivos do Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos e compatibilizados no Sistema Nacional, subsidiando a atualização permanente das informações sobre a demanda de recursos hídricos, e possibilitando o mapeamento e gerenciamento dos usos de forma descentralizada e com a participação de toda a sociedade (MINAS GERAIS, 1999).

No Estado de Minas Gerais, as concessões de outorga de direito de uso das águas preveem, como condicionante aos usuários, o monitoramento qualitativo e quantitativo do uso e dos recursos hídricos bem como a manutenção da vazão de referência a jusante das intervenções em recursos hídricos. O Capítulo II da Portaria IGAM 48, de 04 de outubro de 2019, detalha a metodologia dos sistemas de monitoramento de intervenções em recursos hídricos, exigindo que em cada intervenção, deva ocorrer a instalação de sistema de medição (instrumentos que permitam monitorar o volume de água captado) e horímetro, com a possibilidade de incluir como exigência o monitoramento automático com transmissão telemétrica de dados, mediante fundamentação técnica.

A Portaria prevê, ainda, que o usuário deve realizar medições diárias da vazão captada, do tempo de captação e do fluxo residual, armazenando estes dados em formato de planilhas impressas e por meio digital, facultando ao usuário a possibilidade de utilizar plataformas online para gestão e a disponibilização dessas medições, mantendo a obrigatoriedade do sistema de medição adotado na intervenção ser atestado por profissional legalmente habilitado, com a apresentação da Anotação de Responsabilidade Técnica – ART, expedida pelo conselho profissional competente (MINAS GERAIS, 2019).

2.2.4 Sistemas de irrigação da cana-de-açúcar

Implantar sistemas de irrigação em áreas cultivadas que tenham baixos níveis ou que ocorra uma distribuição irregular das águas pluviais representa um fator decisivo quando se almeja o aumento da produtividade. Em tais situações, a irrigação



tem capacidade para promover ganhos quantitativos e também qualitativos, colaborando, também, para uma maior garantia da produção (CAMARGO, 2012).

Para planejar como será feito o manejo da irrigação convencional a ser realizado nas propriedades rurais deve-se ter, como ponto de partida, a consideração ao clima. Em seguida, para cálculo da demanda hídrica para todo o talhão agrícola a ser irrigado, tem-se por base a evapotranspiração de referência (parâmetro agrometeorológico adotado para planejamento e manejo de irrigação) e o coeficiente de cultura (K_c), além dos coeficientes de ajuste como, por exemplo, o coeficiente de estresse hídrico (K_s). De posse destes dados, é possível gerar um valor médio para a lâmina de água a ser aplicada no talhão analisado (FINATTO *et al.*, 2013).

A irrigação pode ser realizada por alguns métodos sendo os mais comuns: a irrigação por gotejamento, por aspersão, por pivô central e micro aspersão. Qualquer que seja o método adotado, dependente da necessidade e viabilidade de cada plantio, é certa a promoção do aumento da produtividade das culturas e da longevidade de culturas perenes (VITTI, 2017).

No contexto da programação da irrigação voltada à cana-de-açúcar, são desenvolvidas estimativas precisas do volume de água a ser aplicado em cada irrigação, do intervalo existente entre as irrigações e, ainda, análises da condição de solo-planta-clima. Mais especificamente, na irrigação de culturas da cana-de-açúcar podem ser utilizados alguns enfoques distintos, são eles: a irrigação total; suplementar; com déficit; e irrigação de salvação (DINARDO-MIRANDA, 2016).

A irrigação total é usada quando todo o volume de água necessário para atender à demanda de uma cultura é aplicada por meio de irrigação. É considerada mais adequada às regiões áridas ou onde os níveis de chuva são insignificantes.

Para cálculo do projeto, considera-se a maior demanda diária que pode ocorrer durante o ciclo da cultura, ou seja, calcula-se a maior demanda hídrica potencial da cultura (FINATTO *et al.*, 2013).

Na irrigação chamada suplementar, a água é usada para atendimento da demanda evapotranspirométrica da cultura; uma parte dela é suprida pela irrigação e outra parte pelas chuvas. Assim, a água da irrigação suplementa o volume da precipitação até se conseguir atender a demanda da cultura em questão (CAMARGO, 2012).

A irrigação com déficit é utilizada quando a pretensão é atender apenas uma



parte da demanda hídrica da cultura, podendo ser realizada por meio da irrigação total ou suplementar. Esse enfoque pode ser adotado durante todo o ciclo da cultura ou apenas nas fases de déficit de água que não sejam consideradas críticas, podendo-se obter, nesse caso, menores níveis de queda na produtividade potencial (TEIXEIRA *et al.*, 2014).

A irrigação de salvação é considerada adequada somente quando planeja-se irrigar por um período curto ou em um determinado estágio do cultivo. Geralmente, são feitas duas ou três irrigações de 60 mm de água de cada vez: depois do plantio, para cana-planta ou depois dos cortes, para cana-soca (BELARDO *et al.*, 2015).

No cultivo da cana, a maior área irrigada refere-se à irrigação de salvação em grandes áreas por meio da aplicação de pequenas lâminas de irrigação, o que representa um consumo de água por unidade de área considerado baixo.

Entretanto, mesmo feita por pequenas lâminas, ao final dos cálculos, seu resultado é relevante uma vez que, em épocas críticas, favorece a rebrota da cana depois do corte, garantindo que o canavial tenha boa população de plantas para o próximo ciclo de plantio. Como vantagens da irrigação da cana, podem ser citados o aumento da produtividade, promoção da longevidade do canavial, melhores resultados dos atributos qualitativos, aplicação da vinhaça e maior segurança da produção considerando-se o déficit hídrico. Seja com uso de águas residuais ou não, torna-se favorável o planejamento do plantio e da colheita, melhor eficiência hídrica e aproveitamento de nutrientes (CAMARGO, 2012).

2.2.4.1 Métodos de irrigação da cana-de-açúcar

No método denominado irrigação localizada (Figura 2), a aplicação da água é direcionada diretamente na raiz da planta, o que exige um número maior de tubulações, comparado aos outros métodos de irrigação. Como vantagens, destacam-se a eficiência quanto ao uso de água, redução de mão-de-obra e das perdas por evaporação, além de maior produtividade da cultura. Por outro lado, as desvantagens são o alto custo de implementação do sistema e entupimento recorrente das tubulações (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Figura 2 - Irrigação localizada.



Fonte: Oliveira et al. (2012).

A irrigação por aspersão, ilustrada na figura 3, assemelha-se a uma chuva artificial, consistindo na aspersão da água com o auxílio de motobombas, aspersores e tubulações. Como vantagens, pode-se destacar a possibilidade de atingir uma grande área irrigada e a facilidade para utilizar terrenos não sistematizados. Em contrapartida, as desvantagens mais significativas são a facilitação de proliferação de doenças ocasionadas pela umidade das folhas, maior perda de água pela evaporação e pela movimentação do vento. Na irrigação por aspersão convencional, os aspersores podem ser portáteis, semifixos ou fixos, sendo necessária mão-de-obra para movimentar os equipamentos. Esse sistema pode ser comparado a uma malha e as tubulações são cobertas por terra (DINARDO-MIRANDA, 2016).

Figura 3 – Irrigação com uso de aspersores.



Fonte: Dinardo-Miranda (2016).

Na irrigação pelo sistema autopropelido é utilizado um único canhão (Figura 4) que se movimenta pela área plantada por meio de energia hidráulica, o que dispensa mão de obra. A energia hidráulica necessária para sua movimentação demanda um grande consumo de energia elétrica ou de diesel e significativas perdas a partir do vento. Pouco utilizado no cultivo da cana-de-açúcar, é composto de uma linha lateral que se movimenta ao redor de um pivô central, em círculos, sendo que a topografia do local é um ponto de limitação (VITTI, 2017).

Figura 4 - Sistema de irrigação autopropelido.



Fonte: Vitti (2017).

O método chamado de irrigação por superfície é executado pela movimentação da água sobre o solo, até alcançar as raízes da planta movendo-se pela força da gravidade, escoando entre as fileiras de plantas, conforme ilustra na figura 5. Como vantagens, podem ser destacadas o baixo custo operacional, uso de equipamentos simples e, dependendo da cultura a ser utilizada, os custos são, praticamente, insignificantes. O sistema para a irrigação por superfície é dividido em três modelos: irrigação por inundação; por sulco; e por faixa (VITTI, 2017).

Na irrigação por sulco, a água é filtrada, movimentando-se pelas laterais e no sentido vertical, para dentro do solo. Por faixa, a água é aplicada dentro da terra sendo necessária uma certa declividade; sua utilização é maior nas culturas cujas plantas fazem a cobertura de 100% da superfície do solo. No último tipo, por inundação, a água é mantida debaixo do solo no decorrer de todo o processo de cultivo (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Figura 5 - Irrigação por superfície por sulco.



Fonte: Oliveira *et al.* (2012).

2.3 Sistema de Medição de Vazão e Transmissão de Dados

Para se considerar uma medição de vazão confiável e precisa, além da instalação, operação e manutenção do sistema é preciso uma interpretação correta dos resultados, com fornecimento de medidas de vazão consistentes e confiável (ANA, 2019).

Considerando que há vários projetos inovadores que favorecem o convívio entre os seres humanos com o planeta, o fomento e investimento destes projetos são de suma importância por parte dos governantes, empresários e população para a produção sustentável, recuperação dos biomas, aumento das atividades produtivas de base florestal, saneamento básico e monitoramento dos usos e desastres ambientais (SANTOS, 2017).

A disponibilização de informações e seu acesso é uma estratégia-chave quando se fala em governança e gestão participativa das águas, não obstante muitas vezes o fornecimento de dados sem a devida informação de forma clara e objetiva acaba descaracterizando uma boa governança e assim dificultando a participação dos órgãos reguladores e o envolvimento da sociedade como ferramenta de controle e no conhecimento dos usos das águas (EMPINOTTI *et al.*, 2016).

Diferente dos monitoramentos dos fluxos residuais implantados ao longo das Bacias Hidrográficas, que visam monitorar a disponibilidade hídrica de cursos d'água, o presente estudo busca avaliar tecnologias que possibilitem monitorar a demanda



hídrica por parte dos usuários diretamente nas captações para os diversos usos, em especial a irrigação. Tal tecnologia permite monitorar o déficit hídrico em decorrência da demanda pelo uso, subsidiar o mapeamento do real uso da água, reduzindo a incerteza nos cálculos das outorgas a serem concedidas e os cálculos para cobrança, que passam a ser baseados pelo valor medido e não outorgado.

2.3.1 Medição de vazão de fluidos

Vazão é uma das grandezas mais utilizadas nas indústrias e suas aplicações são diversas, sendo aplicada desde na mais simples medição de vazão de água nas estações de tratamento e nas residências, até a medição de gases industriais e combustíveis. Dada a variedade, os equipamentos de medição são projetados e selecionados criteriosamente uma vez que a medição de vazão é diretamente ligada à gestão e à economia (DE JESUS, 2017).

Assim como no processo industrial, pode-se considerar a grandeza vazão de fluidos como uma das variáveis mais importantes no processo de irrigação, sendo a medição de vazão essencial a todas as fases de manipulação, desde a captação até a aplicação na cultura (ANA, 2019).

2.3.1 Tipos básicos de medição de vazão

Observando superficialmente, a medição de vazão de fluidos pode parecer algo simples e de fácil compreensão. Entretanto, este termo pode considerar a medição feita por qualquer um dos seis tipos de medição considerados mais frequentes, apontados e comentados a seguir: 1) medição de velocidade pontual; 2) medição da velocidade média; 3) medição do volume totalizado; 4) medição da vazão volumétrica; 5) medição da vazão mássica; e 6) medição da massa totalizada (SANTOS, 2013).

O primeiro tipo é a medição da velocidade pontual de escoamento de um fluido, feita por vários tipos de instrumentos disponíveis. Tais instrumentos são comumente chamados de anemômetros nas situações em que são utilizados em jatos livres de ar; denominados molinetes hidrométricos ou correntômetros (dispositivos para a medição de velocidades de fluxo de rios e efluentes industriais, permitindo



operação submersa por longos períodos de tempo sem necessitar de manutenção frequente); ou ainda medidores de inserção caso seu uso seja limitado ao interior de condutos forçados. Deve-se lembrar que a medição da velocidade pontual de um fluido em escoamento possibilita somente o cálculo da velocidade em um determinado ponto particular de uma seção transversal do conduto; desse modo, não é aplicável quando pretende-se inferir a vazão exata do fluido em escoamento (SANTOS, 2013).

O segundo tipo é pela medição da velocidade média (V_m) do escoamento de um determinado fluido em uma tubulação relacionada à vazão volumétrica (Q) e a área da seção transversal da tubulação (A), sendo calculada pela expressão: $V_m = Q/A$ (FRAGOSO *et al.*, 2014).

Entretanto, a velocidade média de escoamento de um fluido pode ser calculada de três maneiras: a) pelo cálculo da vazão volumétrica (Q) do fluido e sua área de seção transversal (A) do conduto; b) verificando a velocidade pontual (u) em vários pontos de determinada seção transversal e, depois, calculando-se a média ponderada apropriada; ou c) com menor exatidão, pode-se utilizar um sensor de inserção para medir a velocidade em um ponto com distância de $\frac{3}{4}$ entre o centro e a parede interna da tubulação, considerando-se que, em escoamentos totalmente desenvolvidos, a velocidade do fluido nesse ponto tem equivalência aproximada da velocidade média do escoamento (ALMEIDA *et al.*, 2010).

De outra forma, a vazão volumétrica (Q) de um fluido pode ser calculada como o resultado obtido da relação entre o escoamento de determinado volume (V) de fluido por um intervalo de tempo (Δt), ou seja: $Q=V/\Delta t$. É comum o uso da relação anterior fazendo a medição de determinado volume de fluido por determinado intervalo de tempo, apresentando resultados periódicos da vazão volumétrica. Podem ser citados os medidores de vazão projetados para apontar objetiva e continuamente a vazão volumétrica (Q) instantânea de um fluido, tais como os medidores eletromagnéticos, térmicos, rotâmetros e outros (PALHARES *et al.*, 2017).

Em seguida, tem-se a medição do volume totalizado feita por medidores projetados para indicar especificamente o volume (V) total de fluido que atravessa o medidor por determinado intervalo de tempo de medição. Geralmente, são chamados de medidores volumétricos ou totalizadores, especificação feita para diferenciá-los de outros tipos de medidores. O hidrômetro utilizado na medição de água residenciais é um exemplo popular desse tipo de totalizador (ALMEIDA *et al.*, 2010).



A medição da vazão mássica de um fluido (m°) em escoamento significa a passagem de uma certa massa (m) de fluido por um medidor no decorrer de um intervalo de tempo (Δt), sendo sua fórmula: $m^\circ = m/\Delta t$ (SANTOS, 2013).

Certos medidores de vazão são produzidos para apontar diretamente a vazão mássica do fluido que está sendo escoado, sendo denominados medidores mássicos ou, também, medidores mássicos verdadeiros. Nesta categoria estão incluídos os medidores do tipo Coriolis e os mássicos cujo funcionamento se dê por princípio térmico. De outra forma, a vazão mássica de um fluido (m°) pode ser calculada pela realização de várias medidas simultâneas da vazão volumétrica (Q) e da massa específica do fluido (ρ), pela seguinte equação: $M^\circ = \rho.Q$ (RICARDO *et al.*, 2012).

A medição da massa totalizada é possível pelo uso de medidores que são capazes de medir diretamente a massa total de fluido escoado em um determinado intervalo de tempo e, para calcular a massa (m) total do fluido escoado é necessário medir a vazão mássica instantânea do fluido (m°), integrando as medições no decorrer de um intervalo de tempo (Δt) definido, ou medindo o volume (V) do fluido escoado e a massa específica (ρ) média através da expressão: $m^\circ = \rho V$ (FRAGOSO *et al.*, 2014).

2.3.1.1 Tipos de medidores de vazão

Equipamentos adequados são essenciais em qualquer processo industrial onde haja movimentação de fluidos, uma vez que facilitam e acompanham os cálculos e o ritmo da produção, garantindo que tudo colabore para a produção desejada. Dentre todos os equipamentos, um ocupa lugar de destaque neste contexto, fornecendo dados precisos: o medidor de vazão, ferramenta que permite obter a medida de vazão de qualquer substância. As medições utilizam diversos princípios físicos, e dessa forma, podem ser efetuadas de muitas maneiras. A vazão, medida de grande impacto para a indústria, refere-se ao tempo que um certo fluido leva para escoar por um sistema (MELCHIOR, 2016). Considera-se que existam seis principais tipos de medidores de vazão de maior confiabilidade, conforme conceituados a seguir.

O primeiro tipo, chamado de medidor de vazão eletromagnético (Figura 6), também é conhecido como medidor de funcionamento por tensão induzida ou magnético, tendo funcionamento ligado à lei de Faraday. Nesse contexto, a regra aplicada à indução eletromagnética é uma das equações consideradas fundamentais

para o estudo do eletromagnetismo, permitindo a compreensão da interação entre campos magnéticos e circuitos elétricos que gerarão a força eletromotriz (ALMEIDA, 2010).

Figura 6 - Medidor de vazão eletromagnético.



Fonte: Almeida *et al.* (2010).

O medidor de vazão eletromagnético (Figura 6) é classificado como volumétrico, oferecendo um bom custo-benefício e sua precisão pode variar de +/- 0,2 a +/- 0,5%, sendo utilizado especialmente para líquidos, com poucas exceções para outros materiais. Quanto aos fluidos, estes devem ser, essencialmente, condutores com aterramento e padrão mínimo de condutividade de $5 \mu\text{S}/\text{cm}$ (FRAGOSO *et al.*, 2014).

Este tipo de medidor pode ser usado na medição de águas residuais, cervejas, ácidos, polpa e outros líquidos que tenham como base, a água. Comumente, é necessário um trecho reto a jusante e a montante para que o equipamento seja instalado. Existem modelos que funcionam sem esta exigência, mas perdem no quesito precisão (RICARDO *et al.*, 2012).

O medidor de vazão de área variável, chamado rotâmetro, ilustrado na figura 7, tem estrutura confeccionada em acrílico, vidro transparente e aço inox, composta por um tubo cônico transparente, onde são gravadas as graduações (SANTOS, 2013). Seu funcionamento baseia-se no princípio de flutuação: o fluido escoará pelo medidor onde está um flutuador mais pesado que o material, fazendo com que seu posicionamento dentro do fluido seja determinado pelo valor da vazão, ou seja, quanto

mais alta a medida, maior será a vazão. Também é capaz de medir líquidos, gases e ar (MELCHIOR, 2016).

Figura 7 - Rotâmetro.



Fonte: Melchior (2016).

A vantagem é ser uma solução barata e simples de se aplicar. Entretanto, suas desvantagens relacionam-se ao estado de subordinação à força da gravidade exigindo que o rotâmetro esteja constantemente disposto no sentido vertical, oferecendo ao fluido a passagem ascendente, e também de não poder ser usado junto a materiais corrosivos devido a sua confecção (PALHARES *et al.*, 2017).

O funcionamento de outro tipo de medidor de vazão, chamado ultrassônico (Figura 8), está baseado em dois princípios, o tempo de trânsito ou efeito doppler, este último de importância ímpar para os sistemas de radar e sonar. No uso industrial, a medição por efeito doppler, é iniciada pela emissão de raio ultrassônico em um meio líquido, originando espelhamento de uma parte da energia a ser registrada. O desvio gerado na frequência será mensurado pelo sensor (MELCHIOR, 2016).

Figura 8 - Medidor de vazão ultrassônico.



Fonte: Palhares *et al.* (2017).

Na medição de vazão por tempo de trânsito, ultrassônico, também conhecida por correlação cruzada, mede-se o intervalo de tempo entre a emissão e a recepção dos sinais. Enquanto o medidor eletromagnético precisa de meios condutores, o ultrassônico é voltado para os líquidos não-condutivos, com a vantagem de realizar a medição bidirecional, inclusive sendo capaz de identificar o sentido da vazão. Nos equipamentos instalados em linha, sua precisão pode variar entre +/-0,3 até 0,5% (SANTOS, 2013).

Com certeza o mais conhecido de todos, o hidrômetro ou contador de água, ilustrado na figura 9, é um instrumento que faz a medição do volume de água, sendo usado pela maioria das empresas responsáveis pelo saneamento básico, medindo o consumo dos clientes para, em seguida, emitir as contas, cujos valores variam de acordo com o volume consumido por cada um. O hidrômetro também permite calcular, aproximadamente, as perdas ocorridas entre as estações de tratamento de onde sai a água até sua distribuição (FRAGOSO *et al.*, 2014).

Figura 9 - Hidrômetro.



Fonte: Fragoso *et al.* (2014).

No abastecimento de cidades, o hidrômetro e a emissão de conta baseada no consumo, ajudam na conscientização dos consumidores sobre a utilização racional e responsável da água, evitando e corrigindo vazamentos e desperdícios. Além de hidrômetros para medição de água, também são fabricados outros, especiais para medir volume de água quente, leite, bebidas e produtos químicos no estado líquido.

O medidor de vazão mássica Coriolis (Figura 10) é considerado a solução mais completa e dispendiosa dos medidores de vazão. Este medidor consegue coletar dados relativos ao volume, densidade, massa, concentração e temperatura do líquido medido. Certos modelos, mais modernos, são capazes de medir a viscosidade dos fluidos (MELCHIOR, 2016).

Figura 10 - Medidor de vazão mássica Coriolis.



Fonte: Melchior (2016).

De modo geral, pode ser usado em sistemas que analisam vários tipos de líquidos, gases e vapores. Uma vez que esteja devidamente dimensionado, apresenta um nível de precisão sem comparativos. Esta tecnologia tem como base o princípio da mecânica de movimentos e o fluido tem de passar por um tubo vibrante cujas variações apresentadas na sua estrutura interna permitirão determinar a vazão mássica, ou seja, a cada vez que o líquido ou gás atravessa os tubos, é gerada a força de Coriolis. Em consequência, a aceleração introduz força de inércia proporcional à massa do fluido que está escoando (ALMEIDA *et al.*, 2010).

O último tipo, chamado medidor de vazão vórtex (Figura 11), é um equipamento que mede volumes e vazões de massa quando o objeto a ser medido são gases e vapor, explicando a presença frequente, em seu interior, de um sensor de temperatura. Os medidores deste tipo não fazem aferição a partir do zero, sendo

necessário adotar o coeficiente de Reynolds (número adimensional usado em mecânica dos fluidos para a determinação do regime de escoamento de um determinado fluido sobre uma superfície). O resultado obtido é proporcional à criação dos vórtices que permitem a medição, apresentando uma precisão significativa. Entretanto, para a instalação do equipamento, é exigida uma seção reta a montante e a jusante e o diâmetro da tubulação deve ser reduzido (RICARDO *et al.*, 2012).

Figura 11 - Medidor de vazão vórtex.



Fonte: Ricardo *et al.* (2012).

2.3.2 Sistemas de calibração e validação

Uma infraestrutura de qualidade nacional é essencial para eliminar barreiras comerciais e ajudar a promover o desenvolvimento sustentável tornando empresas mais competitivas, monitorando o mercado e protegendo o consumidor (GROCHAU, 2017). Em face da necessidade de se racionalizar a utilização dos recursos naturais, as indústrias têm investido na otimização de sistemas de captação, distribuição e recirculação de água, pois a legislação ambiental vem evoluindo e tornando-se menos tolerante com relação a desperdícios e má gestão dos recursos hídricos (DE JESUS, 2017).

Calibração é o nome dado a um processo de configuração de um instrumento que busca manter o resultado de medições para determinada amostra dentro de um intervalo estabelecido como aceitável. É feita a partir de uma comparação entre uma medida conhecida, chamada padrão, e a medição propriamente dita com uso do instrumento. De modo geral, estabelece-se que o padrão deve ter uma precisão dez vezes maior que a do dispositivo de medição testado. Entretanto, a taxa de precisão



de 3: 1 é aceita por grande parte das organizações de padrões (PALHARES *et al.*, 2017).

Ao realizar a calibração de um instrumento de medição, busca-se verificar a precisão do instrumento e determinar a rastreabilidade da medição (FRAGOSO *et al.*, 2018).

Por outro lado, a validação do equipamento tem objetivo de confirmar, de maneira detalhada e documentada, que aquele instrumento funciona com precisão, oferecendo evidências que comprovam que seus componentes contribuem fielmente para o funcionamento exato do equipamento e atendem, com consistência, às especificações exigidas e aos atributos operacionais pré-estabelecidos (SILVA, 2017).

A validação é composta pela identificação e quantificação de cada elemento relacionado ao resultado encontrado pelas medições analíticas realizadas, garantindo que um eventual mau funcionamento interno não traz prejuízos à qualidade do resultado (DE JESUS, 2017).

O protocolo de validação orienta todo o processo; é um plano detalhado e escrito no qual está expresso qual método foi utilizado para a validação tendo como principais fatores considerados: as características do produto, os parâmetros de teste, os equipamentos utilizados para produção e a identificação de quais estágios são decisivos para a definição do escopo dos resultados de teste aceitáveis (SANTOS *et al.*, 2013).

Quanto à calibração, esta deve estar de acordo com a gestão prevista na norma técnica NBR ISO 10012:2004 que aponta a importância do padrão como um elemento básico para garantir a rastreabilidade, não se restringindo apenas à necessidade de calibração dos padrões antes do seu uso, garantindo que determinado instrumento possa ser usado como padrão metrológico na indústria (ALMEIDA JUNIOR *et al.*, 2010).

Esta mesma norma define que todos os procedimentos executados para atender ao sistema de gestão de medição devem ser documentados e validados adequadamente, possibilitando que seja assegurada a implementação adequada, comprovando a consistência de aplicação, a validade e veracidade dos resultados da medição, exigindo a inclusão de práticas que almejem atender questões essenciais para possibilitar a rastreabilidade e a conformidade dos produtos e processos (MELCHIOR, 2016).



A norma técnica ABNT NBR ISO 5167:2008 é composta de quatro partes que abrangem a geometria e o método de utilização de placas de orifício, bocais e tubos Venturi, em situações de inserção em condutos forçados, com objetivo de definir a vazão do fluido e também sua incerteza. Esta norma é aplicada somente aos dispositivos de pressão diferencial nos quais o escoamento permaneça subsônico na seção de medição, quando o fluido pode ser considerado monofásico, não se aplicando à medição de escoamento caracterizado como pulsante. A norma trata dos dispositivos que tenham passado por experimentos de calibração direta em número, amplitude e qualidade consideradas suficientes para permitir que sejam aplicados sistemas coerentes e também estabelecer coeficientes considerando os limites previsíveis de incerteza (PALHARES *et al.*, 2017).

A norma técnica ABNT NBR ISO 5167-2 (2008) traz especificações acerca da geometria e do método de utilização, considerando tanto a instalação quanto as condições de operação de placas de orifício caso estas sejam instaladas em condutos forçados para determinação da vazão de fluidos cujo escoamento se dê através de tubulação (SILVA, 2017).

2.3.3 Telemetria na gestão de recursos hídricos

A telemetria é uma tecnologia que permite a medição de dados remotamente por uma central de monitoramento que os envia para uma central de informação. Como significado tem-se “Tele: de forma remota; “Metria”: medição. Aplicada à gestão de recursos hídricos, permite o gerenciamento de corpos d’água, sejam eles superficiais ou subterrâneos, por meio da coleta e transmissão remota dos dados coletados (MARQUES; ENSSLIN, 2003).

Dessa forma, telemetria significa medir qualquer grandeza à distância de maneira rápida e com segurança. Devido à exigência de rapidez, uma das técnicas mais comuns usadas pela telemetria é a comunicação sem fio, processo onde a troca de informações encontrou grande campo de atuação na área industrial, tecnológica e agrícola, tendo seu uso expandido para outras áreas, tais como o automobilismo, aviação, indústrias e agricultura (BARBOSA, 2012).

Conforme já descrito, esta tecnologia tornou-se exigência para a concessão de novas outorgas no estado de Minas Gerais após a publicação da Portaria nº 48, do



IGAM, no mês de outubro de 2019 (ANA, 2019).

A medição de água realizada por meio da telemetria é um processo simplificado e vantajoso quando é feita em um conjunto de medidores de vazão individuais, permitindo a visão detalhada do consumo de água para cada usuário. Através deste tipo de monitoramento, os dados apurados são enviados em tempo real para a empresa responsável pelo monitoramento do consumo mensal, sem necessitar de intervenção de leituristas ou outras pessoas que realizem tal função (ALEGRE *et al.*, 2009).

Com a adoção da medição de água por telemetria, torna-se possível reduzir o consumo de água, pois torna-se mais fácil descobrir vazamentos pelo monitoramento em tempo real. Assim, o investimento dá retorno em pouco tempo, tendo em vista o baixo consumo de energia. Outras vantagens são a cobertura ampla, irrigação mais precisa, gerenciamento remoto em tempo real, possibilidades de implantação de estratégias de irrigação baseadas em tempo e volume, opções de gatilhos de alarme personalizados e fácil implantação (MACHADO *et al.*, 2009).

Um bom exemplo de novas tecnologias que contribuem para o manejo da irrigação ocorreu no mês de maio de 2020, quando a ANA concretizou uma parceria com a Universidade Federal do Tocantins com objetivo de implementar o monitoramento remoto de captações de água no rio Javaés (TO) com uso da telemetria de vazões medidas. Com este tipo de monitoramento automático das vazões, tanto a ANA quanto os usuários passaram a acompanhar, com maior segurança, o volume da água retirada do rio Javaés, levando ao cumprimento de regra operativa especial em vigor desde 2013. Por este instrumento, será possível acompanhar em tempo real, diretamente da sede da ANA, as captações de água feitas por 10 usuários que utilizam um grande volume deste recurso da bacia, totalizando 23 pontos de captação. O trabalho foi desenvolvido pela elaboração de diagnósticos relativos às características dos usuários, orientando-os acerca da instalação de equipamentos adequados e uso de plataforma para recepção de dados coletados (MAGRIN, 2020).

De acordo com o modelo escolhido, pode-se detectar irregularidades, disparando alarmes via SMS ou E-mail para a equipe que faz a manutenção, diminuindo prejuízos e, por consequência, aumentar a produtividade (MARQUES; MONTEIRO, 2003).



2.3.3.1 Interface de Programação de Aplicação - API

As inovações contínuas representam uma das principais características da era contemporânea, denominada era digital, na qual a automação é um caminho trilhado por quase todas as empresas que têm objetivo de se destacar no mercado. Nesse contexto de ênfase na tecnologia, a integração via Interface de Programação de Aplicação (*Application Programming Interface*) - API possibilita que as empresas otimizem a adaptação de seus sistemas, tornando essa ferramenta uma ponte que liga as inovações às organizações (MULESOFT, 2020).

As novas tecnologias são conhecidas por ofertarem comodidade, conforto, rapidez e praticidade, enfatizando que o quesito velocidade é incomparável de tal modo que, anos atrás, não se acreditava em tal evolução. Entretanto, atualmente, são cotidianas e essenciais, podendo-se exemplificar os conhecidos aplicativos de delivery, aplicativos de rotas (quando há pouco tempo eram usados os GPS) e muitos outros. Nota-se os inúmeros benefícios que a tecnologia via API pode proporcionar a todos, pessoas ou empresas (SANTOS, 2020).

A API é um apanhado de instruções, rotinas e padrões de programação organizado em conjunto, possibilitando construir uma interface inteligente, tornando-se o meio pelo qual dois sistemas constroem uma interação. Por meio da integração via API os dados são compartilhados entre sistemas distintos, permitindo que tarefas automatizadas possam ser definidas previamente. A medida em que uma determinada informação de um sistema é obtida, automaticamente, outra ação é iniciada. Genericamente, uma integração via API é utilizada para que os aplicativos interligados pela internet possam conversar entre si, sem que haja necessidade de intervenção humana para abastecimento e atualização desses dados (MELO, 2021).

Pela citação abaixo, torna-se fácil compreender:

Quando você usa um app em seu celular, ele se conecta à Internet e envia dados para um servidor. Em seguida, o servidor recupera esses dados, interpreta-os, executa as ações necessárias e envia-os de volta para seu telefone. O app interpreta esses dados e apresenta as informações que você solicitou de maneira legível. Todo esse processo ocorre por meio de uma API (MULESOFT, 2020).

Muitos são os benefícios desse tipo de integração, denominada via API, tornando possível facilitar as rotinas de trabalho dentro de uma organização. Entre as



tarefas facilitadas pela aplicação desta integração, podem ser citadas ações como preenchimento automático de planilhas, lançamentos contábeis, atualização de endereços e outros dados, emissão de notas, envio de e-mails e outros mais (SANTOS, 2020).

Além disso, alguns benefícios são notórios nas vivências da empresa, como: menos gastos com custos operacionais na área de TI, facilitação de gerenciamento de diversos processos; a integração de setores como vendas, marketing e logística, e muito mais segurança das informações. Entretanto, o ponto forte é a melhoria na comunicação de modo geral, pois a API recebe e transmite os dados da empresa, facilitando a comunicação entre todos os setores, otimizando o aproveitamento de todas as informações que são importantes para a organização (FABRO, 2020).

Em âmbito externo, uma vantagem largamente apontada refere-se ao fato de que, com a implementação de um sistema de integração via API, promove-se um fortalecimento no aumento da fidelização dos clientes uma vez que esta oferece meios de customizar os sistemas de modo a agradar cada tipo de cliente, impactando na fidelização dos clientes e, por consequência, na produtividade de forma positiva (MELO, 2021).

Quanto aos tipos, é interessante saber que existem três tipos de APIs, quais sejam:

- privadas: são aquelas utilizadas nas aplicações de uma empresa ocorridas em seu ambiente interno;
- parceiros: são utilizadas entre parceiros de negócios;
- públicas: são aquelas utilizada livremente.

Atendendo à diversidade de demanda existente, existem várias variações de API, pois estas são criadas para atender a objetivos específicos, podendo apresentar várias linguagens e diferentes arquiteturas de programação implementadas (MELO, 2021).



3 METODOLOGIA

Este tópico apresenta as informações pertinentes à estrutura metodológica da pesquisa. De tal modo, apresenta-se, num primeiro momento, a classificação da pesquisa, a abordagem adotada e os métodos selecionados com vistas à resposta da questão-problema, anteriormente delimitada. Em seguida, aborda-se o tipo e descrição da pesquisa, bem como os instrumentos e procedimentos utilizados.

3.1 Tipo e Descrição Geral da Pesquisa

A pesquisa pode ser classificada de acordo com diversos critérios: a) do ponto de vista da sua natureza, tem-se pesquisa básica ou uma pesquisa aplicada; b) do ponto de vista da forma de abordagem do problema pode ser uma pesquisa qualitativa ou uma pesquisa quantitativa; c) do ponto de vista de seus objetivos, pode ser exploratória, descritiva ou explicativa; d) quanto aos procedimentos técnicos, pode ser: bibliográfica, documental, experimental, levantamento, estudo de caso, pesquisa ação ou pesquisa participante (GIL, 1991).

Quanto à abordagem a pesquisa se classifica como quali-quantitativa. Quanto à sua natureza, a pesquisa é classificada como aplicada. Quanto aos seus objetivos, a pesquisa classifica-se como exploratória e descritiva. Em relação aos procedimentos técnicos, será realizado um estudo de caso, conforme a figura 12.

Figura 12 - Classificação da pesquisa.



Fonte: Modificada de Gil (1991).

Uma vez descrita a classificação geral e a natureza dessa pesquisa, faz-se necessário descrever os procedimentos técnicos adotados e suas etapas de



aplicação, tratados no tópico seguinte.

3.2 Caracterização do Empreendimento

A Bioenergética Vale do Paracatu S.A é um empreendimento voltado para a destilação de álcool, fabricação e refinação de açúcar e geração de bioeletricidade, usando como matéria-prima, a cultura da cana-de-açúcar. Dentre as áreas com canaviais, existem aquelas usadas para fornecimento de matérias-primas, adquiridas por meio dos contratos de fornecimento de cana, e as de arrendamentos e parcerias agrícolas, totalizando 31.082,57ha, sendo que essa área varia conforme a vigência dos contratos e novas negociações. Enquanto os contratos de fornecimento de cana, que representam 9.481,57 ha, têm como premissa a gestão da cultura por parte dos proprietários; já os arrendamentos e parcerias estabelecem que a administração de todas as atividades inerentes ao manejo da cultura, como preparo de solo, plantio, tratos culturais e irrigação são de responsabilidade da BEVAP. Mais especificamente, a presente pesquisa foi desenvolvida apenas nas áreas de gestão e administração da BEVAP (arrendamento e parceria agrícola), entretanto, pode ser replicada a outras áreas.

Os arrendamentos e parcerias são constituídas por 17 fazendas que compõem 61 matrículas, com um total de 21.601 hectares localizadas nos municípios de João Pinheiro, Brasilândia de Minas, Paracatu e Unaí, todas localizadas no noroeste do Estado de Minas Gerais (SEMAD, 2019).

A principal atividade desenvolvida nas fazendas do complexo agrícola é a cultura de cana-de-açúcar, com etapas de plantio, tratos culturais, irrigação, corte colheita e transporte. Este produto apresenta-se como a principal matéria-prima a ser fornecida para o complexo industrial; indústria responsável pela produção de álcool etílico, açúcar e bioenergia (SEMAD, 2019).

O empreendimento está inserido no bioma do cerrado, encontra-se implantado em área antropizada, havendo remanescentes de vegetação nativa apenas nas áreas de Reserva Legal (RL), nas Áreas de Preservação Permanente (APP) e nos locais destinados à compensação ambiental (EIA, 2016).

A operação do complexo agrícola da BEVAP funciona, ao longo de todo o ano, em regime de três turnos com escala de cinco para um, ou seja, cinco dias trabalhados para um dia de folga. As atividades desenvolvidas nesses turnos são: irrigação,



colheita, transporte da cana-de-açúcar, manutenção e tratamentos culturais (SEMAD, 2019).

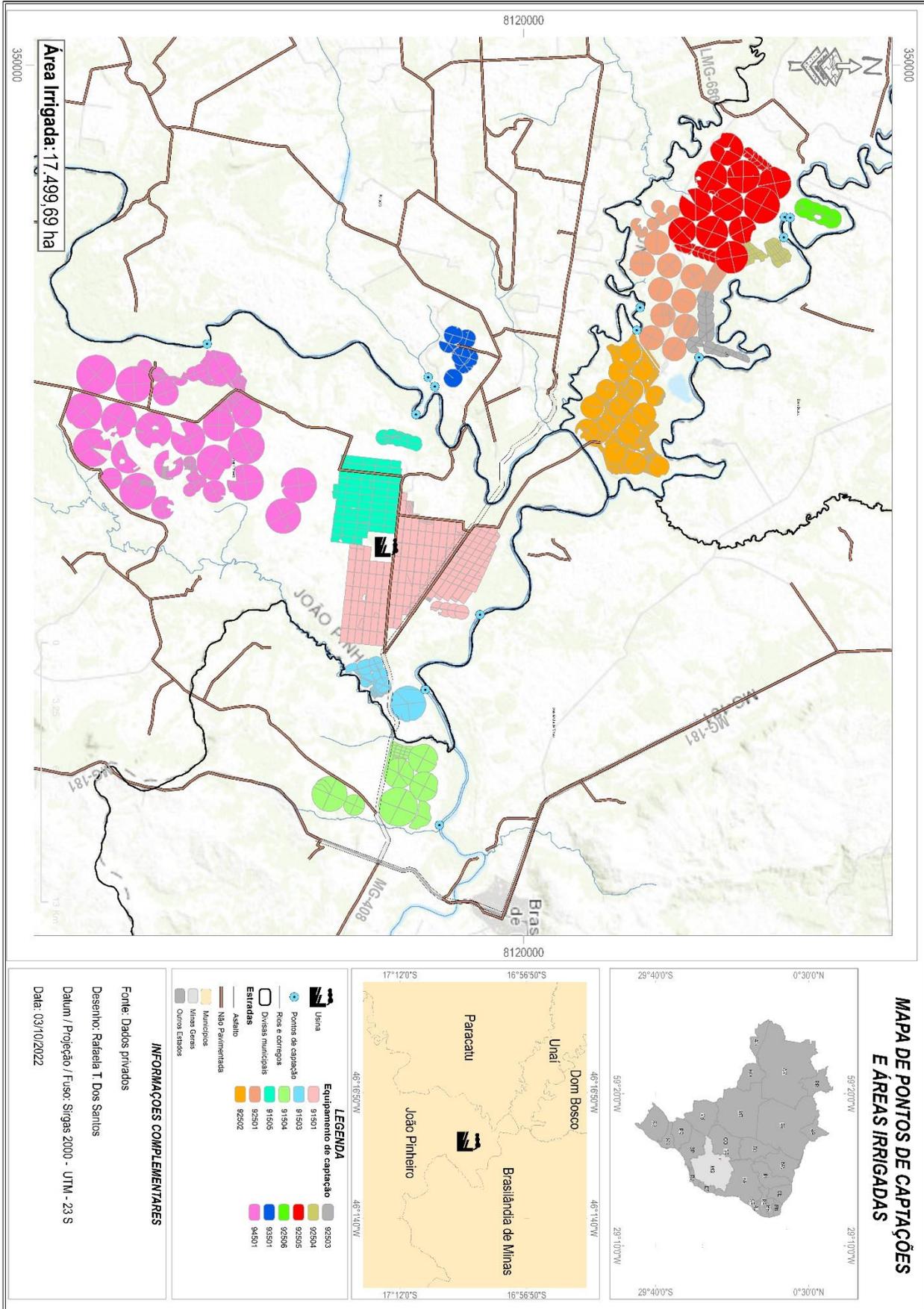
O complexo agrícola, objeto da presente pesquisa, é abastecido por rios da Bacia Hidrográfica do São Francisco: rio Preto (Unai), Entre Ribeiros (Paracatu) e Paracatu (divisa dos municípios de Paracatu, Brasilândia de Minas e João Pinheiro), afluentes do rio São Francisco. A BEVAP possui quinze pontos de captações de água com 48 bombas instaladas ao longo do projeto agrícola (Figura 13).

O monitoramento das vazões captadas até o mês de março de 2021 era feito por meio de apontamentos manuais pelos operadores de pivô, em cadernos que, mensalmente, eram entregues à Central de Operações Agrícolas - COA para transcrição em planilhas em Excel; tal metodologia de apontamento tornava o processo obsoleto e sem possibilidade de gestão sobre os dados, uma vez que o volume de dados desprendido para chegar à vazão captada é extremamente alto. Outro ponto a se destacar é que, quando as informações chegam à central COA, os dados de vazão estão obsoletos, sem poder de ação preventivo da administração.

Na figura 14, tem-se a visão, via satélite, dos cursos d'água instalados ao longo do complexo agroindustrial objeto de estudo. Através das linhas em azul ilustra os pontos de captação monitorados e os pontos de captação instalados ao longo da bacia hidrográfica ao qual foram utilizados como objeto de estudo, sendo os códigos denominativos de cada captação identificados próximos ao ponto verde.

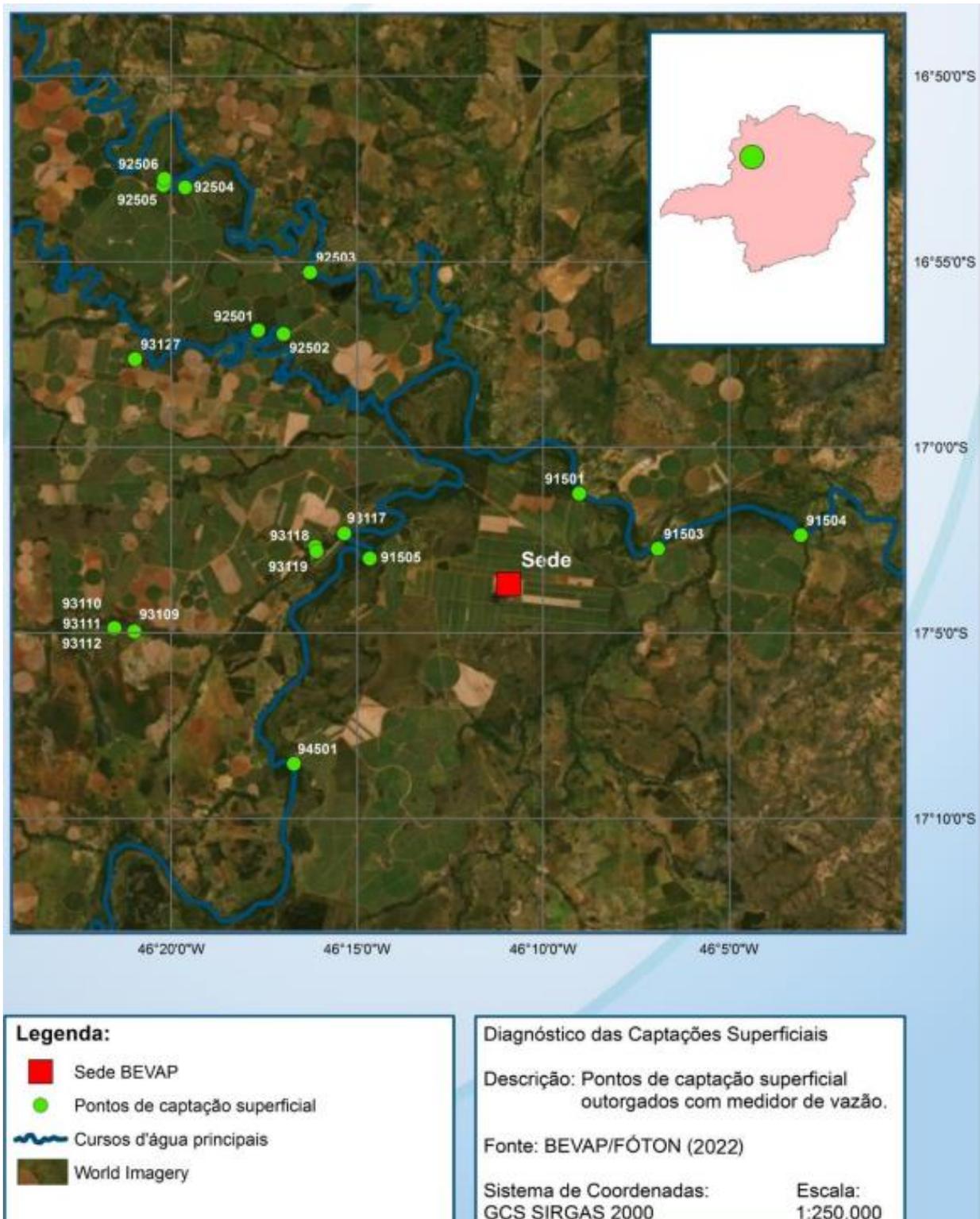


Figura 13 - Localização dos pontos de captação da BEVAP Bioenergia.



Fonte: BEVAP Bioenergia (2021).

Figura 14 - Pontos de captação instalados para monitoramento e gestão da demanda hídrica.



Fonte: BEVAP (2022).

É estratégica a melhoria do sistema de monitoramento das vazões captadas nos usos consuntivos da Usina BEVAP, adaptando às estruturas de medição



instaladas, em todas as captações outorgadas uma infraestrutura de alimentação e transmissão dos dados de vazão, além de um moderno sistema de monitoramento remoto das captações. O armazenamento e a disponibilização das leituras de volume, duração e vazão pode vir a contribuir não apenas para a melhoria da eficiência hídrica e energética da companhia, mas possibilitarão também o acompanhamento pelos órgãos reguladores, comitês de bacia e demais interessados, proporcionando, assim, uma gestão transparente sobre os dados de captação e consumo da água no setor agroindustrial.

3.3 Instrumentos e Procedimentos para Coleta e Análise de Dados

Para atingir o primeiro objetivo específico foram feitos estudos bibliográficos e pesquisa documental.

Como premissa, o sistema de automação e telemetria deve ser adaptado ao sistema de medição já implantado nas captações (medidores de vazão eletromagnéticos e ultrassônicos e horímetro, que afere a quantidade acumulada do tempo de funcionamento de um equipamento ou sistema), com possibilidade de adaptação da transmissão de dados por meio de diversas modalidades, conforme disponibilidade da região (3G, internet ou satelital) e atender a critérios de monitoramento, como, por exemplo, os estabelecidos as seções I e II, artigos 15 e 16 do Capítulo II da Portaria IGAM 48/2019.

Seção I

Da implantação de sistema de medição para monitoramento de corpos de água superficial

Art.15 – Deverá ser instalado sistema de medição imediatamente após o último usuário de jusante, inserido em outorga coletiva de direito de uso dos recursos hídricos, para monitoramento de fluxo residual mínimo, em conformidade com o percentual estabelecido na outorga concedida.

§ 1º – O sistema de medição de trata o caput deverá, preferencialmente, realizar medições de forma automática com transmissão telemétrica de dados;

§ 2º – Para as demais intervenções a instalação de sistemas de monitoramento do fluxo residual mínimo deverá estar expressa como condicionantes na respectiva portaria de outorga.

§ 3º – Aplica-se aos sistemas de medição de que trata o caput os dispostos nos arts. 18 e 19.

Seção II

Da implantação de sistema de medição para monitoramento de intervenções em recursos hídricos

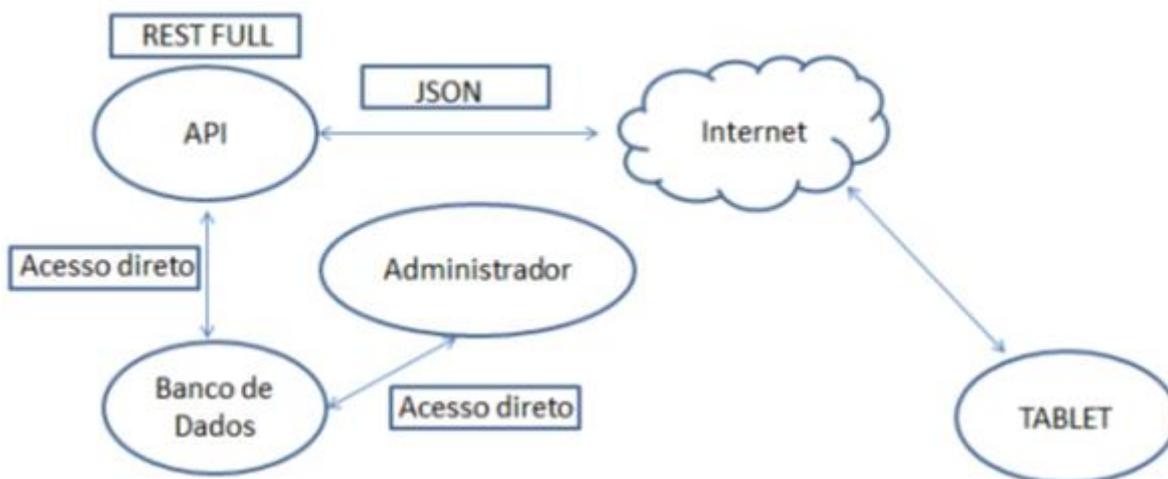


Art. 16 – A instalação de sistema de medição e de horímetro deverá ser realizada individualmente para cada intervenção em recursos hídricos.
 § 1º – Entende-se por sistema de medição de recursos hídricos, o conjunto de instalações, equipamentos, acessórios, instrumentos e dispositivos que registrem e permitam o monitoramento dos volumes de água retirados ou o método de medição de vazões com eficiência técnica devidamente comprovada.
 § 2º – O sistema de medição a que se refere o caput não estará sujeito à regularização de forma independente da intervenção em recursos hídricos.
 § 3º – O IGAM, mediante fundamentação técnica, poderá estabelecer monitoramento automático com transmissão telemétrica de dados.

Seguindo essas premissas, inicialmente, foi proposto o desenvolvimento de um sistema de armazenamento e manipulação dos dados captados pelos horímetros e medidores de vazão, utilizando as ferramentas Microsoft Visual Studio 2019 – Versão 16.0.2 IED para o desenvolvimento do software, o c# para a linguagem de desenvolvimento/ programação com o código de interação com a máquina (*backend*) e o Razor como código de interação com o usuário (*frontend*).

Já para a comunicação entre os ambientes (*backend e frontend*) seria utilizado o framework.net, o banco de dados elaborado pelo SQL server 2012 com armazenamento interno e a alimentação dos dados seria por tablets com sistema android app, utilizando o aplicativo de linguagem de programação html5 – Java script; Apache Cordova como framework, Apache 2.0 license e o banco de dados de permanência temporária pelo sqlite, conforme demonstrado na figura 15.

Figura 15 – Proposta Inicial de Metodologia de Comunicação do Sistema.



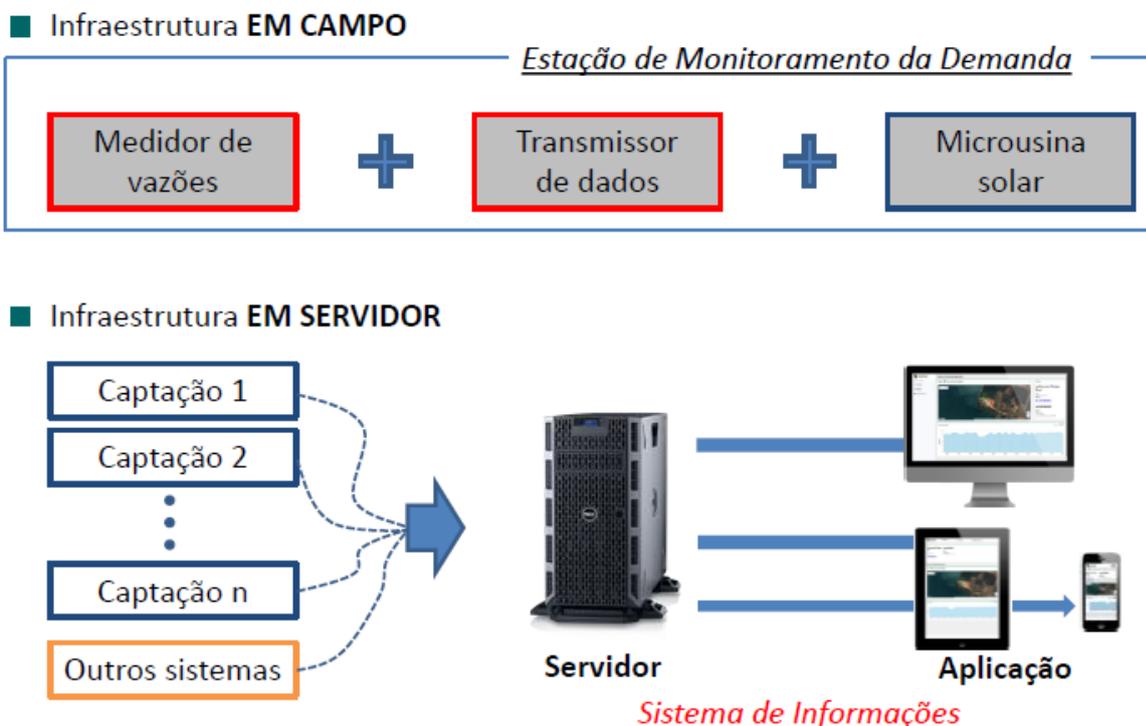
Fonte: Modificada de Bevap (2022).

Posteriormente, baseado nas premissas acima expostas, identificou-se que o

sistema disponível no mercado que melhor se enquadrou ao projeto foi a ferramenta denominada Gestão de Alto Nível – GAN, desenvolvida pelo Instituto de Atenção às Cidades da Universidade Federal do Tocantins – IAC/UFT para atender uma crise hídrica que ocorreu no rio Formoso, no estado do Tocantins em meados de 2016 (MARQUES *et.al.*, 2021).

O sistema GAN do IAC/UFT é uma evolução na gestão dos recursos hídricos ao reduzir as incertezas sobre a quantidade de água disponível e demandada, ao promover o uso sustentável das águas e garantir a segurança hídrica das atividades econômicas. O GAN é composto por uma infraestrutura física em campo (micro usina solar, medidor de vazão e transmissor de dados) e um sistema de informações on-line com acesso via portal espacial ou via aplicativo para smartphones, conforme demonstra-se na figura 16 (IAC/UFT, 2020). Dessa forma, optou-se por implementar um sistema semelhante de telemetria com a configuração do GAN, ao invés do inicialmente preconizado com tablets (ilustrado anteriormente na figura 15).

Figura 16 - Infraestrutura do sistema a ser implantado.



Fonte: IAC/UFT (2020).

Para atingir o segundo objetivo específico foram levantadas informações gráficas e em formato de tabela, obtidas no sistema GAN, que possibilitassem a



extração dados fornecidos pelo medidor de vazão (volume, tempo e vazão), de forma a compará-los com a regra de captação estabelecido na portaria de outorga que contém vazão (m³/h); horas/dias e dias por mês. Na figura 17 demonstra-se o modelo de regra de captação cujo cumprimento esse sistema deverá verificar.

Figura 17 - Modelo de regra de captação do sistema.

GOVERNO DO ESTADO DE MINAS GERAIS
 SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS - SISEMA

C E R T I F I C A D O

Portaria nº. 0708178/2019 de 25/09/2019
 Outorga de direito de uso de águas públicas estaduais.
 Prc.23372/2014 - Renovação da portaria nº 0002728/2009. Outorgante: SUPRAM Noroeste de Minas.

Outorgado(s)
 (CNPJ)
 Curso de água
 Escala Estadual
 Origem Federal
 Coordenadas Geográficas
 Modo de uso
 Prazo
 Município(s)

Bioenergética Vale do Paracatu S.A.
 08.793.343/0001-62
 Ribeirão Inhumas
 Rio Paracatu
 Rio São Francisco
 Lat 17°04'58"S e Long 46°20'41"W
 04 - Captação Em Barramento Em Curso De Água, Com Regularização De Vazão (Área Máx Maior 5,00 Ha)
 até 27/04/2029
 João Pinheiro

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Vazão (l/s)	255,0	255,0	0	255,0	255,0	255,0	255,0	0	255,0	255,0	255,0	0
Horas/dia	09:00	09:00	00:00	09:00	09:00	09:00	09:00	00:00	09:00	09:00	09:00	00:00
Dias/mês	10	15	0	10	15	24	28	0	28	24	10	0
Volume (m³)	82620	123930	0	82620	123930	198288	231336	0	231336	198288	82620	0

Condição do Outorgado: Respeitar normas do Código de Águas e Legislação do Meio Ambiente e Recursos Hídricos, bem como cumprir integralmente as condicionantes descritas na portaria. Esta outorga não exige o Outorgado de obter certidões, alvarás, licenças ou autorizações, de qualquer natureza, exigidas pela legislação federal, estadual ou municipal, exceto aqueles pertinentes à regularização ambiental, tais como: autorização para intervenção em área de preservação permanente e supressão de vegetação (Documento Autorizativo para Intervenção Ambiental - DAIA) e manifestação do órgão gestor em caso de a intervenção se dar em unidade de conservação, suas zonas de amortecimento ou áreas de preservação.

Unai, 25/09/2019

Ricardo Rodrigues de Carvalho
 Ricardo Rodrigues de Carvalho
 Superintendente
 Matrícula 3161331-4

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável - SEMAS

Fonte: IGAM (2019).

Para as captações que contemplam mais de uma bomba e, conseqüentemente, mais de um medidor de vazão, porém outorgadas a partir de uma única portaria, o sistema deverá realizar ainda a somatória dos dados fornecidos por cada medidor de forma que torne possível visualizar a vazão total extraída naquele ponto e compará-la à portaria de outorga.

Para atingir o terceiro objetivo específico, buscou-se no mercado comercial de automação e telemetria de meios que atestassem e garantissem a veracidade do sistema que começou a ser implantado na BEVAP no mês de novembro de 2021 e ainda não teve sua implantação finalizada em todos os pontos de captação.



4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

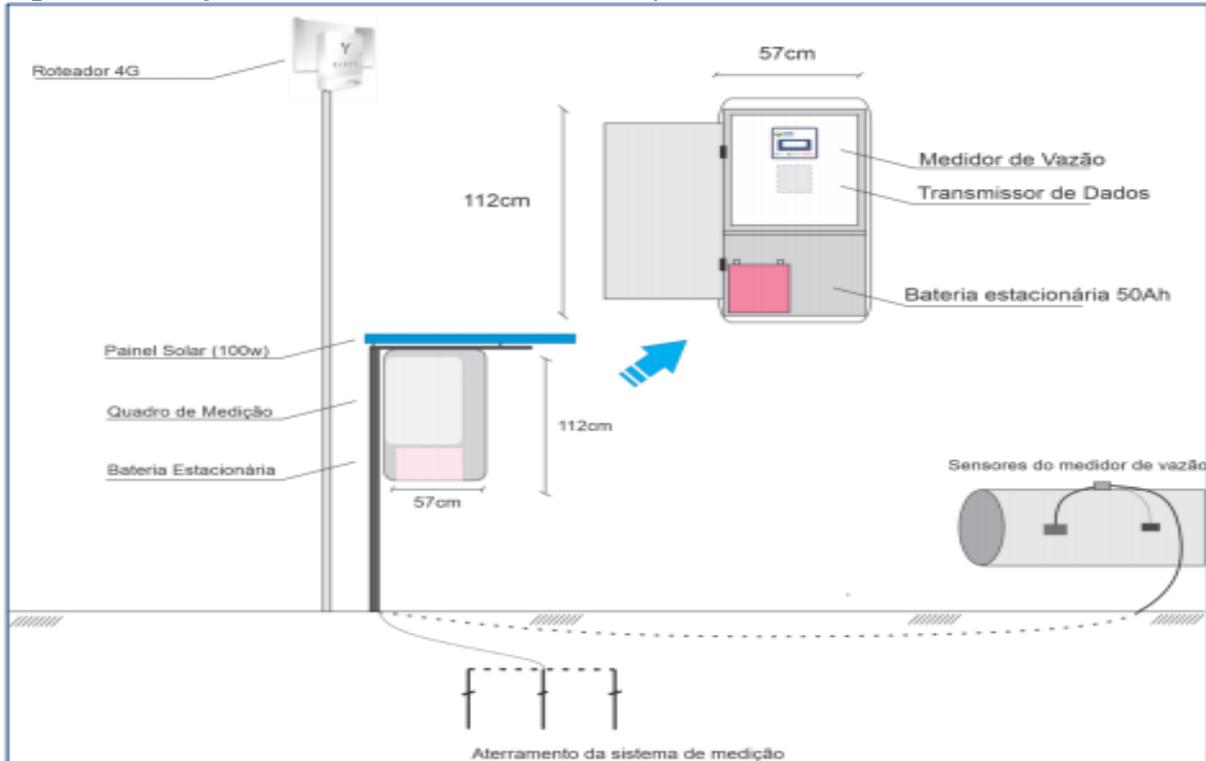
4.1 Implantação do Sistema de Telemetria de Captações

Semelhante à solução Gestão de Alto Nível – GAN, portanto, o projeto em execução na BEVAP tem como objetivo implantar um sistema de medição por telemetria para o monitoramento remoto, em tempo real, das vazões e volumes captados nos usos consuntivos da Usina BEVAP, realizando o cruzamento dos dados com o volume outorgado para fins de controle de dados, gestão e transparência. Nessa seção, descreve-se o processo de implementação e os elementos já implementados.

Apesar da aparente similaridade entre os projetos, onde foi implantado o Sistema GAN no Estado do Tocantins, tanto pelo tipo de usuário (irrigantes), quanto pelas estruturas de bombeamento, para fins de análise da viabilidade e justificativa para o investimento, foi instalada uma Estação Piloto com o objetivo de testar a adaptabilidade e operacionalidade do sistema, a fim de identificar o atendimento à necessidade de monitoramento para as captações da BEVAP (Figura 18).

O processo de implantação e operação da Estação Piloto foi realizado em quatro etapas, sendo: 1) definição do ponto de captação, dos tipos de equipamentos de alimentação, medição e transmissão; 2) instalação da infraestrutura, internet, medidor de vazão e transmissor; 3) treinamento e capacitação da equipe técnica da BEVAP para acompanhamento do teste; 4) operacionalidade do sistema que ficou em teste por 60 dias, com transmissão dos dados de consumo pelo sistema web e mobile.

Figura 18 - Layout da infraestrutura instalada para teste.



Fonte: Marques *et. al.* (2021).

A estação piloto, cujo esquema está ilustrado na figura 18, foi instalada em uma das bombas alimentadas pela captação denominada 91501 – Fazenda São Geraldo, localizada no rio Paracatu. A captação é autorizada a partir da Portaria de Outorga 705078/2019, com uma vazão máxima outorgada em 2.959 l/s, cujo consumo é composto pela somatória das seis bombas instaladas nesta coordenada, com um medidor de vazão e um horímetro distribuído para cada bomba.

Após instalação e configuração da Estação Piloto, os dados transmitidos pelo medidor de vazão (vazão em m^3/s e volume acumulado (m^3)) foram disponibilizados na plataforma GAN, durante o período de funcionamento da bomba.

O projeto em implementação na BEVAP, como já mencionado, tem como objetivo a adoção de um sistema de monitoramento remoto, em tempo real e unificado, da demanda hídrica nos cursos d'água das captações que abastecem uma usina de cana-de-açúcar, tanto no seu processo agrícola para irrigação da cultura, quanto no processo industrial para produção de açúcar, etanol e cogeração de energia elétrica, sendo que a maior vazão de água fica reservado para a atividade de irrigação com 46.803 m^3/h , e 600 m^3/h para o processo produtivo industrial, respectivamente. A partir da implantação efetiva do sistema de monitoramento, onde for possível mapear o real



uso da água por cada atividade, será possível propor inclusive metas de redução para cada atividade, baseado na demanda operacional e real consumo. Porém, até que a empresa possua um real mapeamento do uso da água, a proposta de metas de redução do consumo fica limitado a propostas empíricas.

O projeto, depois de finalizado, será composto por uma infraestrutura básica de campo com a instalação de medidores de vazão nas bombas e transmissão de dados utilizando a tecnologia via satélite da empresa brasileira CAS Tecnologia, CNPJ 00.958.378/0001-00, primeira empresa brasileira a desenvolver uma solução de conectividade IoT via satélite habilitada da Swarm Technologies® cuja constelação de satélites em órbita baixa da Terra fornece uma rede global para comunicações IoT bidirecionais (AMICI, 2020). Ao optar por esta tecnologia, considerou-se, como objetivo, prover transmissão bidirecional de dados para fins de rastreamento, telemetria e telecomando, voltado para aplicações de comunicação de Máquina a Máquina (M2M) e da Internet das Coisas (IoT) em escala global, e um sistema de informação online com acesso remoto em uma plataforma via website.

Vale ressaltar que o projeto busca a implantação do sistema de medição e telemetria para o monitoramento remoto em tempo real, das vazões e volumes captados em cada intervenção (captação) da BEVAP, com o objetivo de acompanhar preventivamente a real demanda de água por captação em consonância com a vazão outorgada e assim evitar infrações ambientais.

O prazo para implantação estipulado foi de um ano, com instalações gradativas por captação e malha de transmissão de dados. Dentre os ganhos esperados com a implantação do projeto, pode-se considerar:

- Realizar o monitoramento adequado das vazões captadas nos cursos d'água em consonância com a vazão outorgada para uso;
- Mapear o real uso da água, com possibilidade de verificação da sazonalidade do uso e seu comportamento;
- Monitorar as vazões captadas de forma preventiva, interligando com a regra de captação prevista na portaria de outorga, demanda da cultura e planejamento de colheita.

De dezembro de 2020 até outubro de 2021 foram realizadas as etapas de diagnóstico, levantamento de materiais e de preços, necessárias à compra dos equipamentos, sendo investido nesta etapa R\$ 70.400,00 para o diagnóstico das

instalações de captação superficial outorgados e dos dispositivos de medição instalados; elaboração de Parecer Técnico sobre as instalações e equipamentos com a Recomendação Técnica de aquisição ou compatibilização de sistemas de medição e telemetria para o monitoramento remoto, em tempo real, das vazões e volumes captados em cada intervenção; treinamento em instalação e manutenção de microunidade solar, medidores de vazão e transmissores de dados e instalação e operação de Estação Piloto pelo período de 60 dias para teste operacional do sistema desenvolvido pelo IAC/ UFT. A implementação do sistema em campo iniciou-se em novembro de 2021, com a instalação dos painéis de medição, conexão entre os medidores de vazão, conversores de dados, configuração e parametrização dos equipamentos sendo R\$ 112.777,16 investido na aquisição dos equipamentos para telemetria; R\$ 93.635,00 para o serviço de instalação e configuração destes equipamentos e R\$ 129.360,00 dividido em doze parcelas mensais referentes a operação do sistema, com montante total de R\$ 335.772,16, valor que considera ainda o custo de R\$ 70.400 referente à estação piloto (Tabela 1).

Entretanto, devido às intempéries ocorridas entre os meses de dezembro/2022 e março 2022, com chuvas extremas, a conclusão da implementação ficou comprometida por causa da dificuldade de acesso às captações e perda de grande parte dos equipamentos de medição de vazão.

De modo mais claro, este projeto tem a seguinte estrutura física (Figura 19), onde cada parte é chamada 'elemento', descrito como apresentado a seguir:

Figura 19 - Infraestrutura física do projeto.



Fonte: Fóton Automação e Sistemas de Telemetria (2022).



O primeiro elemento consiste no medidor instalado nas estações de captação, que é responsável pela medição, em tempo real, da vazão na tubulação. Esses dispositivos foram adquiridos e instalados pela BEVAP e, em sua grande maioria, trata-se de medidores de vazão do tipo eletromagnético, de marcas e modelos variados. Contudo, é possível encontrar também medidores de vazão do tipo ultrassônico, instalados em algumas estações de captação. Todos esses equipamentos possuem uma saída analógica de dados comumente chamada de saída 4 a 20 micro Ampère e é utilizada na transmissão da vazão instantânea (FÓTON AUTOMAÇÃO E SISTEMAS DE TELEMETRIA, 2022).

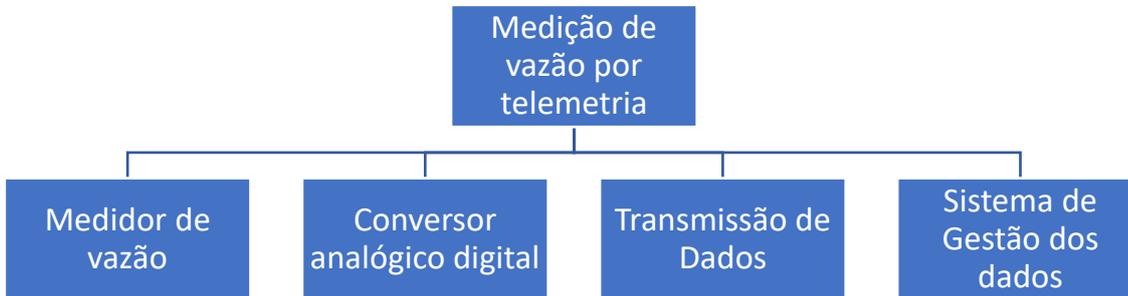
O segundo elemento refere-se ao equipamento de conversão de sinal analógico para digital. Com esse dispositivo é possível realizar a coleta de dados de vazão diretamente dos medidores de vazão e calcular, de maneira automática, o tempo de utilização da bomba hidráulica e também o volume de água captado (FÓTON AUTOMAÇÃO E SISTEMAS DE TELEMETRIA, 2022).

Já o terceiro elemento, trata-se do transmissor de dados. Esse equipamento é responsável pelo envio das informações de vazão, duração e volume, coletados pelo conversor de sinal, para o servidor de dados onde poderão ser consistidas, processadas e disponibilizadas em um sistema de informação web. Transmissores de dados podem operar tanto por rede de comunicação móvel (2G/3G/4G), quanto por meio de internet cabeada, via link de rádio (ethernet) ou satélite. Devido à ausência de sinal de telefone e internet nas captações, o transmissor de dados utilizado opera por meio de comunicação satelital.

Por fim, o quarto elemento consiste no sistema de alimentação elétrica de todos os equipamentos que compõem o sistema de monitoramento. Tanto os medidores, quanto os conversores e transmissores de dados são alimentados pela energia da concessionária de energia elétrica, nas tensões de 110/220 V (FÓTON AUTOMAÇÃO E SISTEMAS DE TELEMETRIA, 2022).

Analiticamente, o projeto apresenta a estrutura apresentada na figura 20:

Figura 20 - Estrutura analítica do projeto.



Fonte: BEVAP (2022).

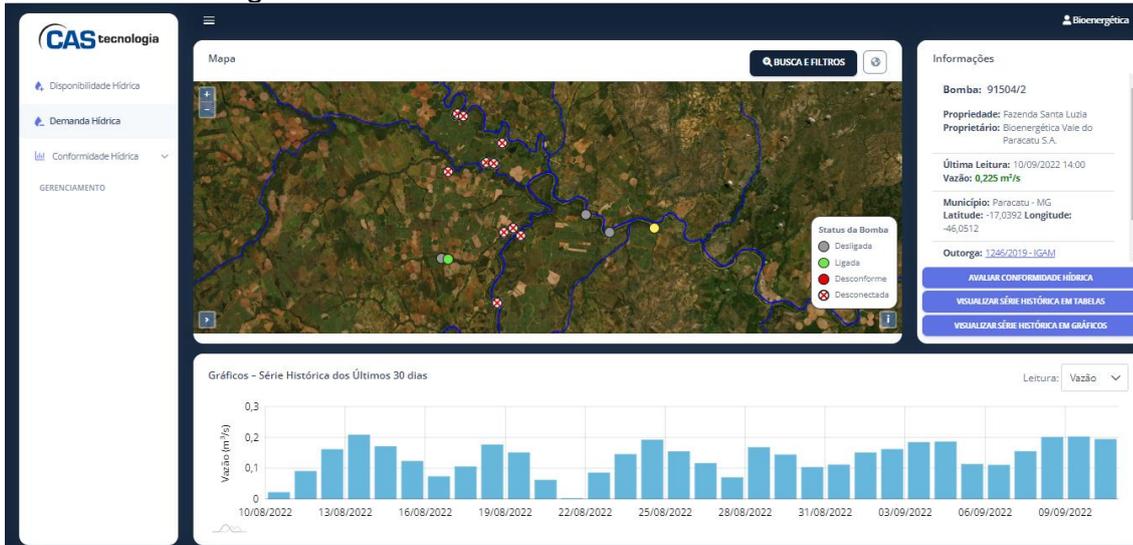
Compreende-se, pela figura 20, que a estrutura analítica é composta pelos equipamentos e etapas que formam o sistema de medição de vazão por telemetria.

4.2 Visualização e Análise de Dados de Captação de Água

Enquanto no modelo manual, para se ter o consumo de água em uma captação, era necessário todo um processo de levantamento dos dados em campo, transcrição, formatação e tabulação destes dados em uma planilha para posterior avaliação do efetivo consumo (Figura 21), o sistema automatizado com transmissão telemétrica de dados possibilita uma análise instantânea de todas as captações que estão em operação dentro de um empreendimento, bem como se estas captações estão ou não ligadas.



Figura 21 - Página da web demonstrando todos os pontos de captação instalados para monitoramento e gestão da demanda hídrica.



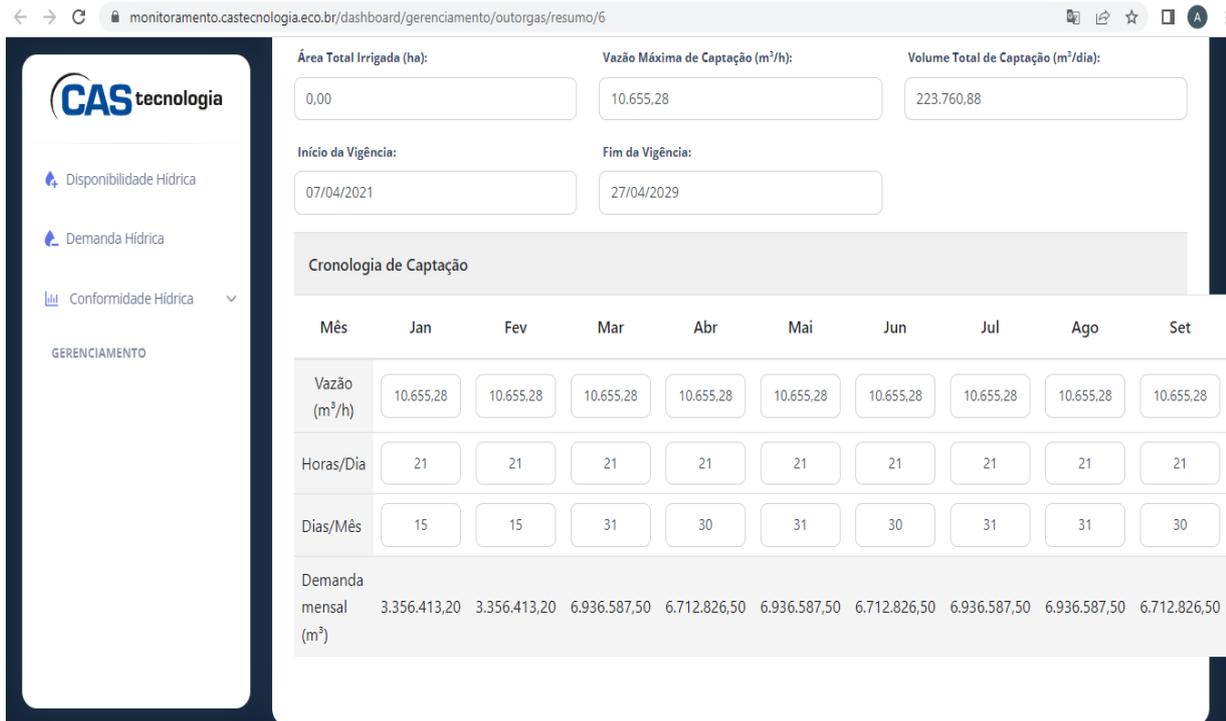
Fonte: BEVAP (2022).

Na figura 21, o mapa com imagem de satélite ao fundo demonstra os cursos d'água existentes ao longo do complexo agroindustrial objeto de estudo através das linhas em azul, os pontos de captação monitorados e a situação operacional de cada ponto de captação, onde na coloração cinza o sistema demonstra que as bombas se encontram desligadas, na coloração verde, ligadas, em vermelho, em desconformidade com a regra de captação, e os ícones brancos com um cruzamento em vermelho indicam que a captação está desconectada. Na parte inferior da página, ao selecionar um dos pontos de captação monitorados no mapa, o sistema pode fornecer a série histórica dos últimos trinta dias de consumo de uma determinada captação, com os dados de vazão, volume e duração.

Na figura 22 ilustra-se o sistema implantado demonstrando a regra de captação prevista na portaria de outorga. Nesta página, através da ligação "avaliar conformidade hídrica" disponível na página inicial, o sistema fornece ainda um resumo da portaria de outorga, trazendo os principais dados para gestão da demanda hídrica, no que tange à regra de captação, vigência dessa portaria e a área total que essa vazão lhe possibilita irrigar.



Figura 22 - Demonstrativo da regra de captação prevista na portaria de outorga.

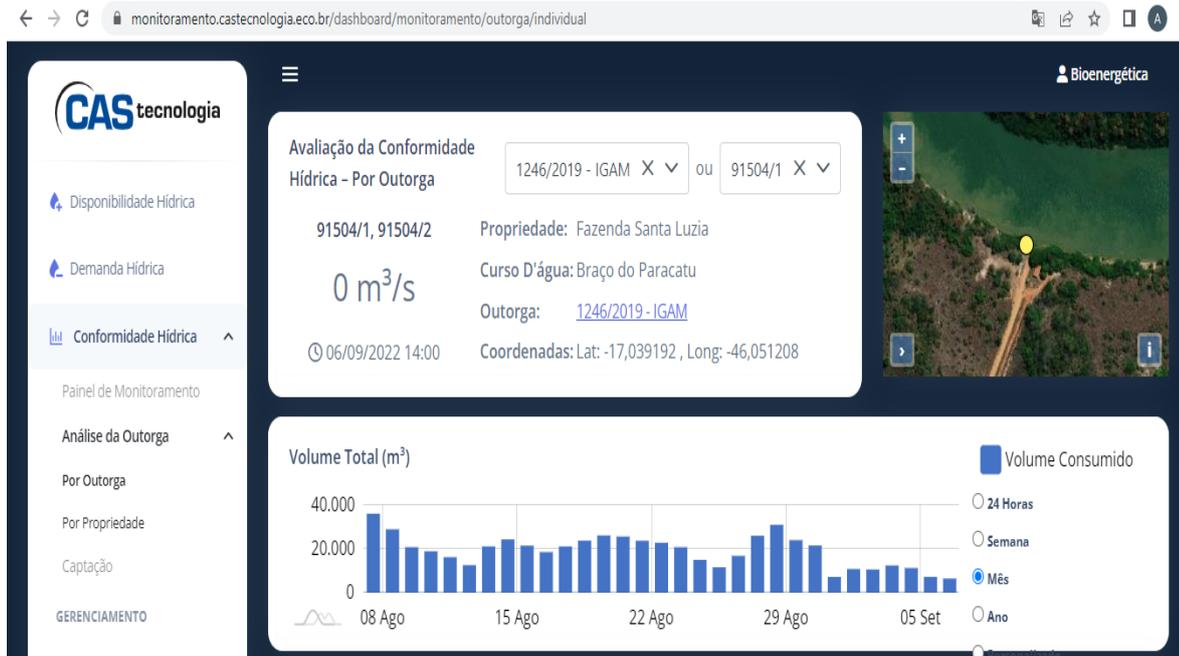


Fonte: BEVAP (2022).

Na figura 23 apresentam-se informações sobre o volume total consumido (m³) por captação/portaria de outorga. A plataforma também possibilita uma avaliação individual da conformidade hídrica por ponto outorgado; na parte superior do sistema são apresentados os dados básicos desta captação, tais como nome da propriedade, curso d’água, número da portaria de outorga e coordenadas. Nas partes inferior e central, através do gráfico em colunas, é apresentado o volume total consumido nesta captação em diversos períodos, seja diário, semanal, mensal ou anualmente.



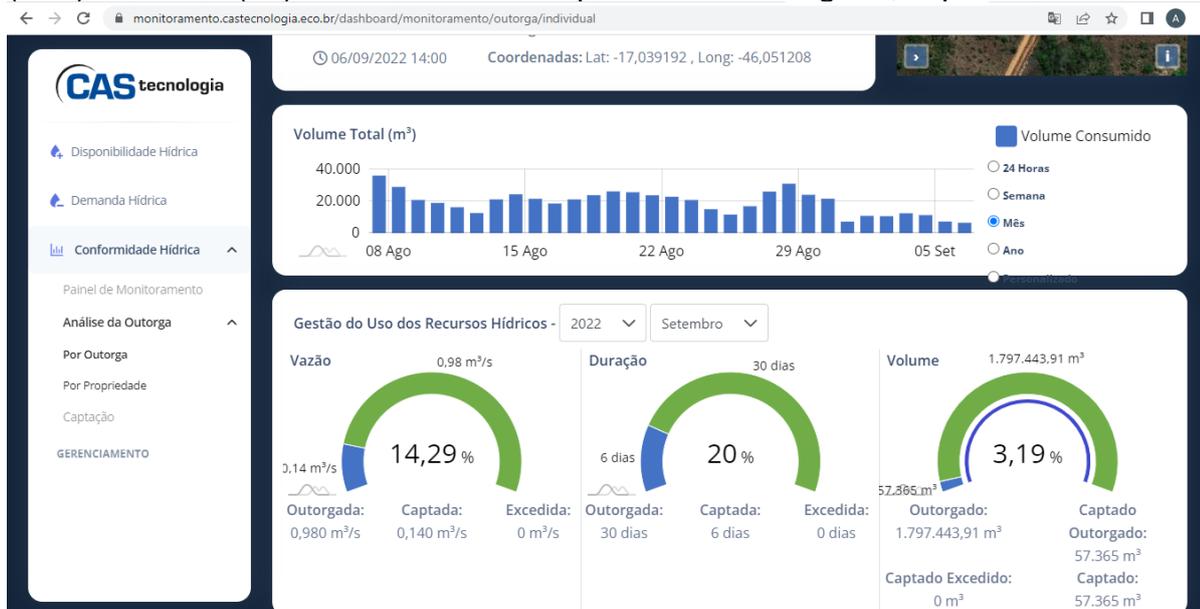
Figura 23 - Painel do volume total consumido (m³) por captação/ portaria de outorga.



Fonte: BEVAP (2022).

Na parte inferior da aba ilustrada na figura 23, pode-se abrir outra aba (Figura 24), onde se encontram os gráficos velocímetros que trazem a contraposição do volume captado com o volume outorgado. De forma objetiva, transparente e simplificada, o sistema possibilita uma gestão hídrica eficiente instantânea.

Figura 24 - Painel de gestão do uso da água com os dados de vazão (m³/s), duração (dias) e volume (m³) através de um comparativo do outorgado, captado e excedido.

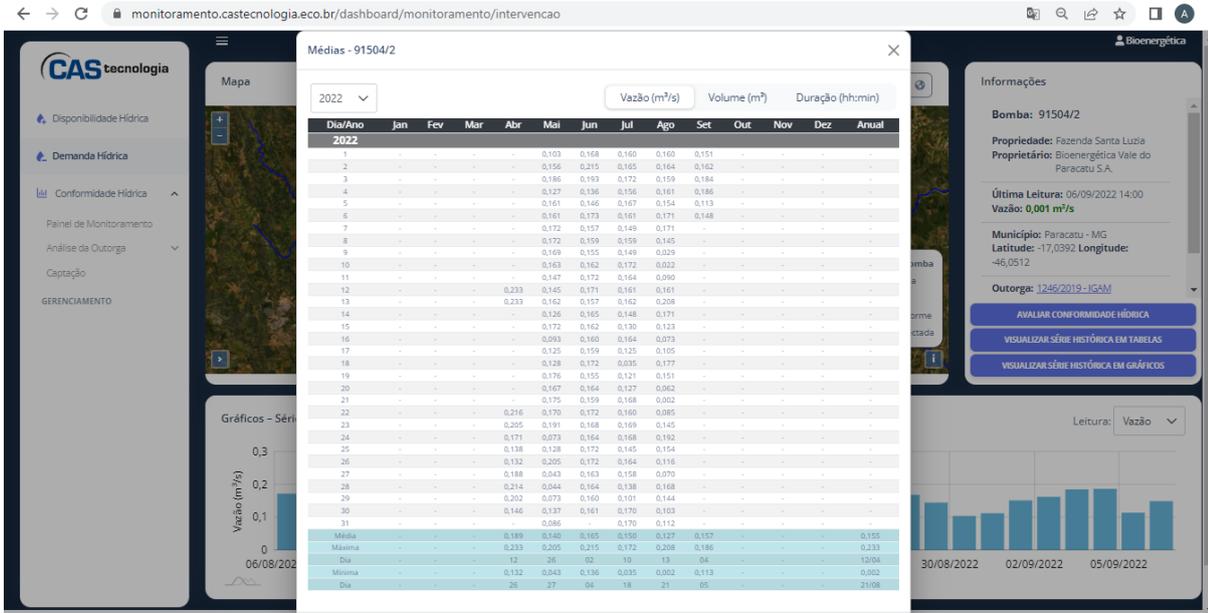


Fonte: BEVAP (2022).



Na figura 25 ilustram-se os dados históricos diários de captação por portaria de outorga. Atendendo às exigências estabelecidas na portaria de outorga, o sistema fornece ainda os dados de volume, vazão e duração em formato de tabela que poderá ser exportado em excel (XLS) e texto (TXT).

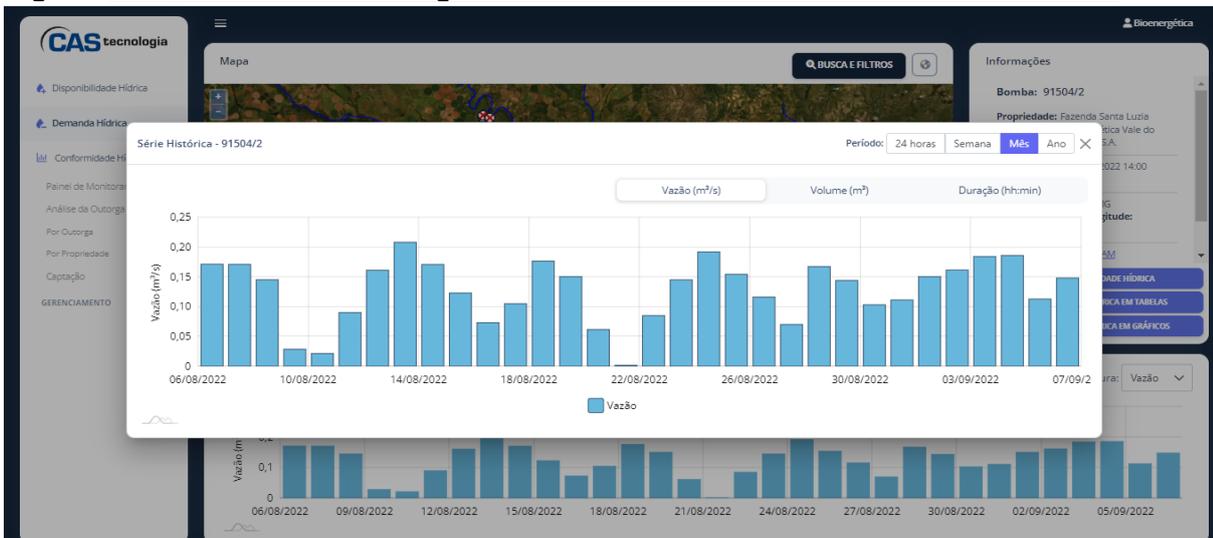
Figura 25 - Série histórica em tabela dos consumos diários por captação/portaria de outorga.



Fonte: BEVAP (2022).

Todos os dados podem ser visualizados ainda em gráficos com frequências diárias, semanais, mensais ou anuais, como ilustrado na figura 26.

Figura 26 - Série histórica em gráfico da vazão consumida no mês em m³/s.



Fonte: BEVAP (2022).



4.3 Avaliação Comparativa dos Sistemas de Monitoramento de Captações

Conforme já descrito, alguns aspectos mais práticos como, por exemplo, a necessidade de coletar, manualmente as leituras diárias dos volumes registrados nos medidores e a dificuldade de organização, consistência e armazenamento desse grande volume de informações representam um risco à gestão eficiente do recurso hídrico. No apontamento manual, cinco dados são coletados diariamente em cada bomba, sendo eles o volume acumulado (m^3); Vazão instantânea (m^3/h); o contador de tempo disponibilizado pelo horímetro; data e hora da coleta, conforme demonstrado na figura 27, o que totaliza em 155 dados coletados ao final de cada mês.

Dentre os problemas identificados durante o apontamento manual, podemos apontar:

- 1) Inconsistências dos dados transcritos manualmente para os cadernos, por exemplo, dígitos errados e casas decimais após a vírgula transcritas erroneamente, quando comparados os dados escritos nos cadernos com os dados fornecidos pelos equipamentos de medição;
- 2) Atrasos na manipulação dos dados, com leituras realizadas superiores a 24 horas de cada dia, gerando “erro” na fórmula tabulada quando da transcrição dos dados apontados manualmente para as planilhas em excel para levantamento da vazão consumida por dia através do volume acumulado e tempo de operação de cada bomba;
- 3) Mudança do método de apontamento dos dados, considerando a quantidade de pessoas envolvidas neste apontamento.

Apesar de uma série de inconsistências no apontamento manual, não foram identificadas perdas para os dados corretamente apontados, pois além destes dados ficarem salvos no sistema da empresa através da digitação dos dados, existem ainda backups dos arquivos físicos guardados na empresa e digitalizados para seu diretório que é a estrutura utilizada para organizar arquivos no computador, garantindo assim, que os dados fiquem registrados de três formas diferentes na empresa.

Espera-se que no método telemétrico todos os problemas apontados no sistema manual sejam amenizados através de uma segura rede de armazenamento dos dados nos sistemas da empresa através das APIs, porém como o projeto não foi implementado por completo, tal afirmação não pode ser apresentada nesta pesquisa.



Durante o apontamento manual, foram identificados descumprimentos da regra de captação imposta em duas Portarias de Outorga das captações existentes no empreendimento, sendo as captações denominadas 93118/ 93119 e 93501, outorgadas pelas Portarias 0705081/2019 e 705079/2019, respectivamente. Dentre os descumprimentos, foi identificado que a vazão e os dias permitidos foram excedidos durante o período monitorado. Na captação e período de monitoramento acompanhados sistemicamente pelo sistema telemétrico, não foi identificado nenhum descumprimento das regras estabelecidas pela outorga.

Quando comparado o custo médio anual dos dois sistemas, pode-se considerar que os gastos do método telemétrico e do método manual são diferentes, tendo cada valor apresentado na tabela 1¹ abaixo, que mostra que o sistema telemétrico reduziu em 53% o custo anual de operação, a partir do segundo ano:

Tabela 1 – Comparativo do custo médio anual dos dois sistemas.

Item	Custo (método manual)	Custo (método telemétrico)
Mão-de-obra*	R\$ 450.864,00	R\$ 88.800,00
Combustível**	R\$ 15.420,00	-
Impressões	R\$ 2.400,00	-
Diagnóstico e teste piloto do sistema***		R\$ 70.400,00
Aquisição equipamentos de telemetria***		R\$ 112.773,16
Instalação e configuração do sistema de telemetria***		R\$ 93.635,00
Operação anual do sistema		R\$ 129.360,00
Custo Total (1º ano)	R\$ 468.684,00	R\$ 494.968,16
Custo total (a partir do 2º ano, mão de obra + operação)	R\$ 468.684,00	R\$ 218.160,00

Fonte: Autoral (2022).

¹ *Valores baseados nas funções indicadas no quadro de colaboradores descritos no item 4.3 – Resultados operacionais, sem considerar os encargos trabalhistas.

** Valores baseados na quantidade de combustível indicada no item 4.3 – Resultados operacionais, com uma média de R\$ 5,00 por litro de etanol.

*** Investimento realizado apenas no primeiro ano



Conforme descrito anteriormente, o monitoramento da demanda hídrica existente na área objeto do estudo de caso era realizado manualmente, através de apontamentos diários em cadernos de medição, onde cada captação possuía dentro do mês a quantidade de páginas equivalentes à quantidade de bombas existentes naquela captação, ou seja, uma captação com 7 bombas instaladas trazia consigo um caderno de apontamento contendo 7 páginas por mês para alimentação do volume, vazão e duração de funcionamento da bomba (horímetro, volume acumulado, vazão instantânea, data e hora do apontamento) (Figura 27).

Para obter uma visão geral do real consumo daquela captação, havia a necessidade de aguardar a efetivação do apontamento no mês subsequente, para que a equipe administrativa (Central de Operações Agrícolas – COA) transcrevesse os dados captados diariamente para uma planilha em excel (xlsx) com formulação e tabulação que possibilitassem realizar os cálculos de vazão consumida diariamente, através da somatória de todas as bombas para, a partir daí, compará-las com a regra de captação estabelecida na portaria de outorga e verificar se o consumo daquela captação atendeu às exigências estabelecidas pela outorga.

Tabela 2 – Comparativo dos dados apontados em setembro/22 na captação 91504 – bomba 1 e 2.

Resultados analisados	Apontamento manual	Monitoramento telemétrico
Quantidade de dados coletados por mês	155 (5 registros por dia, vazão, volume, duração, data e hora)	14.880 (5 registros a cada 15 minutos, vazão, volume, duração, data e hora)
volume captado total monitorado (m³/mês)	405.479	713.885
Tempo de disponibilização dos dados	Em média 45 dias	diário
erros e inconsistências identificados	1) ausência de apontamento 2) falta de pontuação separando as casas decimais nos dados de horímetro e volume acumulado 3) Variação do tempo de apontamento ultrapassando as 24 horas diárias	Nenhum

Fonte: Autoral (2022).

Pela tabela 2 constata-se que o apontamento telemétrico afere 96 vezes mais



dados, sendo que, manualmente, a quantidade de 155 dados demandam 30 dias de apontamentos. Além disso, telemetricamente, o volume captado mostrou-se quase o dobro do reportado no apontamento manual.

Figura 27 - Demonstrativo do método convencional de apontamento manual por bomba utilizado antes da implantação do sistema.

bevap
 bioenergia

Ponto de coleta (Captação): 91504		Fazenda: FUCHS		Nº Bomba: 01	
Horímetro	Volume Acumulado (m³)	Vazão Instantânea (m³/h)	Altura da Régua	Data de coleta	Hora de coleta
25521,14	8930297,31	778,4		01/07/2022	07:52
25542,16	8947077,99	775,9		02/07/2022	08:10
25565,88	8965445,31	775,4		03/07/2022	07:50
25589,80	8984083,62	774,9		04/07/2022	07:55
25610,71	9000224,88	775,9		05/07/2022	07:30
25633,73	9018102,83	773,8		06/07/2022	07:50
				07/07/2022	
25664,69	9043445,56	775,9		08/07/2022	08:20
25687,12	9059976,00	778,7		09/07/2022	08:00
25708,27	9073011,27	774,4		10/07/2022	08:16
25731,82	9091314,28	777,2		11/07/2022	07:50
25952,83	9107729,93	778,2		12/07/2022	08:00
25773,14	9123547,12	777,1		13/07/2022	07:57
25794,09	9138448,02	648,6		14/07/2022	08:15
25815,05	9154917,19	785,0		15/07/2022	08:00
25834,31	9170866,71	786,9		16/07/2022	08:15
25855,06	9187586,65	770,5		17/07/2022	08:20
25878,27	9208102,49	944,4		18/07/2022	07:50
				19/07/2022	
25936,10	9243515,07	832,0		20/07/2022	08:40
25940,95	9259620,83	776,3		21/07/2022	09:10
25955,12	9270894,29	769,0		22/07/2022	08:00
25978,27	9286777,56	769,5		23/07/2022	07:50
26001,91	9305770,41	769,0		24/07/2022	08:30
				25/07/2022	
26044,91	9337608,94	769,0		26/07/2022	07:55
26065,83	9353673,21	769,8		27/07/2022	08:00
26086,55	936958,50	944,6		28/07/2022	08:15
26106,38	9386681,15	768,2		29/07/2022	08:00
		770,0		30/07/2022	
26150,53	94216046,3			31/07/2022	09:03

Fonte: BEVAP (2022).



Na figura 27 demonstram-se os apontamentos realizados em uma das bombas da captação 91504, onde é possível visualizar os erros de anotação descritos nesta pesquisa no que tange a inconsistência do monitoramento realizado manualmente.

Dentre as incoerências identificadas, pode-se demonstrar como exemplo:

- 1) Nos dias 7, 19 e 25/07 há ausência do apontamento ou a justificativa pelo não apontamento;
- 2) Nos dias 13, 23 e 31/07, na coluna onde estão os dados do horímetro, pode se observar a falta da pontuação separando as casas decimais;
- 3) E, praticamente durante todos os dias na coluna “hora da coleta”, pode-se verificar uma variação do horário da coleta dos dados, entre 23 e 25 horas em média, fazendo com que este fator atrelado às inconsistências dos dados do horímetro dificulte a identificação do real tempo de operação das bombas.

Considerando que o agronegócio vem trabalhando com a implementação de tecnologias que visam sua eficiência e produtividade nos processos, tornando-se cada vez mais competitivo no ambiente de implementação de tecnologias de automação, troca de dados e levando em conta que a água, para o negócio agrícola, torna-se gradativamente um insumo escasso e disputado pelos usuários das diversas finalidades de uso, principalmente em regiões onde a demanda de água está superior à disponibilidade hídrica das bacias (regiões atualmente conhecidas como áreas de conflitos pelos órgão reguladores), um monitoramento arcaico, como o praticado, impede uma efetiva gestão sobre o uso, pois quando se consolidam os dados de demanda (consumo de água), já havia passado qualquer possibilidade de interferência/aprimoramento do modelo e condições de uso de água.

Além da ineficiência do monitoramento manual praticado, outro fator de extrema interferência para o efetivo monitoramento e gestão destes dados ocorre através dos erros de apontamento que ficam passíveis de ocorrer, dado o volume de influências operacionais no processo; como exemplo, pode-se citar o fato do apontamento ter que ser realizado diariamente e, caso haja um atraso no período de coleta de dados ou um erro de digitação/transcrição dos dados coletados nos equipamentos de medição, a equalização destes dados ficam comprometidos, tornando ineficiente o processo de obtenção dos mesmos.



A título de comparação de aspectos operacionais, apresenta-se, aqui, na tabela 3, os resultados apurados de cada fator para os dois métodos: número de operadores, tempo para disponibilização de dados, consumo de combustível.

Tabela 3 – Comparativo entre os métodos.

Fatores analisados	Apontamento manual	Apontamento telemétrico
Quantidade de dados coletados por mês, exceto data e hora	93	8.928
volume captado total monitorado (m³/mês)	405.479	713.885
Tempo de disponibilização dos dados	45 dias	diário
Número de Operadores	32	2
Consumo de combustível (l/mês)	257	17
Área percorrida (km/mês)	9000	300

Fonte: Autoral (2022).

Para o processo de apontamento manual e análise dos dados são envolvidos 30 operadores de pivôs, sendo que em cada captação há dois operadores (1 titular e 1 folguista) realizando o apontamento dos dados nos cadernos de medição; 1 auxiliar administrativo para digitalização dos cadernos e digitação dos dados coletados em planilhas e 1 analista ambiental para apuração dos resultados de medição e apresentação aos gestores (stakeholders), num total de 32 pessoas, sendo que, com a implantação do sistema de monitoramento telemétrico automático, são necessários apenas um analista ambiental apurando os resultados e transmitindo aos gestores (stakeholders) e um operador de telemetria para acompanhamento dos equipamentos de campo, calibração e manutenção, ou seja, uma redução de 94% do quadro de colaboradores envolvidos nesta atividade.

Vale ressaltar que essa redução de pessoas envolvidas no sistema não caracteriza redução de quadro, pois os operadores de pivôs possuem em seu quadro de atividades, outras demandas inerentes ao processo de irrigação, ou seja, representa uma redução no quadro de pessoas envolvidas no sistema, o que acarreta menor possibilidade de erros durante a apuração.

Com o apontamento manual era necessário aguardar o fechamento do mês para coletar os dados em campo, mais, aproximadamente, 15 dias para digitalização e apuração dos resultados para identificar se houve ou não ultrapassagem no limite de captação estabelecido na outorga. Com a implantação do sistema telemétrico,



essas informações são transmitidas de forma instantânea com uma frequência diária e há possibilidade de transmissão de mensagens de alerta aos analistas quanto à aproximação do volume captado vinculado ao limite estabelecido na outorga.

Outro ganho é a redução no consumo de combustível para apontamento de dados, considerando que as captações estão localizadas num raio de 20 km de distância do escritório administrativo do empreendimento e as motocicletas utilizadas para este levantamento tem consumo médio de 35 km/l com etanol. Assim, pode-se observar uma redução diária no percurso de 300 km e 9.000 km mensais, e uma economia de 8,57 litros de etanol por dia e 257 litros de etanol por mês.

Figura 28 - Análise do consumo da captação 91504 – Fazenda Santa Luzia.



Fonte: BEVAP (2022).

Analisando os dados da captação 91504 (Figura 28), localizada na Fazenda Santa Luzia, inerente o consumo de água realizado no mês de agosto/2022, pode-se verificar que o empreendimento captou o equivalente a 27,55% da vazão outorgada (sendo que possui outorga para captar 3.528 m³/h e seu consumo neste mês foi o equivalente a 972 m³/h); quanto ao tempo de operação, esta captação atingiu 100% do previsto na portaria de outorga (captou 31 dias deste mês) e consumiu o equivalente a 40,84% do volume autorizado (dos 1.748.102,35 m³ outorgados neste mês, seu consumo foi de 713.885 m³), ou seja, excedeu 0 m³ do que foi estabelecido na portaria. Por fim, pode-se concluir que a captação 91504 operou no mês de agosto 71,94% abaixo do valor outorgado.



4.4 Resultados Futuros Esperados

Partindo do acompanhamento de um ponto de captação, onde o sistema de telemetria está em perfeito funcionamento, os resultados iniciais, esperados a serem alcançados no futuro pelo projeto são:

- Compatibilização e instalação do sistema de telemetria para monitoramento remoto, em tempo real, das vazões e volumes captados por captação;
- Transmissão dos dados diários e disponibilização via Interface de Programação de Aplicação - API, de forma satisfatória, com memória para armazenamento dos dados em caso de dano na transmissão;
- Disponibilização dos dados numa interface digital (dashboard), com painel que cruze com a regra de captação prevista na portaria de outorga por captação;
- Disponibilização da estimativa de cobrança pelo uso de água por bacia hidrográfica;
- Interface que possibilite integrar ao sítio eletrônico que o IGAM para disponibilização/ transmissão dos referidos dados.

Com esta implantação, foram identificados alguns pontos de atenção que impactaram ou poderão impactar na realização do projeto, tais como:

- Entre os meses de dezembro e fevereiro de 2021, houve instabilidade na transmissão dos dados eficiente que atendesse a disponibilidade agrícola do negócio (internet rural), porém como coincidiu com os intempéries ocorridos na região, com alto índice pluviométrico, as captações não foram utilizadas, o que não possibilitou a quantificação do tempo de operação sem transmissão dos dados;
- A segurança dos equipamentos instalados em campo, em caso de exposição e roubos, apesar da falta de ocorrência, é um risco iminente, pela localização dos equipamentos e ausência de vigilância local;
- Outro fator que impacta significativamente a operação do sistema são as ocorrências dos intempéries nas captações, como as enchentes. No período de acompanhamento dessa pesquisa, durante as enchentes que ocorreram na região,



foram mapeados danos com 30 medidores de vazão que se encontravam instalados, o que representou 62% dos equipamentos existentes em campo. Dos equipamentos danificados, 80% ficaram submersos, em sua totalidade os medidores de vazão eletromagnéticos, pela dificuldade de acesso com maquinário para realizar a retirada destes, sendo que apenas os medidores de vazão ultrassônicos foram removidos a tempo, o que representou 20% dos equipamentos danificados. Embora esse fator impacte ambos os métodos de medição (manual e telemétrico), a diferença é que, com a dependência dos horímetros no método manual, o acompanhamento do tempo de operação das bombas pelo horímetro permite a manutenção do monitoramento pelo método manual;

- Quando concluído, este projeto permitirá a gestão inteligente em tempo real dos 15 pontos de captação de água, facilitando o monitoramento e emitindo alertas dos volumes captados x outorgado, vislumbrando-se a utilização futura de Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina (machine learning).

Após as atividades de campo, todos os 15 KITS de telemetria e automação foram instalados. Porém, constatou-se que várias bombas estavam com medidores de vazão danificados ou desinstalados, impedindo as leituras de vazão. Dessa forma, para o funcionamento do sistema de automação do monitoramento telemétrico nessas bombas, será necessário que os medidores sejam instalados ou reparados, para que as leituras de vazão nas tubulações sejam feitas.

4.5 Resultados Alcançados: aspectos positivos e negativos

Apesar do sistema estar em fase de implementação, elaborando uma comparação entre o antes e o depois da implantação do sistema, alguns resultados já são percebidos, tais como:

Pontos positivos:

- O sistema possibilita uma efetiva gestão sobre o real uso da água nos processos agroindustriais do empreendimento, o que propicia um melhor planejamento estratégico para as expansões das atividades;
- O sistema fornece uma efetiva avaliação da real demanda de água no



processo, agregando valor a este insumo que é o insumo com principal valor produtivo, fazendo parte da vitalidade e manutenção do negócio;

- Com a implantação do sistema, atrelado ao manejo de irrigação que monitora o volume de água aplicado no canal, espera-se que seja possível no futuro mensurar as perdas dessa água no processo de bombeamento, através do volume de água apontado através do sistema de medição de vazão e o efetivo volume de água aplicado na cultura acompanhado pelos sistemas de manejo de irrigação, uma vez que até que a água chegue ao pivô, ela percorre quilômetros de distância através de dutos e reservatórios;

- O sistema propicia ainda novos paradigmas de confiança (interlocução estratégica com a sociedade/ stakeholders);

- O monitoramento telemétrico tem um custo monetário inferior quando comparado com o manual, no que tange à operação do sistema.

Pontos negativos:

- Para que o monitoramento telemétrico funcione é necessário que os equipamentos de medição de vazão estejam funcionando em sua totalidade em cada captação, fazendo com que haja uma dependência do sistema aos equipamentos de medição, diferente do monitoramento manual, que permite monitorar a captação de água pelo tempo operacional e a vazão nominal das bombas;

- A mão-de-obra utilizada pelo monitoramento manual é aproveitada para outras atividades paralelamente a atividade de monitoramento, o que não ocorre com o monitoramento telemétrico;

- Pode-se considerar que o monitoramento telemétrico tem um custo monetário superior quando comparado com o manual, no que tange à implementação do sistema;

- Risco do monitoramento telemétrico deixar de ser uma ferramenta de gestão e transparência para ser uma ferramenta de fiscalização e punição apenas, o que motivará a resistência dos usuários. Isso foi observado na discussão técnica de análise de um Processo Administrativo para exame de recurso de auto de infração sobre uma multa aplicada a um empreendimento por captar água superficial em desconformidade com a portaria de outorga, visto que foi verificado nas planilhas de monitoramento que houve captação em dias além da quantidade outorgada



mensalmente, mesmo sem ultrapassar a vazão total outorgada. Tal discussão ocorreu durante a 110ª Reunião Ordinária da Unidade Regional Colegiada Noroeste de Minas – URC NOR do Conselho Estadual de Política Ambiental – Copam que em 07 de julho de 2022.



5 CONSIDERAÇÕES, RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÃO

A Bioenergética Vale do Paracatu S/A - BEVAP - é abastecida por rios que fazem parte da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, em sua maioria gerenciada pelo Estado de Minas Gerais, onde as concessões de outorga de direito de uso dos recursos hídricos estabelecem a obrigação de monitoramento qualitativo e quantitativo do uso dos recursos hídricos e, também, o controle da vazão de referência a jusante das intervenções em recursos hídricos. A empresa cultiva cana-de-açúcar para produção de biocombustíveis, açúcar e cogeração de energia elétrica, e possui a meta de alcançar 100% do monitoramento telemétrico do uso dos recursos hídricos, em tempo real, fazendo o melhor uso, sem ultrapassar o volume de água outorgada.

Diferenciando-se das usinas bioenergéticas de cana-de-açúcar tradicionais, a BEVAP é a única do Brasil com lavoura 100% irrigada, fator que amplia o desafio quanto à gestão das águas, principalmente por meio do monitoramento telemétrico em tempo real nos períodos de estiagem.

As crises hídricas cada vez mais frequentes no território nacional e a efetiva gestão dos recursos hídricos consumidos são fatores decisivos para diagnóstico da urgência de adoção de sistema de medição eficiente em tempo real que substitua a aferição manual.

O monitoramento das intervenções em Recursos Hídricos é uma obrigação legal, para a qual as medições devem acontecer preferencialmente de forma automática, com transmissão telemétrica de dados e, para as captações instaladas nos cursos d'água declarados em área de conflito, tal como o Ribeirão Entre Ribeiros, esta transmissão telemétrica de dados vem prevista como condicionante na portaria de outorga.

Dentre as tecnologias que possibilitassem monitorar a demanda hídrica diretamente nas captações, a Gestão de Alto Nível – GAN, desenvolvida pelo Instituto de Atenção às Cidades da Universidade Federal do Tocantins – UFT, é considerada uma evolução na gestão dos recursos hídricos, pois possibilita o melhor acompanhamento da quantidade de água disponível e demandada, com sistema composto por medidores de vazão, transmissores de dados e plataforma online para gestão dos dados.



Na BEVAP, a implantação do sistema de monitoramento telemétrico em tempo real foi gradativa, com instalação de Estação Piloto em 2021. O projeto instalado mostrou-se de importância ímpar, com grande probabilidade de ser expandido para todas as captações de recursos hídricos.

Os maiores ganhos alcançados, tendo como dados de análise a captação 91504, localizada na Fazenda Santa Luzia, referente ao mês de agosto de 2022, são voltados às vantagens organizacionais, tais como informações instantâneas de dados, otimização da produtividade e atendimento à legislação dos órgãos ambientais do setor hídrico, cada dia mais exigentes e ativos, pois, toda água que passa pelo medidor de vazão pode ser informada ao órgão regulador.

Mesmo apresentando vantagens, existem aspectos que problematizam o projeto: alto investimento para implementação e manutenção do sistema, dependência de sistemas de comunicação para transmitir dados e apurar informações; a automação do sistema de medição que não funciona sem o medidor de vazão que, por sua vez, precisa ser instalado e protegido das intempéries, devido às perdas de equipamentos com enchentes no período chuvoso, comprometendo o funcionamento de todo o sistema de transmissão de dados. Assim, deve-se buscar soluções efetivas para proteger o equipamento, além de manter o apontamento manual onde os medidores são danificados.

Ao constatar como as chuvas interferem na manutenção do perfeito funcionamento do equipamento, sugeriu-se à empresa a adoção de um sistema de alerta que seja acionado quando o equipamento estiver em risco com tempo hábil para intervenção ou instalação do mesmo em plataformas ou boias flutuantes, protegidas de chuva, ideias que podem representar uma grande possibilidade para o desenvolvimento de pesquisas futuras.

Uma vez que a água é vital para a sustentabilidade dos empreendimentos, o uso responsável é imprescindível, sendo que o monitoramento telemétrico em tempo real contribui para o sucesso do negócio e conformidade da gestão dos recursos hídricos, transparente para a sociedade.



REFERÊNCIAS

ABNT. **ABNT NBR ISO/IEC 5167:2008**. Define os termos e símbolos e estabelece os princípios e métodos gerais de medição e cálculo de vazão de fluidos, utilizando dispositivos de diferencial. Disponível em: <<https://www.abnt.org.br/>> Acesso em: 27 set. 2022.

_____. **NBR ISO 10012:2004**. Sistemas de gestão de medição. Requisitos para os processos de medição e equipamento de medição. Disponível em: <<https://www.abnt.org.br/>> Acesso em: 27 set. 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Manual Orientativo para Sistemas de Medição de Vazão de Água em Conduitos Forçados**. Brasília, 2019.

_____. **Outorga de direito de uso de recursos hídricos**. Brasília: SAG, 2011.

_____. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil 2012** - Brasília: ANA, 2012. Disponível em: <arquivos.ana.gov.br/institucional/pdf> Acesso em: 11 jul. 2022.

_____. **Plano Nacional de Segurança Hídrica, 2019**. Brasília. Disponível em: <<https://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/bitstream/ana/1118/1/Tcc%20Jefferson%20Brito.pdf>> Acesso em: 27 set. 2022.

_____. **Cobrança pelo uso da água**. 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/politica-nacional-de-recursos-hidricos/cobranca>> Acesso em: 11 jul. 2022.

AGÊNCIA REGULADORA DE ÁGUAS, ENERGIA E SANEAMENTO BÁSICO DO DISTRITO FEDERAL. **Projeto Hidrômetro para todos**. Brasília, 2018.

ALEGRE, H. et al. Assessment of urban utilities: The case of water supply, wastewater and solid waste. **Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA**, 2009. v. 58, n. 5, p. 305-315. Disponível em: <<https://doi.org/10.2166/aqua.2009.041>> Acesso em: 01 out. 2022.

ALMEIDA JÚNIOR, A. J. C. D. et al. Medição de Velocidade e Vazão em Cursos D'Água: Molinete Hidrométrico versus Método do Flutuador. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem. **Anais...ABID**, Uberaba, 2010.

AMICI, E. **CAS Tecnologia desenvolve solução de IoT via satélite da Swarm**. 2020. Disponível em: <<https://energiahoje.editorabrasilenergia.com.br/cas-tecnologia-desenvolve-solucao-de-iot-via-satelite-da-swarm/>> Acesso em: 03 dez. 2022.

BARBOSA, E. M. **Introdução ao direito ambiental**. Campina Grande: EDUFCG, 2007.



BARBOSA, R. Z. **Desenvolvimento de um sistema de aquisição de dados georreferenciados e de telemetria para monitoramento de parâmetros físicos em sistemas de irrigação**. Dissertação [Mestrado] UNESP. 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/93760/barbosa_rz_me_botfca.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 01 out. 2022.

BELARDO, G. de C. et al. **Processos agrícolas e Mecanização da Cana-de-açúcar**. Jaboticabal (SP): Editora SBEA, 2015.

BIOENERGÉTICA VALE DO PARACATU S/A. **Relatório de Sustentabilidade – Ano safra 2018-2019**. São Paulo, 2019.

BRASIL. **Lei nº 9.433 de 08 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.jusbrasil.com.br/topicos/11328526/artigo-29-da-lei-n-9433-de-08-de-janeiro-de-1997>> Acesso em: 13 jun. 2021.

_____. **Constituição da República Federativa do Brasil**: texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. Brasília, 2016.

_____. **Resolução CNRH nº 16, de 08 de maio de 2001**. Resolução CNRH. Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos. Disponível em: <Resolução CNRH nº 16 de 08/05/2001 (normasbrasil.com.br) > Acesso em: 13 jun. 2021.

_____. **Lei no 10.881, de 9 de junho de 2004**. Dispõe sobre os contratos de gestão entre a Agência Nacional de Águas e entidades delegatárias das funções de Agências de Águas relativas à gestão de recursos hídricos de domínio da União e dá outras providências. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/97670/lei-10881-04>> Acesso em: 03 dez. 2022.

_____. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Código Florestal. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 11 jul. 2022.

_____. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Secretaria Nacional de Segurança Hídrica**. 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/composicao/secretarias-nacionais/seguranca-hidrica>> Acesso em: 03 dez. 2022.

CAMARGO, M. S. A importância do uso de fertilizantes para o meio ambiente. In. **Revista Apta Regional – Pesquisa & Tecnologia**. vol. 9, n. 2, Jul-Dez 2012. Disponível em: <<http://www.aptaregional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2012/julho-dezembro-2/1317-a-importancia-do-uso-de-fertilizantes-para-o-meio-ambiente/file.html>> Acesso em: 16 set. 2022



CAMPANHOLE, A.; CAMPANHOLE, H. L. **Constituições do Brasil**: Compilação e atualização dos textos, notas, revisão e índices. São Paulo: Atlas, 2000.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO. **Bacia do São Francisco** – principais características. 2022. Disponível em: <cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia/> Acesso em: 01 out. 2020.

CONAMA. **Resolução do CONAMA Nº 357/2005**. Classificação dos corpos de água. Disponível em: <www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm> Acesso em: 11 jul. 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Estudo sobre a Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos** / Confederação Nacional da Indústria. – Brasília: CNI, 2022. ISBN: 978-65-86075-80-9 150 p. Disponível em: <https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/3e/fb/3efb531f-edbf-44a3-ac008e77b07261eb/estudo_sobre_a_cobranca_pelo_direito_de_recursos_hidricos_interativo.pdf> Acesso em: 11 jul. 2022.

CORAZZA, R. I. **Tecnologia e meio ambiente no debate sobre os limites do crescimento**: notas à luz de contribuições selecionadas de Georgescu-Roegen. 2020. Disponível em: http://anpec.org.br/revista/vol6/vol6n2p435_461.pdf> Acesso em: 01 out. 2020.

COSTA, A. de C.; ALMEIDA, L. P. de. Aplicação dos recursos da cobrança pela entidade delegatária: o caso da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul. **REGA**, Porto Alegre, v. 15, e4, 2018. Disponível em: <https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/201/7c729bc5ec7bda83b3776ec492eaba5b_cfddc6547dfa7d95e2d165dca1c26130.pdf> Acesso em: 19 nov. 2020.

COSTA, M. M. L. et al. A Geração de Conflitos pelo Uso da Água na Bacia do Rio Paracatu, Noroeste de Minas Gerais, Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.02 (2021) 834-846. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbge/article/view/250075/38680>> Acesso em: 27 set. 2022.

CUNHA, S.; COELHO, M. C. Política e gestão ambiental. In: CUNHA, S. & GUERRA, A. (Orgs). **A questão ambiental**. Diferentes abordagens. 7ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.

CRUZ, J. K. L. da.; BELTRÃO FILHO, João Alfredo. **Uso da inteligência artificial na análise de processos como instrumento de eficiência**: o artigo vencedor do I simpósio de processo civil do agreste. Jota, [s. l.], 2019. Disponível em: <<https://www.jota.info/opiniao-e-analise/colunas/coluna-cpc-nos-tribunais/uso-da-inteligencia-artificial-na-analise-de-processos-como-instrumento-de-eficiencia-31052019>> Acesso em: 16 set. 2022.

DE JESUS, C. **Medição de vazão em canais abertos**. 2017.

DINARDO-MIRANDA, L. L. et al. **Cana-de-açúcar**. Campinas (SP): Instituto Agrônomo, 2016.



FABRO, C. **O que é API e para que serve?** Cinco perguntas e respostas. 2020. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/listas/2020/06/o-que-e-api-e-para-que-serve-cinco-perguntas-e-respostas.ghtml>> Acesso em: 30 set. 2022.

FINATTO, J. et al. **Destaques Acadêmicos**, Vol. 5, N. 4, 2013 - CETEC/UNIVATES. <<http://www.univates.br/revistas/index.php/destaques/article/viewFile/818/525>> Acesso em: 16 set. 2022

FÓTON AUTOMAÇÃO E SISTEMAS DE TELEMETRIA. **Automação do monitoramento das águas na BEVAP Bioenergia**. Relatório Técnico. 2022.

FRAGOSO JR, C. R. et al. Vazão ecológica constante vs. Vazão ecológica variável. In: VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. **Anais...**, VII SRHN, 2014.

MELCHIOR, C. **Comparativo de Resultados de Medição de Vazão pelos Métodos: Convencional e Acústico**. 2016. 72p. Monografia (Pós-Graduação em Engenharia Civil). União Dinâmica de Faculdades Cataratas, Foz do Iguaçu.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

HENKES, S. L. **Gestão dos Recursos Hídricos: Acertos e Erros na Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí/SC - Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UFSC, Florianópolis, 2002.

IAC/ UFT. **Lançamento do Sistema de Gestão de Alto Nível versão 2.0 (GAN 2.0)**. Disponível em: <<https://gan.iacuft.org.br/noticiaDetalhada/15>>. Acesso em: 19 nov. 2020.

IBGE. **O Brasil em números**. 2011. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/14078-asi-ibge-divulga-as-estimativas-populacionais-dos-municipios-em-2011>> Acesso em: 27 set. 2022.

IGAM. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Áreas de Conflito Declaradas em Minas Gerais - 2018**. Disponível em: <http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/images/areas_de_conflito.pdf> Acesso em: 27 set. 2022.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 48, de 31 de janeiro de 2019**. Minas Gerais, 2019. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719>>. Acesso em: 13 jun. 2021.

_____. **Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos**. 2022. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/gestao-das-aguas/cobranca-pelo-uso-de-recursos-hidricos>> Acesso em: 15 ago. 2022.

LACERDA, R. T. O.; ENSSLIN, S. R. The effectiveness of multi-criteria decision aid methodology. **European Journal of Innovation Management**, 2015. v. 18, n. 1, p.



86-109. Disponível em: <<https://doi.org/10.1108/EJIM-10-2013-0106>> Acesso em: 01 out. 2022.

MACHADO, B. et al. Minimization of losses in water supply systems: strategy definition in a Portuguese case study. **Desalination and Water Treatment**, 2009. v. 2, p. 24-29. Disponível em: <<https://doi.org/10.5004/dwt.2009.146>> Acesso em: 01 out. 2022.

MAGRIN, V. **Tecnologia desenvolvida pela UFT será testada em nível nacional**. Revisão: Paulo Aires. Maio/2020. Disponível em: <<https://ww2.uft.edu.br/index.php/ultimas-noticias/27148-tecnologia-desenvolvida-pela-uft-sera-testada-em-nivel-nacional>> Acesso em: 01 maio 2021.

MARQUES, R.C.; MONTEIRO, A.J. Application of Performance Indicators to Control Losses: Results From the Portuguese Water Sector. **Water Science & Technology**, 2003. v. 3, n. 1-2, p. 127-133. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/esa/a/Rn6rhxLMbP6NyLNGR3YmJLx/?lang=pt&format=pdf>> Acesso em: 01 out. 2022.

MARQUES, F. et al. **Diagnóstico das captações superficiais para automação do monitoramento das águas na BEVAP Bioenergia**. Palmas, 2021.

MELO, D. **O que é uma API?** [Guia para iniciantes]. 2021. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-uma-api-guia-para-iniciantes/>> Acesso em: 30 set. 2022.

MINAS GERAIS. **Decreto 47.866, de 19 de fevereiro de 2020**. Regulamenta o IGAM e dá outras providências. Disponível em <<https://www.almg.gov.br/consulte/legislacao/completa/completa.html?tipo=DEC&numero=47866&comp=&ano=2020>> Acesso em: 01 maio 2021.

_____. Lei nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999. **Política Estadual de Recursos Hídricos**. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5309>> Acesso em: 16 mar. 2021.

_____. **Portaria IGAM nº 48, de 04 de outubro de 2019**. Estabelece normas suplementares para regularização dos recursos hídricos de domínio do Estado de Minas Gerais. Disponível em <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49719#_ftn1> Acesso em: 01 maio 2021.

MONTEIRO, D. **São Francisco perdeu mais de 30 mil hectares de superfície com água entre 1990 e 2020**. 2021. Disponível em: <<https://ufal.br/ufal/noticias/2021/10/rio-sao-francisco-perdeu-mais-de-30-mil-hectares-de-superficie-com-agua>> Acesso em: 01 dez. 2022.

MONTEIRO, T. U. **Diagnóstico do uso da água na Sub-Bacia Hidrográfica do ribeirão Santa Isabel, no município de Paracatu, MG**. 2015. Disponível em: <<https://finom.edu.br/assets/uploads/cursos/tcc/202103311503556.pdf>> Acesso em: 27 set. 2022.



MULESOFT. **O que é uma API?** (interface de programação de aplicativos). 2020. Disponível em: <<https://www.mulesoft.com/pt/resources/api/what-is-an-api>> Acesso em: 30 set. 2022.

OLIVEIRA, J. R. S. A. Otimização do Aproveitamento da Disponibilidade de Águas Superficiais na Bacia do Ribeirão entre Ribeiros. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. **Revista Brasileira de Geografia Física** v.14, n.02 (2021) 834-846. Disponível em: <https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFV_a6ecdd4da8112737d38e6525269d70a9> Acesso em: 27 set. 2022.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. In: **Informe Agropecuário**, v. 28, n.239. Belo Horizonte. p. 30- 43, 2012. Disponível em: <[www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&biblioteca=CPATSA&busca=autoria:"M ACEDO,%20G.%20A.%20R."](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/busca?b=ad&biblioteca=CPATSA&busca=autoria:)> Acesso em: 18 set. 2022.

PALHARES, J. C. P. et al. Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador. EMBRAPA, **Comunicado Técnico 455**, Concórdia –SC, 2017. ISSN 0100-8862.

PAREDES-TREJO, F. *et al.* Drought Assessment in the São Francisco River Basin Using Satellite-Based and Ground-Based Indices. **Remote Sens.** 2021, 13, 3921. Disponível em: <<https://lapismet.com.br/wp-content/uploads/2021/10/remotesensing-13-03921.pdf>> Acesso em: 01 dez. 2022.

PIAU, L. P. A. **Controle de vazões outorgadas:** estudo de caso da bacia do São Francisco. 2016. Dissertação [Mestrado] Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Universidade de Brasília. Disponível em: <http://ptarh.unb.br/wp-content/uploads/2017/03/01-Disserta%C3%A7%C3%A3o-DM195_2016-Leo-Piau-12-01-2017.pdf> Acesso em: 01 maio 2021.

RIBEIRO, W. C. **A Ordem ambiental internacional.** São Paulo: Contexto, 2010.

RICARDO, M. et al. Análise e Aplicação de Perfiladores Acústicos Doppler para Medição de Vazão de Pequenas Centrais Hidrelétricas. In: VI Simpósio Brasileiro Sobre Pequenas e Médias Centrais Hidrelétricas. **Anais...** Comitê Brasileiro de Barragens, Belo Horizonte, 2012.

ROMANO, E.; ROMANO, P. A.; FEITOSA, V. M. N. Gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos e a mineração: riscos e oportunidades. In: Agência Nacional de Águas. **A gestão dos recursos hídricos e a mineração.** ANA/IBRAM (org.: Antônio Félix Domingues, Patrícia Helena Gambogi Boson e Suzana Alípez). Brasília: ANA, 2006, p. 51-67.

SANTOS. A. P. D. **Fomento à pesquisa em meio ambiente:** o CNPq e as FAPS da região nordeste do Brasil (2005-2015). 2017. Tese [Pós-Graduação] Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal de Sergipe. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7849/2/ANDREIA_PATRICIA_SANTOS.pdf> Acesso em: 05 nov. 2020.



SANTOS, I. et al. **Hidrometria Aplicada**. 6ed. Curitiba: LACTEC - Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento. 2013.

SANTOS, R. dos. **API: Entenda a Interface de Programação de Aplicação**. 2020. Disponível em: <<https://www.brasilcode.com.br/api-entenda-a-interface-de-programacao-de-aplicacao/>> Acesso em: 30 set. 2022.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Parecer nº 118/SEMAD/SUPRAM NOROESTE-DRRA/2020**. Disponível em <<blob:http://ecosistemas.meioambiente.mg.gov.br/cdfce7ce-1259-498a-861b-249345b218df>> Acesso em: 05 nov. 2020.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Parecer Único nº 0205943/2019 (SIAM)**. Disponível em http://sistemas.meioambiente.mg.gov.br/reunioes/uploads/5HHI0Ljsz13K_prGpKPI60kU5HJkgdQs.pdf> Acesso em: 05 nov. 2020.

SILVA, M. J. A. da. A evolução legal e institucional na gestão dos recursos hídricos no Brasil. Os desafios da Geografia Física nas fronteiras do conhecimento. I Congresso Nacional de Geografia Física. 2017. p.146-155. Disponível em: <<https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/1786>> Acesso em: 03 mar. 2021.

SILVA, T. S. **A Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos no Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari – MG**. Dissertação [Mestrado] Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. 2020. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/28802/4/CobrancaRecursosHidricos.pdf>> Acesso em: 03 mar. 2021.

SISTEMA ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução Conjunta SEMAD/ IGAM nº 2.302**, de 05 de outubro de 2015. (Revogada pela Resolução Conjunta SEMAD/ IGAM 2.849, de 17 de outubro de 2019. Disponível em <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=39162>> Acesso em: 03 mar. 2021.

SOUZA, H.; SANT'ANNA, N. Conflito por Uso de Recursos Hídricos: Estudo de Caso da Bacia do Ribeirão Santa Isabel. **Humanidades & Tecnologia em Revista (FINOM)** - ISSN: 1809-1628. Ano XIV, vol. 21- Jan- jul. 2020. Disponível em: <http://revistas.icesp.br/index.php/FINOM_Humanidade_Tecnologia/article/view/1097> Acesso em: 27 set. 2022.

TEIXEIRA, W. G. et al. Resposta da cana-de-açúcar a doses de fósforo fornecidas por fertilizante organomineral. In. **Biosci. J.**, Uberlândia, v. 30, n. 6, p. 1729-1736, Nov./Dec. 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/viewFile/22156/15610>> Acesso em: 17 set. 2022.

VILARINHO, C. M. R. et al. Eficácia da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos condicionada ao Índice de Qualidade da Água: Estudo de Caso, Minas Gerais, Brasil. 2021. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 14, 1. Disponível em: <<https://doi.org/10.26848/rbgf.v1.1.p%p>> Acesso em: 27 set. 2022.



VITTI, A.C. **Adubação nitrogenada da cana-de-açúcar (soqueira) colhida mecanicamente sem a queima prévia**: manejo e efeito na produtividade. 2017. 114p. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, Piracicaba. Disponível em: <<http://www.apta regional.sp.gov.br/acesse-os-artigos-pesquisa-e-tecnologia/edicao-2011/2011-julho-dezembro/1144-adubacao-nitrogenada-melhora-o-vigor-das-soqueiras-de-cana-de-acucar-refletindo-em-productividade-nos/file.html>> Acesso em: 19 set. 2022.



APÊNDICE – LEVANTAMENTO DAS CAPTAÇÕES ATUAIS

Item	Captação	Fazenda	Curso D'água	Portaria de Outorga	Vazão Outorgada (m ³ /h) *	Área irrigada (ha)*	Número de bombas	Capacidade/potência das bombas	Regime de operação
1	92503	Três Rios	Rio Preto	Res ANA 1718/2017	3.565	3.142	3	900cv	S1
2	92504	Três Rios	Rio Preto	Res ANA 1718/2017	530	215	2	300cv	S1
3	92505	Três Rios	Rio Preto	Res ANA 1718/2017	3.000	2.615	3	675cv	S1
4	92506	Três Rios	Rio Preto	Res ANA 1718/2017	279	226	1	140CV	S1
5	91501	São Bento	Rio Paracatu	705078/2019	10.655	3.481	6	1200cv	S1
6	91503	São Geraldo	Rio Paracatu	1701372/2020	1.080	479	1	300cv	S1
7	91504	Santa Rita	Rio Paracatu	1706219/2022	3.524	1.086	2	400cv	S1
8	91505	São José	Rio Paracatu	705129/2019	4.392	1.886	2	650cv	S1
9	94501	Ponte Alta	Rio Paracatu	705142/2019	9.789	7.206	7	700cv	S1
10	93501	Inhumas	Rio Paracatu	705079/2019	2.160	672	3	325CV	S1



11	97301	Canadá	Rio Paracatu	03107/2017	324	90	1	15CV	S1
12	92501	Três Rios	Ribeirão Entre Ribeiros	03224/2019	3.082	1.018	5	750CV	S1
13	92502	Três Rios	Ribeirão Entre Ribeiros	03224/2019	3186	1238,72	6	900CV	S1
14	93118 93119	Inhumas	Barramento	0705081/2019	918	225	2	200CV	S1
15	93109 93110 93111 93112	Vereda Grande	Barramento	708178/2019	918	283	4	360CV	S1
Total	15	-	-	-	47.403	23.861	48	-	-

*Fonte: Portaria de Outorga