



Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Pesquisas Hidráulicas – IPH
Curso de Engenharia Hídrica



PEDRO GUIDO MOTTES BASSEGIO

**Avaliação dos sistemas de abastecimento de água da zona
urbana de Sant’Ana do Livramento - RS**

PORTO ALEGRE

2022

PEDRO GUIDO MOTTES BASSEGIO

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA
DA ZONA URBANA DE SANT'ANA DO LIVRAMENTO - RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto de Pesquisas
Hidráulicas da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Hídrico.

Orientador: Mauricio Dai Prá

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Bassegio, Pedro Guido Mottes
Avaliação dos sistemas de abastecimento de água da
zona urbana de Sant'Ana do Livramento - RS / Pedro
Guido Mottes Bassegio. -- 2022.
79 f.
Orientador: Mauricio Dai Prá.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Hídrica,
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. eficiência energética. 2. gestão de recursos
hídricos. 3. sistemas de abastecimento de água. I. Dai
Prá, Mauricio, orient. II. Título.

PEDRO GUIDO MOTTES BASSEGIO

**AVALIAÇÃO DOS SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA ZONA
URBANA DE SANT'ANA DO LIVRAMENTO – RS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado ao Instituto de Pesquisas
Hidráulicas da Universidade Federal do Rio
Grande do Sul como requisito parcial para a
obtenção do título de Engenheiro Hídrico.

Porto Alegre, 11 de Outubro de 2022.

Prof. Dr. Mauricio Dai Prá – IPH/UFRGS

Orientador

Eng. Leandro do Espírito Santo Soares – DAE

Examinador

Prof. Dr. Raynner Menezes Lopes – UFPA

Examinador

RESUMO

Os sistemas de abastecimento de água no cenário nacional apresentam elevados níveis de desperdício de água e energia. Visando contribuir para aprimorar a eficiência e gestão destes recursos, utilizou-se como referência neste trabalho, os dados provenientes dos sistemas urbanos de abastecimento de água do município de Sant'Ana do Livramento, no Rio Grande do Sul. As análises empregadas para os sistemas de abastecimento de água do município encontram-se divididas em análise global, onde são avaliados todos os sistemas existentes, e individual, onde apenas alguns sistemas são avaliados, em virtude da existência e disponibilidade dos dados para realizar avaliações. Insere-se na análise global, a avaliação da dinâmica de consumo de água, das economias cortadas e ativas, além de verificações a respeito de consumos faturados e medidos em cada sistema. Nas análises individuais, pôde-se calcular o indicador de desempenho consumo específico de energia para as motobombas instaladas nos poços de captação dos sistemas, bem como realizar o balanço hídrico de forma simplificada para cada sistema, visando obter panoramas dos volumes aduzidos, consumidos e de perdas de água. Com base nos resultados gerados, foi possível obter um panorama geral da gestão e das condições operacionais de todos os sistemas, a depender do nível de informações existentes. Pôde-se identificar a dinâmica de consumo de água da zona urbana municipal, níveis de perda de água, apontar potenciais poços de bombeamento com baixos níveis de eficiência, além de propor ações para monitorar e solucionar as potenciais causas dos problemas levantados.

Palavras-chave: eficiência hidroenergética, gestão de recursos hídricos, sistemas de abastecimento de água,

ABSTRACT

The water supply systems in the Brazilian context are associated with high levels of waste of water and energy. In order to contribute to the improvement of efficiency and management of these resources, the data from the urban water supply systems of the city of Sant'Ana do Livramento, state of Rio Grande do Sul, were used in this work. The analyses of the municipal water supply systems are divided into global analysis, in which all the existing systems are assessed, and individual analysis, in which only a few systems are assessed, due to data availability. The global analysis comprises the assessment of the dynamics of water consumption, the active and disrupted consumers and verifications of the measured and billed consumption in each system. In the individual analyses, the performance index specific energy consumption was calculated for the pumps installed in the water collection wells of the system. The simplified water balance was also performed for each system, aiming to provide approximations for the supplied, consumed and lost volumes. With the results obtained, it was possible to generate an overview of the management and operational conditions of all systems, depending on the level of available information. The dynamics of water consumption of the municipal urban area, the levels of water loss and collection wells with low levels of efficiency were identified. Besides, monitoring actions and potential solutions for the problems verified were proposed.

Keywords: hydro-energetic efficiency, water resources management, water supply systems.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, destino meus agradecimentos aos meus pais por todo apoio, amparo, incentivo e esforço para que eu pudesse estudar.

Agradeço aos colegas, amigos e professores do Laboratório de Obras Hidráulicas da UFRGS, por todas as oportunidades de aprendizado, conversas, incentivos e momentos. Muito obrigado por tudo que me ajudaram durante todos estes anos.

Agradeço aos amigos que me apoiaram durante a graduação, muito obrigado por todo incentivo, companheirismo e amizade.

Gostaria de agradecer ao Leandro Soares e ao DAE de Sant'Ana do Livramento, por todo apoio, generosidade e atenção em disponibilizar os dados e suporte para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

Destino meus agradecimentos finais, mas não menos importantes, ao prof. Mauricio Dai Prá, por todas as contribuições, conselhos, atenção e apoio ao longo da realização deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disposição de SAA, onde verifica-se o bombeamento de água tratada para reservatórios de distribuição apoiados e elevados.....	15
Figura 2: Reservatório de posição a montante.....	19
Figura 3: Reservatório de posição a jusante.	19
Figura 4: Reservatório de posição intermediária.	19
Figura 5: Disposição dos reservatórios quanto à localização no terreno.....	20
Figura 6: Componentes do balanço hídrico.....	24
Figura 7: Fluxograma básico das etapas de um diagnóstico hidroenergético.	27
Figura 8: Localização do município da área de estudo.	36
Figura 9: Análise geral das variações de consumo ao longo dos meses por percentual dos setores durante o ano de 2021.	54
Figura 10: Variações máximas e mínimas do consumo de água por economia em relação à média durante os meses de 2021.....	55
Figura 11: Perda de água por sistema ao longo dos meses de 2021.....	62
Figura 12: Média da perda de água em cada sistema para cada estação climática de 2021.	63
Figura 13: CEE para os poços de bombeamento inseridos no sistema Hidráulica - AC de 2021.	65
Figura 14: CEE para os poços de bombeamento inseridos no sistema Armour.....	67
Figura 15: CEE dos poços de bombeamento inseridos no sistema Brasília para o ano de 2021.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de referência adotados pelo ProEESA.	30
Tabela 2: Sistemas e setores da zona urbana de Sant’Ana do Livramento.	37
Tabela 3: Código e vazão média dos poços destinados ao abastecimento da zona urbana.	39
Tabela 4: Tempo de operação dos poços destinados ao abastecimento da zona urbana.	40
Tabela 5: Levantamento de faturas de energia elétrica individualizadas para cada poço existentes em 2021.	41
Tabela 6: Faixas de variação empregadas para avaliar o consumo mensal de água por economia durante o ano de 2021.	44
Tabela 7: Sistemas de abastecimento onde foram determinando	45
Tabela 8: Meses que compõem a média de cada estação do ano.	47
Tabela 9: Apresenta a simbologia empregada para classificar os dados	48
Tabela 10: Apresenta a simbologia empregada para classificar os dados quanto à quantidade de dados disponíveis para determinação do CEE	48
Tabela 11: Avaliação da quantidade e disponibilidade de dados em 2021 para calcular o indicador de desempenho CEE das bombas instaladas nos poços da zona urbana.	49
Tabela 12: Resumo dos poços de bombeamento aptos para realização do	50
Tabela 13: Consumo por economia para cada setor ao longo dos meses de 2021.	51
Tabela 14: Variação do consumo por economia em relação à média para cada setor ao longo dos meses de 2021.	52
Tabela 15: Determinação do volume faturado pelo consumo medido para todos os setores ao longo de 2021.	56
Tabela 16: Médias do consumo faturado por consumo medido para todos os setores de acordo com a estação climática.	57
Tabela 17: Panorama de economias ativas e cortadas por setor durante 2021.	59
Tabela 18: Volume calculado de entrada dos sistemas para o ano de 2021.	61
Tabela 19: Volume consumido estimado para o ano de 2021.	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AESBE	Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
CEE	Consumo Específico de Energia
DAE	Departamento de Água e Esgoto de Sant'Ana do Livramento
ETA	Estação de Tratamento de Água
IWA	International Water Association
RS	Rio Grande do Sul
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre o Saneamento

LISTA DE SÍMBOLOS

%CPE	Varição do consumo mensal por economia em relação à média anual do setor
A3	Água de entrada no sistema
A19	Perdas reais
C7	Capacidade máxima de bombeamento das estações elevatórias
C24	Número de ramais
CPE Anual	Consumo médio anual de água por economia medida do setor (m ³ /economia)
CPE Mensal	Consumo médio mensal de água por economia medida
D2	Consumo máximo diário de energia para bombeamento
D33	Número de pontos de entrega com pressão adequada
D35	Interrupções do fornecimento de água
E	Consumo de energia para um determinado período de tempo de referência
F1	População total abastecida na zona avaliada
H1	Duração do período de referência
H2	Tempo de pressurização do sistema
Hman	Altura manométrica de bombeamento
IN058	Consumo específico de energia
NE	Número de economias lidas
NET	Número total de economias
Ph4	Utilização da capacidade de bombeamento
Ph5	Consumo específico de energia normalizado
QS10	Adequação da pressão de serviço
QS12	Continuidade no abastecimento
QS13	Interrupção no fornecimento
V	Volume bombeado para um determinado período de tempo de referência
VCE	Volume de consumo estimado
VM	Volume Medido
VP	Volume de água perdido (composto pelas parcelas de perdas físicas, aparentes e volumes exportados para outro sistema)
WR1	Ineficiência na utilização dos recursos hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivos específicos	14
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 Sistemas de abastecimento de água	14
3.1.1 Manancial.....	16
3.1.2 Captação.....	16
3.1.3 Estação Elevatória.....	16
3.1.4 Adutora.....	17
3.1.5 Estação de Tratamento de Água.....	17
3.1.6 Reservatório.....	18
3.1.6.1 Localização no sistema.....	18
3.1.6.2 Localização no terreno.....	20
3.1.6.3 Forma geométrica.....	21
3.1.6.4 Materiais.....	21
3.1.7 Rede de distribuição.....	21
3.2 Balanço hídrico em SAA	23
3.3 Diagnósticos hidroenergéticos	26
3.4 Indicadores de desempenho em SAA	28
3.5 Medidas para aumentar a eficiência hidroenergética em SAA.....	32
4. METODOLOGIA.....	35
4.1 Localização e Caracterização da área de estudo	36
4.2 Obtenções dos dados.....	37
4.2.1 Sistemas e setores de abastecimento.....	37
4.2.2 Identificação dos volumes consumidos, faturados e número de economias.....	38
4.2.3 Captação e capacidade de bombeamento.....	38
4.2.4 Consumo de Energia.....	41
4.3 Análise global dos sistemas	42
4.3.1 Análise da dinâmica de consumo mensal.....	42
4.3.2 Análise de consumo medido x consumo faturado.....	44
4.3.3 Análise de economias ativas x economias cortadas.....	44
4.4 Elaboração dos diagnósticos individuais dos sistemas	44

4.4.1 Balanço hídrico	45
4.4.2 Indicador de Desempenho - Consumo Específico de Energia (CEE)	47
5. RESULTADOS	51
5.1 Resultados análise global dos sistemas.....	51
5.1.1 Análise da dinâmica mensal do consumo de água.....	51
5.1.2 Consumo Medido x Consumo Faturado	56
5.1.3 Economias Ativas x Economias Cortadas	58
5.2 Resultados elaboração de diagnósticos individuais dos sistemas.....	60
5.2.1 Balanço Hídrico	60
5.2.2 Indicador de Desempenho – Consumo Específico de Energia (CEE)	64
6. CONCLUSÃO.....	69
7. REFERÊNCIAS	72
ANEXO I.....	77
ANEXO II	78

1. INTRODUÇÃO

O abastecimento de água potável configura-se como um serviço base do saneamento básico, conforme consta no Art. 3º da Lei Federal Nº 11.445/2007. Este serviço, segundo Brasil (2007), contempla atividades, infraestrutura e instalações essenciais para promover o fornecimento de água potável, englobando desde a captação até as ligações prediais e seus respectivos instrumentos de medição.

Dentro desta conjuntura, se estabelece o conceito de sistema de abastecimento de água. Os sistemas de abastecimento de água são compostos por estruturas e equipamentos que tem por finalidade garantir o fornecimento de água para os consumidores, respeitando certos parâmetros de atendimento, como: quantidade, padrões qualitativos e pressão da rede.

No Brasil, os sistemas de abastecimento ainda carecem de maiores investimentos financeiros, fomento ao desenvolvimento técnico e melhorias na gestão visando à promoção de medidas para elevar os índices de eficiência hidroenergética operacionais. Estas carências mencionadas tornam-se evidenciáveis a partir dos resultados apresentados no diagnóstico elaborado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2020. O relatório constatou que a média nacional de perdas de água nos sistemas de distribuição foi de 40,1%, ou seja, a cada 100L distribuídos, 40,1L são perdidos ao longo do sistema de abastecimento. A quantidade de energia para promover a adução de água entre diferentes unidades dos sistemas abastecimento, representada pelo indicador de desempenho Consumo Específico de Energia (CEE), também merece atenção, pelo fato deste indicador resultar em 0,73 kWh/m³, significativamente acima dos valores bases propostos pelo Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas apresentado em WWAP (2014), que é de 0,37 kWh/m³ para captações superficiais e 0,48 kWh/m³ para captações subterrâneas.

As elevadas perdas de água em sistemas de distribuição sejam estas de ordem física, perdas oriundas de vazamentos na rede, extravasamentos de reservatórios e demais formas, ou aparentes, perdas provenientes de erros de operação de instrumentos de medição, além de evidenciarem problemas relacionados à gestão dos recursos hídricos, impactam diretamente em gastos financeiros evitáveis pelas companhias, na qualidade do serviço e no potencial de investimentos em obras de ampliação e reparo dos sistemas de abastecimento promovidos pela prestadora do serviço. De mesmo modo, o uso ineficiente de energia elétrica em sistemas de abastecimento, uma vez que

as despesas oriundas do consumo de energia são as mais onerosas para operação dos SAA, reforçam o potencial de aplicação de métodos, técnicas e, práticas no intuito de reduzir consumo de energia e conseqüentemente custos associados.

Visando contribuir para aprimorar a gestão de sistemas de abastecimento e dos recursos hidroenergéticos, este trabalho possui o objetivo de analisar as condições operativas dos diferentes sistemas de abastecimento inseridos na zona urbana do município de Sant'Ana do Livramento, no estado do Rio Grande do Sul.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal consiste em avaliar e diagnosticar potenciais incongruências operacionais e de gestão dos sistemas e setores urbanos de abastecimento de água do município de Sant'Ana do Livramento – RS, visando contribuir para o aprimoramento da gestão dos recursos hidroenergéticos da autarquia municipal responsável pelo abastecimento de água municipal.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos que auxiliam ao atendimento do objetivo principal são:

- Levantamento das informações dos sistemas de abastecimento de água de Sant'Ana do Livramento;
- Mapeamento da disponibilidade de dados por sistema/setor;
- Identificar a dinâmica de consumo de água do município, por sistema e setor;
- Definir indicadores de desempenho, com base nos dados disponibilizados, a serem aplicados nos SAA de Sant'Ana do Livramento.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Destina-se este tópico a apresentar os principais conceitos da fundamentação teórica que embasaram a realização deste trabalho.

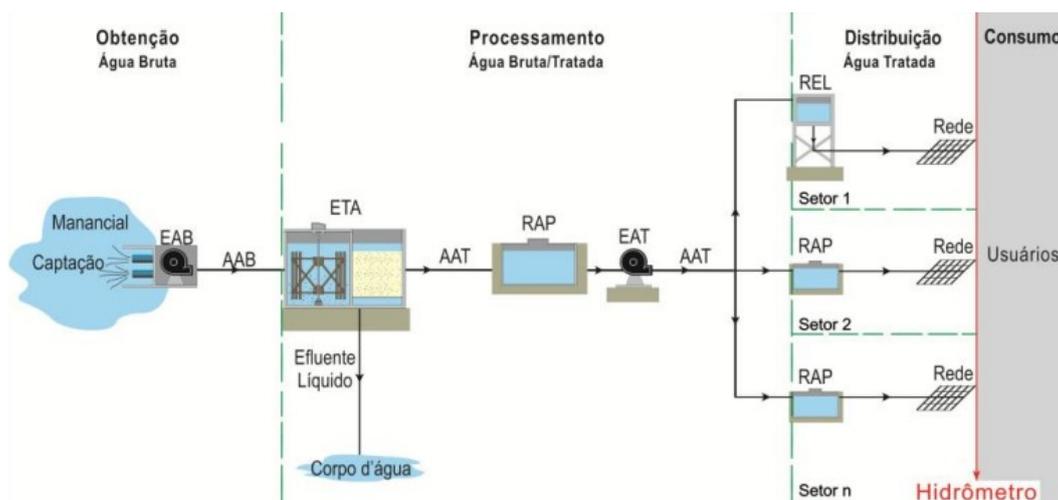
3.1 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Conforme Pereira e Condurú (2014), o sistema de abastecimento de água (SAA) é constituído por estruturas, equipamentos e dispositivos empregados na realização do serviço de fornecimento de água com quantidade, qualidade e regularidade exigidas

para garantir o atendimento das demandas dos usuários de determinada área ou comunidade, respeitando os padrões estabelecidos para a proteção da saúde pública.

Para Tsutiya (2006), o objetivo principal de um sistema de abastecimento consiste em fornecer água de boa qualidade para seu uso final, em quantidade adequada e pressão suficiente. Na Figura 1 encontra-se disposta a representação de um dos possíveis arranjos para SAA.

Figura 1: Disposição de SAA, onde verifica-se o bombeamento de água tratada para reservatórios de distribuição apoiados e elevados.



Fonte: Pereira e Condurú (2014).

Segundo Pereira e Condurú (2014), o SAA pode ser compreendido de forma análoga a uma linha industrial, constituída de três unidades integradas em três grandes grupos, sendo eles: obtenção de água bruta, processamento de água e distribuição de água tratada. Os três grupos mencionados são detalhados, conforme as definições apresentadas pelos autores.

- Grupo de Obtenção: Responsável pela retirada e transporte da matéria-prima, neste caso referindo-se a água bruta, até a primeira unidade do Grupo de Processamento. O grupo é composto por unidades de captação, elevação e adução de água bruta.
- Grupo Processamento: Possui a finalidade de transformar a matéria prima (água bruta) em produto (água tratada), atendendo as exigências e diferentes demandas do mercado consumidor (domiciliar, industrial, comercial, etc.). Compõem este grupo as unidades de tratamento, reservação, elevação e adução de água tratada.

- Grupo Distribuição: Tem por objetivo realizar a entrega do produto (água tratada) aos consumidores da(s) área(s) de atendimento do SAA. São unidades que compõem este grupo: reservação, elevação e distribuição de água tratada.

Diante do exposto, as diferentes unidades do SAA que contemplam cada grupo mencionado são apresentadas de forma individual, visando melhor detalhar suas aplicações e finalidades na dinâmica operativa do SAA.

3.1.1 Manancial

Define-se por manancial o corpo de água superficial ou subterrâneo, de onde provém a retirada de água destinada para abastecimento. Ele deve fornecer vazão suficiente para atender a demanda de água durante o período de projeto, além de a água fornecida ter qualidade adequada sob o ponto de vista sanitário (TSUTIYA, 2006). No Brasil, verifica-se que a maior parte das sedes urbanas é atendida de forma predominante por mananciais superficiais (cerca de 57%), percentual que, em termos de população atendida, corresponde a 84% da população urbana brasileira (ANA, 2020).

3.1.2 Captação

Caracteriza-se pelo conjunto de estruturas construídas ou montadas junto a um manancial, visando à retirada de água para um SAA (ABNT, 1992). Conforme Ribeiro (2021) é na captação onde se pode observar consumo de energia por equipamentos eletromecânicos, uma vez, que na maioria dos casos, as condições topográficas não favorecem ou permitem o escoamento por gravidade até a unidade de tratamento, sendo necessário implementar um sistema de bombeamento de água bruta.

3.1.3 Estação Elevatória

A estação elevatória tem a finalidade de proporcionar energia hidráulica ao escoamento, utilizando-se de equipamentos eletromecânicos, para que seja possível vencer condições topográficas desfavoráveis ao seu deslocamento entre unidades distintas do SAA. Geralmente, as condições topográficas desfavoráveis estão associadas à condução de água bruta ou tratada de um reservatório situado em uma cota de menor altitude, para outro em cota altimétrica mais elevada (RIBEIRO, 2021).

Gomes e Carvalho (2012) destacam que os conjuntos motobombas são responsáveis por 90% da energia consumida em sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

3.1.4 Adutora

As adutoras são definidas como canalizações principais destinadas a conduzir (transportar) a água entre unidades distintas de um SAA. Estes elementos interligam a captação e a tomada de água à ETA, e estas aos reservatórios de um mesmo sistema (NETTO; FERNANDEZ, 2015). Tsutiya (2006) enfatiza que as adutoras não distribuem água aos consumidores, mas podem existir as derivações que são denominadas de sub-adutoras. Heller e Pádua (2010) destacam que as adutoras podem ser classificadas em função a água que transportam e pelas características hidráulicas operacionais. No âmbito da água transportada, dividem-se em adutoras de água bruta e adutoras de água tratada. Entretanto, em função das características hidráulicas de operação, as adutoras são classificadas em conduto livre, conduto forçado por gravidade e recalque. Segundo Ribeiro (2021), os materiais comumente empregados na fabricação de tubulações adutoras são o Ferro Fundido Dúctil (FFD), Cloreto de Polivinil (PVC), Polietileno de Alta Densidade (PEAD) e aço soldado, pelo fato de serem materiais de fácil obtenção no mercado de saneamento.

3.1.5 Estação de Tratamento de Água

A estação de tratamento de água possui a finalidade de tornar a água bruta própria para consumo humano, atendendo aos padrões de qualidade da água e exigências do Ministério da Saúde na Portaria de Potabilidade GM/MS N° 888, maiores detalhes em Brasil (2021a). No Brasil, a técnica de tratamento de água mais empregada denomina-se tratamento convencional ou de ciclo completo, as etapas que compõem este processo, são as seguintes: mistura rápida/coagulação, floculação, decantação, filtração e desinfecção. Etapas adicionais, como fluoretação e correção de ph também são normalmente aplicáveis no país (BRASIL, 2021b).

3.1.6 Reservatório

De acordo com a ABNT (1994), define-se por reservatório de distribuição como sendo o elemento do SAA cuja finalidade é regularizar as variações de vazões entre adução e de distribuição, além de condicionar as pressões na rede de distribuição.

Segundo Tsutiya (2006), há diferentes critérios para classificação dos reservatórios de distribuição, sendo eles: localização no sistema; localização no terreno; forma geométrica e material de construção.

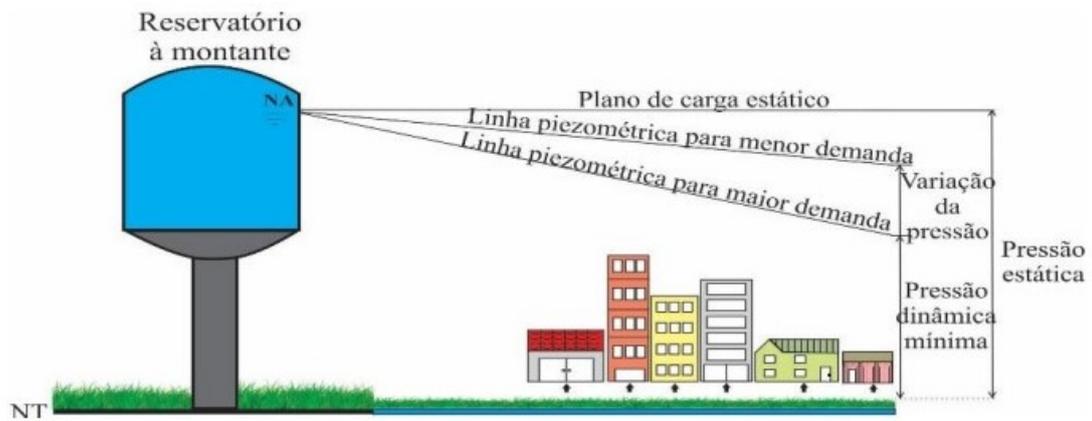
3.1.6.1 Localização no sistema

Quanto à classificação de localização do sistema, os reservatórios de distribuição podem ser enquadrados em reservatório de montante, reservatório de jusante e de posição intermediária (TSUTIYA, 2006).

- **Reservatório de montante:** São reservatórios que se encontram dispostos a montante da rede de distribuição, sendo sempre responsáveis pela alimentação da rede. Este tipo de reservatório apresenta-se como a alternativa mais amplamente utilizada nos SAAs do Brasil (HELLER; PÁDUA, 2010).
- **Reservatório de jusante:** Também chamados de reservatório de sobras localizam-se a jusante da rede de distribuição de água. O conceito de reservatório de sobras faz referência ao armazenamento de água durante períodos de menor consumo e auxílio no atendimento das demandas hídricas durante horários de maior consumo. Este tipo de reservatório possibilita a atenuação de oscilações de pressão à jusante da rede. Uma característica particular dos reservatórios de jusante encontra-se no fato de uma tubulação única ser responsável pela entrada e saída de água do reservatório (TSUTIYA, 2006).
- **Reservatório de posição intermediária:** Encontram-se intercalados no sistema de adução e tem por objetivo operarem como função volante, ou seja, proporcionando a regularização das transições entre bombeamento e/ou distribuição por gravidade (TSUTIYA, 2006).

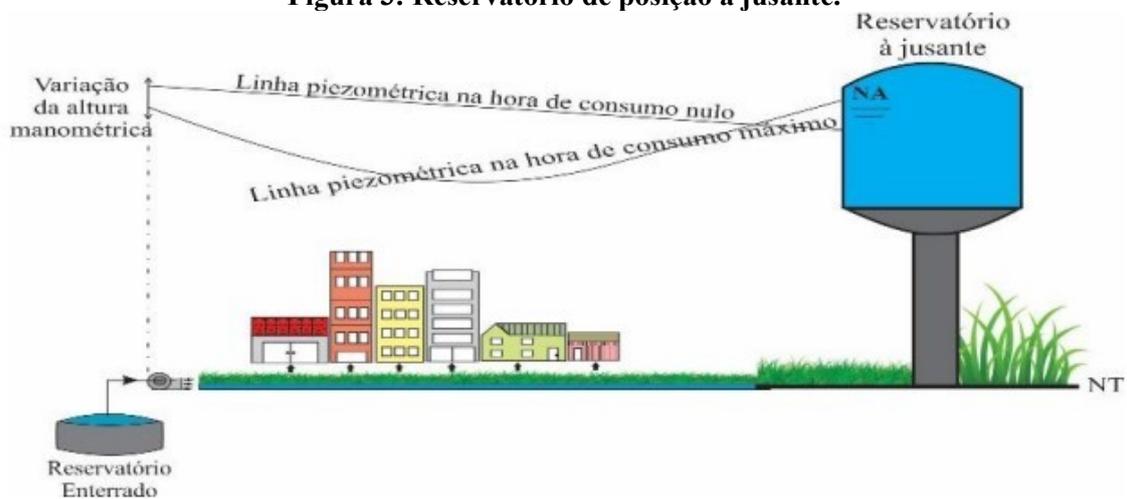
Nas Figuras 2, 3 e 4, são apresentados os reservatórios de montante, jusante e de posição intermediária, respectivamente.

Figura 2: Reservatório de posição a montante.



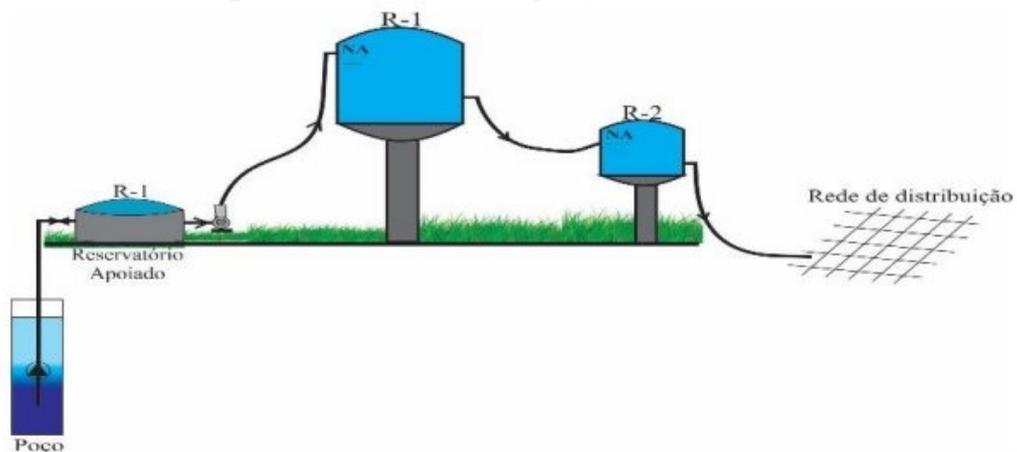
Fonte: Tsutiya (2006).

Figura 3: Reservatório de posição a jusante.



Fonte: Tsutiya (2006).

Figura 4: Reservatório de posição intermediária.



Fonte: Moreira (2018).

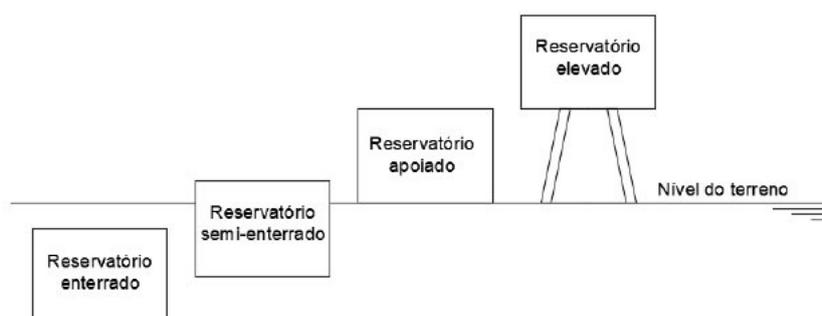
3.6.1.2. Localização no terreno

Em relação à localização no terreno, os reservatórios podem ser classificados em elevados, apoiados, semi-enterrados e enterrados (HELLER; PÁDUA, 2010).

- **Reservatório Elevado:** Segundo Heller e Pádua (2010), são usualmente reservatórios de menores dimensões, possuem como principal característica ter o fundo em cota altimétrica superior à do terreno, tendo como principal objetivo condicionar pressões dinâmicas nas áreas de maior cota topográfica. Este tipo de reservatório, principalmente em cidades planas, encontra-se frequentemente no entorno de outra unidade de armazenamento, enterrada ou apoiada, no intuito de otimizar a operação, reduzindo a demanda de energia elétrica, pelo fato do conjunto elevatório necessitar menor altura manométrica para recalcar a água .
- **Reservatório Apoiado:** Sua principal característica está no fato de possuir menos de um terço de sua altura, abaixo da cota altimétrica do terreno (HELLER; PÁDUA, 2010).
- **Reservatório Semi-enterrado:** Diferentemente do reservatório apoiado, o reservatório semi-enterrado encontra-se com pelo menos um terço da altura do reservatório abaixo da cota do terreno (HELLER; PÁDUA, 2010).
- **Reservatório Enterrado:** São reservatórios que apresentam à integridade da capacidade de armazenamento disposta abaixo da cota do terreno. Geralmente, este tipo de reservatório, exceto em cidades montanhosas, corresponde à maior parcela de reservação do SAA (HELLER; PÁDUA, 2010).

Na Figura 5 são apresentadas as disposições de reservatório de acordo com a localização no terreno.

Figura 5: Disposição dos reservatórios quanto à localização no terreno.



Fonte: Fillus (2021).

3.6.1.3 Forma geométrica

Com respeito à geometria, os reservatórios de distribuição de água potável geralmente apresentam formatos cilíndricos ou prismáticos, prevalecendo primas quadrados, retangulares e hexagonais (NETTO; FERNANDEZ, 2015).

3.6.1.4 Materiais

Netto e Fernandez (2015) mencionam que os materiais normalmente utilizados na construção de reservatórios, são os seguintes: concreto armado, concreto protendido, chapa metálica e materiais especiais, como fibra de vidro por exemplo.

3.1.7 Rede de distribuição

Segundo a ABNT (2017), a rede de abastecimento é definida como parte integrante do SAA sendo composta de tubulações, componentes e equipamentos acessórios, cuja finalidade consiste em disponibilizar água potável aos consumidores, de forma contínua, em quantidade e pressão recomendadas. A NBR 12218 de 2017 apresenta os principais critérios de dimensionamento e condições de operação das redes de abastecimento, dentre eles destacam-se no âmbito deste trabalho:

- Quanto à área abastecida, a demanda de água deve ser avaliada, considerando diferentes ocupações de uso do solo: residencial, industrial comercial, pública e especial;
- As vazões para dimensionamento devem atender a área abastecida em sua totalidade;
- Referente às pressões na rede, a NBR 12218 de 2017 estabelece que a pressão estática máxima admissível seja de 400 kPa, entretanto para locais de relevo acidentado, este limite máximo pode atingir 500 kPa. Quanto à pressão dinâmica, exige-se que ela seja no mínimo de 100 kPa, e ser referenciada ao nível do terreno. Em nota, a NBR 12218 menciona que sempre que possível a pressão estática máxima deve estar entre 250 kPa e 300 kPa, visando à redução de perdas reais;
- Os limites de pressão estática máxima e dinâmica mínima podem ser infringidos, desde que justificados tecnicamente e/ou economicamente. Deste modo,

necessita-se verificar se a pressão atuante é suportada por todos os componentes do sistema;

- No âmbito de novos estudos e projetos, o aproveitamento de partes da rede existente deve ser orientado pela NBR 12218 ou adaptar-se a ela, a partir de modificações ou complementações, e deve ser analisado o impacto do sistema projetado sobre as instalações existentes;
- Em tubulações de caráter secundário, a norma estabelece que o diâmetro mínimo seja de 50 mm. Entretanto, exceções podem ser aceitas desde que justificadas de forma técnica;
- Em relação à perda de carga, exige-se que, para a velocidade máxima de projeto, a perda de carga máxima permitida seja de até 10m/km. Velocidades inferiores a 0,4m/s devem ser evitadas. Conforme consta, exceções podem ser aceitas desde que justificadas em caráter técnico;
- Simulações hidráulicas devem ser empregadas para realizar o dimensionamento e análise do funcionamento global do sistema hidráulico. A aplicação de simulações hidráulicas se estende a operação da rede existente, da rede projetada e sua influência na rede existente, à qual é interligada.

Independente do desenho da rede, ela é composta por condutos principais ou condutos troncos e condutos secundários. Os condutos principais têm por característica apresentar maior diâmetro, além descumprir a função de abastecer as tubulações secundárias. As tubulações ditas secundárias possuem menor diâmetro associado e tem por finalidade abastecer diretamente os pontos de consumo do sistema. As redes de abastecimento são classificadas levando em consideração a disposição dos condutos principais e o sentido do escoamento nas tubulações secundárias, deste modo, as redes podem ser enquadradas em rede ramificada e rede malhada (PORTO, 2006).

A rede ramificada é dotada de uma tubulação tronca, onde a sua alimentação ocorre por meio de um reservatório de montante ou mesmo sob pressão de um sistema de bombeamento. A distribuição da água para os pontos de consumo fica a cargo dos condutos secundários. Neste tipo de rede, comumente empregado em cidades de menor porte, granjas, acampamentos e sistemas de irrigação por aspersão, é possível identificar o sentido do escoamento em qualquer trecho da rede. Diferentemente das redes ramificadas, as redes malhadas não possuem apenas uma tubulação tronco, são formadas por malhas e anéis, tornando-se possível, a partir das demandas haver

reversibilidade nos sentidos da vazão escoada. Nestas tubulações, verifica-se maior flexibilidade no atendimento ao consumo, uma vez que se pode abastecer um local por mais de um caminho, favorecendo a realização de manutenções, quando necessárias (PORTO, 2006).

3.2 BALANÇO HÍDRICO EM SAA

Os balanços hídricos em SAAs são definidos como “balanços de massa” sendo elaborados a partir de dados anuais, comerciais e operacionais, provenientes de mesma base física e temporal (AESBE, 2015). Segundo a CESDA (2014), o método do balanço hídrico tem por finalidade controlar e conhecer os volumes aduzidos, distribuídos e perdidos em um sistema de distribuição de água. No âmbito internacional, o balanço hídrico é conhecido pela aplicação do tipo “Top-Down”, pelo fato de avaliar as perdas de água de “cima para baixo”, ou seja, pela diferença entre o volume de entrada do sistema e o volume efetivamente consumido (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Nicola e Inácio (2018) destacam que em decorrência da consolidação de experiências, aliadas a estudos posteriores desenvolvidos por diferentes especialistas pelo mundo, o método do balanço hídrico tornou-se uma ferramenta indispensável para subsidiar a gestão de SAA. Os autores mencionados destacam ainda, o empenho dos pesquisadores do IWA no detalhamento dos conceitos intrínsecos do balanço hídrico, além de promover a disseminação e experimentação do método.

Conforme definido pelo IWA e apresentado em Alegre *et al.* (2004), o balanço hídrico normalmente é calculado para um período de 12 meses. A AESBE (2015) elencou algumas vantagens no emprego de dados anuais na determinação do balanço hídrico de um SAA, sendo elas: dispersa os efeitos sazonais de consumo, atenua as diferenças entre leituras dos micros e macromedidores, além de minimizar os efeitos dos erros provenientes da tomada de consumos, pelo fato de geralmente necessitarem de um intervalo de tempo para que os ajustes sejam processados.

A metodologia do balanço hídrico elaborada pelo IWA é composta por diferentes componentes. Na Figura 6, encontram-se dispostas todas as componentes que englobam a metodologia do balanço hídrico e, maiores detalhes envolvendo cada componente são apresentados ao longo deste subtópico.

Figura 6: Componentes do balanço hídrico.



Fonte: adaptado de Baggio (2014).

Uma vez apresentadas todas as componentes que contemplam a metodologia do balanço hídrico, elas serão detalhadas e discutidas de forma individual:

1. **Volume de entrada no sistema:** Corresponde ao somatório dos volumes de entrada de água no sistema, sejam provenientes de fontes superficiais e/ou subterrâneas somadas ao volume de água importada para o sistema (BEZERRA; CHEUNG, 2013). Conforme Alegre *et al.* (2004), caso o balanço hídrico referir-se a apenas uma parte do sistema global, a água que entra no sistema deve corresponder a essa parte do sistema.
2. **Consumo autorizado:** É definido pelo volume de água, podendo ser medido ou não, o qual é fornecido aos consumidores registrados, à própria entidade gestora de água e a outros que estejam de forma implícita ou claramente autorizados pela entidade gestora, para realizar usos de caráter domésticos, comerciais e industriais, durante o período de referência. O consumo autorizado inclui ainda a água exportada (ALEGRE *et al.*, 2004). Em Alegre *et al.* (2004) são apresentadas duas notas a respeito do consumo autorizado. Na primeira nota consta que o consumo autorizado pode incluir volumes destinados ao combate a incêndios, lavagem de calçadas e coletores de esgoto, lavagem de ruas, rega de espaços verdes municipais, alimentação de fontes e chafarizes e, demais usos. O consumo de água destinado às atividades mencionadas pode ser faturado ou não

faturado, medido ou não medido, variando de acordo com a prática local. Na segunda nota, por sua vez, relata-se que o consumo autorizado inclui as fugas de água e o desperdício de água, por parte dos clientes registrados, os quais não são medidos.

3. Perda de água: Corresponde à diferença entre o volume de entrada de água no sistema e o consumo faturado. As perdas de água podem ser calculadas para todo o sistema ou somente para subsistemas. Diante desta possibilidade, para cada caso as componentes de cálculo devem ser consideradas em função da situação. As perdas de água dividem-se em duas formas, sendo elas: perdas aparentes e perdas reais (ALEGRE *et al.*, 2004).
4. Perdas aparentes: Caracterizam-se por serem perdas não físicas, ou seja, a água é consumida, entretanto não é faturada pela prestadora do serviço, pelo fato das perdas mencionadas serem provenientes de submedições de hidrômetros, existências de fraudes e ocorrência de falhas no sistema de cadastro comercial (BÁGGIO, 2014).
6. Perdas reais: São definidas como perdas físicas de água do sistema em pressão, até o hidrômetro do cliente, durante o período de referência (ALEGRE *et al.*, 2004). Conforme Bezerra e Cheung (2013), as perdas reais são provenientes de vazamentos que acontecem em tubulações adutoras, redes de distribuição, ramais de ligações prediais, ETAs e extravasamentos de reservatórios.
7. Consumo faturado medido: É definido como sendo o volume de água anual que culmina na arrecadação de receita por parte da companhia prestadora do serviço e corresponde ao somatório dos valores arrecadados nas contas de água emitidas. O consumo faturado medido é composto pelo volume mensurado nos hidrômetros (BEZERRA; CHEUNG, 2013).
8. Consumo faturado não medido: Este volume de consumo refere-se às economias desprovidas de medição por hidrômetro, podendo ser consumidores de baixa renda ou não. Algumas companhias acabam por adotar geralmente o volume de 10m³ mensais como base de consumo para cobrança. O consumo faturado não

medido juntamente com o consumo faturado medido são as fontes de receita das companhias (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

9. Consumo medido não faturado: Caracteriza-se pelo volume de consumo fornecido a determinados consumidores e a própria companhia de água para atividades como, por exemplo, lavagem dos filtros da ETA, onde dispensa-se dos usuários de água o pagamento da fatura proveniente dos consumos medidos (BEZERRA; CHEUNG, 2013).
10. Consumo não medido não faturado: Configuram-se como volumes de consumo estimados que não geram receita a companhia de água, mas possuem geralmente seu uso autorizado e tem por finalidade atender os usos da própria entidade gestora, purgas de rede, lavagem de reservatórios, combate a incêndios e demais demandas (AESBE, 2015).
11. Consumo não autorizado: Refere-se aos volumes de água que são consumidos pelos usuários sem que haja autorização por parte da entidade gestora do serviço. Configuram-se como consumos não autorizados as fraudes em medidores, bypasses, ligações de forma clandestina, além de outras formas específicas à realidade onde encontra-se inserida a entidade gestora do serviço de água (AESBE, 2015).
12. Erros de medição: Conforme Bezerra e Cheung (2013) correspondem ao volume de água não mensurado proveniente de erros na realização de medição dos contadores, problemas técnicos de fabricação, dimensionamento inadequado e instalação incorreta.

As demais componentes do balanço hídrico referem-se aos diversos pontos do sistema com potencial de existência de vazamentos, como: ramais, adutoras, reservatórios dentre outros locais.

3.3 DIAGNÓSTICOS HIDROENERGÉTICOS

Conforme Gomes e Carvalho (2012), o diagnóstico hidroenergético caracteriza-se por ser uma avaliação cujo objetivo principal consiste em estabelecer possibilidades

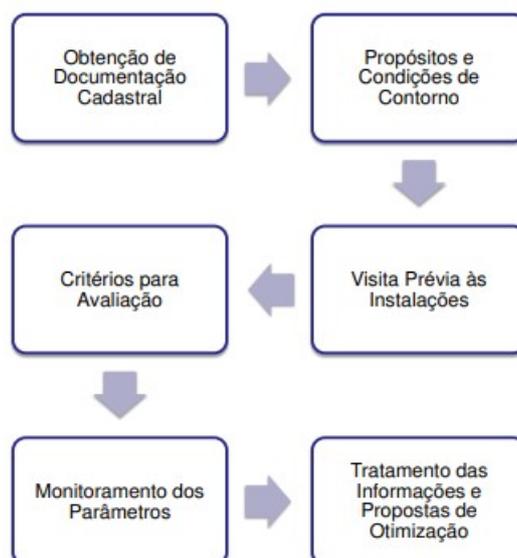
visando o aumento da eficiência hidroenergética, cujo produto final desta avaliação irá definir as intervenções necessárias no sistema e as respectivas estimativas de redução de consumo de energia elétrica e perdas de água.

Henriques (2018) ressalta que antes de serem propostas intervenções em um SAA, sejam estas no âmbito de procedimentos operacionais, estruturais ou de gestão, necessita-se conhecer de forma detalhada as características particulares, suas restrições hidráulicas, limitações, potencialidades e objetivos ou sua finalidade principal. Este detalhamento profundo e amplo, só pode ser obtido a partir de um estudo global e integrado, ou seja, um diagnóstico hidroenergético.

A elaboração de um diagnóstico hidroenergético configura-se como um trabalho constituído de uma série de etapas, onde as mesmas devem preferencialmente seguir uma ordem sistemática, tendo início com a obtenção de documentação cadastral, a qual inclui levantamento de diagramas técnicos diversos, cadastro comercial de operação e manutenção, visita prévia às instalações e validação de dados cadastrais, planejamento e execução de campanhas de parâmetros elétricos e hidráulicos, análise de dados levantados, avaliação de eficiência, estabelecimento de uma linha base energética e indicação de alternativas de efficientização do sistema (HENRIQUES, 2018).

Na Figura 7, encontra-se disposto um fluxograma básico onde são apresentadas as etapas que compõem um diagnóstico hidroenergético.

Figura 7: Fluxograma básico das etapas de um diagnóstico hidroenergético.



Fonte: Castiglio (2014)

Kuritza (2017) destaca que mesmo com a elaboração do diagnóstico hidroenergético, concluir sobre a eficiência do sistema ainda pode ser tornar uma tarefa difícil, pelo fato de ser necessária a determinação da linha base, parâmetro de referência para metas e objetivos no âmbito das boas práticas, visando o uso racional de água e energia elétrica. Conforme a ABNT (2011), a linha de base energética é definida, por uma ou mais referências quantitativas, capazes de fornecer uma base comparativa do desempenho energético. A NBR 50.001/2011 menciona em nota que uma das funções de aplicabilidade da linha base energética encontra-se no fato de possibilitar o cálculo de economia de energia, uma vez que ela serve de comparativo entre as condições operativas do antes e depois da realização de ações visando à melhoria de desempenho energético. Segundo Kuritza (2017), os indicadores de desempenho, provenientes do monitoramento hidroenergético e da organização dos dados brutos, são utilizados para determinação da linha de base energética. Os principais indicadores de desempenho utilizando na avaliação de SAAs são apresentados em maiores detalhes no Tópico 3.4.

3.4 INDICADORES DE DESEMPENHO EM SAA

Um indicador desempenho, conforme o IWA (*International Water Association*) define-se como uma medida quantitativa de determinado parâmetro de desempenho da entidade gestora ou do nível de serviço prestado. Configura-se, portanto, como uma ferramenta de apoio que visa subsidiar o monitoramento da eficiência e eficácia da entidade gestora, simplificando uma avaliação que, de outra perspectiva, seria mais complexa e subjetiva (ALEGRE *et al.*, 2004).

Conforme Tonial (2014), as principais fontes de consulta sobre indicadores de desempenho no âmbito de SAA são o SNIS e o IWA, pelas suas relevâncias na conjuntura nacional e internacional, respectivamente. Os indicadores de desempenho levantados juntos ao SNIS e IWA são os seguintes:

Consumo Específico de Energia (CEE ou IN058): É definido pela quantidade de energia média para elevar 1m^3 de água. Este indicador mostra-se capaz de representar a eficiência do conjunto motobomba juntamente com a eficiência do sistema hidráulico a jusante da bomba. Conforme Coura (2007), este indicador permite apontar possíveis desvios oriundos de problemas operacionais ou erros na fatura de energia elétrica. No Brasil, conforme levantamento realizado no ano de 2020 e apresentado em Brasil (2021c), o valor médio deste indicador mostrou-se igual a $0,73\text{ kWh/m}^3$. O Programa

Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos, das Nações Unidas WWAP (2014), apresenta valores de referência para consumo específico de energia elétrica de 0,37 kWh/m³ para captações hídricas superficiais e 0,48 kWh/m³ para captações subterrâneas, mostrando-se significativamente inferiores a média do valor disposto no SNIS. O consumo específico de energia elétrica é obtido através da aplicação da Equação 1.

$$\text{CEE} = \frac{\text{Consumo de energia (kWh)}}{\text{Volume Bombeado (m}^3\text{)}} \quad (1)$$

Consumo Específico de Energia Normalizado (CEN): O indicador CEN, denominado Ph5 pelo IWA, tem a capacidade de mensurar a eficiência energética de um SAA durante um período de tempo de referência conforme GIZ (2017). Segundo Coura e Gomes (2007), este indicador proposto pelo IWA, permite a comparação entre instalações de diferentes alturas manométricas, uma vez que realiza a transformação os volumes bombeados de uma altura hipotética para uma mesma base de comparação, neste caso, a altura definida foi de 100m. Para realizar o emprego do indicador Ph5 (CEN), Alegre *et al.* (2004) destacam ser necessário conhecer a altura manométrica, volume bombeado e consumo de energia elétrica, para uma mesmo intervalo de tempo para aplicação deste indicador. Na Equação 2, encontra-se disposto o método de cálculo para obtenção do CEN ou Ph5.

$$\text{Ph5 (CEN)} = \frac{E}{V \cdot \left(\frac{H_{\text{man}}}{100}\right)} \quad (2)$$

Onde:

Ph5 (CEN) = Consumo Específico de Energia Normalizado (kWh/(m³.100m));

E = Consumo de energia para um determinado período de tempo de referência (kWh);

V = Volume bombeado para um determinado período de tempo de referência (m³);

Hman = Altura manométrica de bombeamento (m);

Os valores de referência do Ph5 (CEN) podem ser avaliados pela métrica adotada pelo ProEESA (Projeto de eficiência energética em sistema de abastecimento de água), sendo a mesma elaborada através de um acordo entre a Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional e o Ministério Federal de

Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, sendo a parceria executada a cargo da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) (HAGUIUDA, 2019).

A Tabela 1, apresenta a faixa de variação do indicador Ph5 adotado pela ProEESA.

Tabela 1: Valores de referência adotados pelo ProEESA.

Eficiência	Valores de Referência [kWh/m ³ .100m]	Eficiências médias de referência
Boa	0,27 a 0,4258	Acima de 64%
Mediana	0,4258 a 0,57978	47% a 64%
Insatisfatória	> 0,57978	Abaixo de 47%

Fonte: (ProEESA apud Hagiuda, 2019).

Utilização da capacidade de bombeamento (Ph4): Este indicador tem a capacidade de mensurar a capacidade de bombeamento remanescente para o dia de maior consumo energético. Na base de cálculo deste indicador, não são computadas a capacidade de grupos motobombas reservas que não possuem operação simultânea com os demais conjuntos (ALEGRE *et al.*, 2004). Através do emprego da Equação 3, torna-se possível a obtenção do indicador Ph4.

$$\text{Ph4} = \frac{\text{D2}}{\text{C7} \cdot 24} \cdot 100 \quad (3)$$

Onde:

Ph4 = Utilização da capacidade de bombeamento (%);

D2 = Consumo máximo diário de energia para bombeamento (kWh);

C7 = Capacidade máxima de bombeamento das estações elevatórias (kW);

Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (WR1): Caracteriza-se por ser um indicador ambiental, não sendo apropriado para avaliar a eficiência da gestão técnica dos sistemas de distribuição. O indicador é determinado pela razão de perdas reais pela entrada de água no sistema, ambos os parâmetros são avaliados para um mesmo período de referência (ALEGRE *et al.*, 2004). A Equação 4 apresenta os parâmetros utilizados para obtenção do WR1.

$$WR1 = \frac{A19}{A3} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde:

WR1 = Ineficiência na utilização dos recursos hídricos (%);

A3 = Água de entrada no sistema (m³);

A19 = Perdas reais (m³);

Adequação da pressão de serviço (QS10): O indicador expressa a porcentagem de locais onde a pressão, na hora de maior consumo, encontra-se igual ou superior ao chamado nível requerido (ALEGRE *et. al.*, 2004). Valendo-se da Equação 5, torna-se possível a obtenção do indicador QS10.

$$QS10 = \frac{D33}{C24} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde:

QS10 = Adequação da pressão de serviço (%);

C24 = Número de ramais;

D33 = Número de pontos de entrega com pressão adequada;

Continuidade do abastecimento (QS12): Indicador relevante para sistemas de abastecimento de caráter intermitente. Interrupções provenientes de avarias imprevistas, manutenções ou reabilitações do sistema não devem ser computadas no emprego deste indicador (ALEGRE *et al.*, 2004). Na Equação 6, encontra-se disposto o método de cálculo para determinação do indicador QS12.

$$QS12 = \frac{H2}{H1 \cdot 24} \cdot 100 \quad (6)$$

Onde:

QS12 = Continuidade no abastecimento (%);

H1 = Duração do período de referência (dia);

H2 = Tempo de pressurização do sistema (horas);

Interrupção no fornecimento (QS13): Conforme Miranda (2010), este indicador deve ser usado pela empresa gestora do SAA, para avaliar a qualidade do serviço diretamente junto aos clientes. O indicador é aplicável a densidade de ramais $\geq 20/\text{km}$ de rede (ALEGRE *et al.*, 2004). O indicador é obtido através do emprego da Equação 7.

$$\text{QS13} = \frac{\text{D35}}{\text{F1} \cdot 24 \cdot \text{H1}} \cdot 100 \quad (7)$$

Onde:

QS13 = Interrupção no fornecimento (%);

D35 = Interrupções do fornecimento de água (hab.h);

F1 = População total abastecida na zona avaliada (habitantes);

H1 = Duração do período de referência (dia);

3.5 MEDIDAS PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA HIDROENERGÉTICA EM SAA

Conforme Pereira e Condurú (2014), as proposições de medidas de eficiência energética em SAAs necessitam ocorrer de forma integrada no intuito de promover ou aprimorar o desempenho do sistema. Estas ações englobam todos os diferentes setores da empresa, entre eles: o administrativo, de projetos e obras, o responsável pela operação e manutenção, o encarregado pelo registro e análise de informações, além de outros.

O BID (2011) realizou um levantamento de identificação de oportunidades de economia de energia. Essencialmente, em cada projeto as ações visam controlar e otimizar as variáveis que interferem no consumo e custo energético, sendo as mesmas classificadas nos seguintes grupos de potenciais intervenções:

- 1) Medidas relacionadas com a tarifa de energia;
- 2) Medidas para a redução de perdas nas instalações elétricas;
- 3) Medidas para aumentar a eficiência dos motores;
- 4) Medidas para aumentar a eficiência das bombas;
- 5) Redução de perdas de carga;
- 6) Redução de vazamentos;
- 7) Melhora da operação;
- 8) Melhora da manutenção;
- 9) Substituição da fonte de alimentação de energia elétrica;

Antes da apresentação e discussão dos pormenores dos grupos de medidas de eficiência hidroenergética mencionados, ressalta-se que apenas alguns grupos serão detalhados, uma vez que o escopo deste trabalho, não contempla a avaliação e proposição de potenciais intervenções nos SAAs pertencentes a determinados grupos.

No âmbito de medidas relacionadas à tarifa de energia, Coura e Gomes (2007) relatam que ações administrativas demandam entre nenhum a pouco investimento, a não ser a qualificação e preparo de alguns funcionários. Condurú e Pereira (2014) elencam as principais medidas de eficiência referentes à tarifa de energia, sendo elas:

- Avaliação da qualidade da energia elétrica recebida;
- Estudo da base tarifária;
- Análise do contrato junto à concessionária de energia elétrica, avaliando a estrutura tarifária, a classe de faturamento e sua demanda contratada;
- Registro do consumo de energia elétrica no SAA;
- Realização da conferência regular da fatura;

Em relação às oportunidades de aumento de eficiência na utilização de bombas hidráulicas, Monachesi (2005) elaborou um levantamento de potenciais intervenções no bombeamento, sendo as mesmas apresentadas e descritas:

- Melhorar o rendimento da bomba, através da realização de seleção adequada do equipamento. O ponto de operação da bomba deve ser verificado, no intuito de avaliar se o mesmo se encontra dentro da faixa ótima de operação, e se necessário, promover a sua adequação. Bloch (2012) indica que a faixa ótima de vazão para operação das bombas encontra-se entre 80 a 110% da vazão correspondente ao ponto de máximo rendimento do equipamento.
- Empregar variadores de frequência, deste modo, pode-se manter o rendimento mais próximo do ponto de máximo rendimento, através da variação da curva da bomba visando compensar as variações provenientes da curva do sistema;
- Fazer associação de bombas correta, seja ela disposta em série, paralelo e individual, no intuito de otimizar o ponto de funcionamento do sistema;
- Evitar o fenômeno da cavitação no equipamento, uma vez que o mesmo produz ruído, vibração excessiva do conjunto motobomba, alteração das curvas características (vazão x altura manométrica e vazão x rendimento), além de promover a deterioração do material;

Quanto às medidas para aumentar a eficiência dos motores elétricos, Monachesi (2005) destaca a verificação para avaliar se o motor que aciona a bomba hidráulica encontra-se sub ou sobredimensionado, sendo os motores que operam com carga correspondente a 50% da nominal os principais candidatos para este tipo de avaliação. Outra opção de intervenção, conforme mencionado pelo autor, encontra-se no fato de avaliar a substituição por motores de alto rendimento, que mesmo sendo mais onerosos financeiramente, podem compensar o investimento inicial através da redução do aporte financeiro para a operação do sistema.

Referente às medidas de redução da perda de carga, Gomes e Bezerra (2012) destacam que as elevadas perdas de carga em sistemas de bombeamento normalmente encontram-se no barrilete ou na adutora. Em vista a estas constatações, Gomes e Bezerra (2012) apresentam algumas ações com potenciais de redução da perda de carga em SAA, conforme apurado:

- Se tratando do barrilete, a realização de uma campanha de medição da pressão na saída da bomba e logo após o barrilete possibilita a verificação da ocorrência de perdas de cargas excessivas superiores as previstas. Contudo, antes de avaliar ou propor medidas de intervenção deve-se investigar as potenciais causas do problema. Coura e Gomes (2007) destacam ainda, a possibilidade de existência de válvulas estranguladas na tubulação promovendo a dissipação de energia por perda de carga.
- No âmbito das tubulações, medidas como diminuição da rugosidade através limpeza possibilitam a remoção de incrustações que diminuem a seção útil do escoamento no conduto, evitando desta forma o aumento da perda de carga. O revestimento das paredes internas de tubos metálicos utilizando, por exemplo, revestimento protetor de argamassa de cimento acaba diminuindo a seção útil do escoamento, mas por outro lado promove a redução da rugosidade da tubulação. A substituição do diâmetro da tubulação ou construção de um trecho paralelo ao existente são alternativas empregadas quando se verifica que a capacidade de transporte da linha adutora existente torna-se ineficiente decorrente de um aumento na vazão transportada.

No que tange as medidas de redução de vazamentos Monachesi (2005), divide as ações de eficiência referentes a perdas físicas e perdas aparentes, conforme descritas:

Perdas Físicas:

- Emprego de válvulas redutoras de pressão visando adequação deste parâmetro;
- Propor a setorização da rede de distribuição, conforme a faixa de altura manométrica;
- Realizar a automação e o controle da rede, visando dar celeridade no processo de detecção de perdas e providenciar sua correção;
- Elaborar de forma frequente e planejadas pesquisas para detecção de vazamentos;

Perdas Aparentes:

- Promover campanhas de aferição de medidores;
- Executar a instalação de macromedidores visando setorizar as perdas e identificar áreas críticas;
- Em regiões de maiores perdas e de consumidores desativados executar o monitoramento e cadastramento dos consumidores;

Tratando-se ainda de perdas aparentes, mas com relação aos volumes micromedidos, ou seja, volumes medidos a partir de hidrômetros instalados na entrada dos imóveis podem subdimensionar o consumo do usuário. Portanto, algumas ações com respeito à diminuição de perdas aparentes na micromedição podem ser executadas, entre elas: promover a instalação de hidrômetros adequados à faixa de consumo, realizar a substituição periódica de hidrômetros e realizar a desinclinação dos hidrômetros BÁGGIO (2014).

Apresentados os conceitos que fundamentaram o referencial teórico, no próximo tópico encontra-se disposta a metodologia empregada visando à obtenção dos resultados.

4. METODOLOGIA

A metodologia encontra-se disposta e organizada em quatro tópicos principais, sendo estes elencados:

- 4.1 - Localização e caracterização geral da área de estudo;
- 4.2 - Obtenções dos dados;
- 4.3 - Análise global dos sistemas de abastecimento;

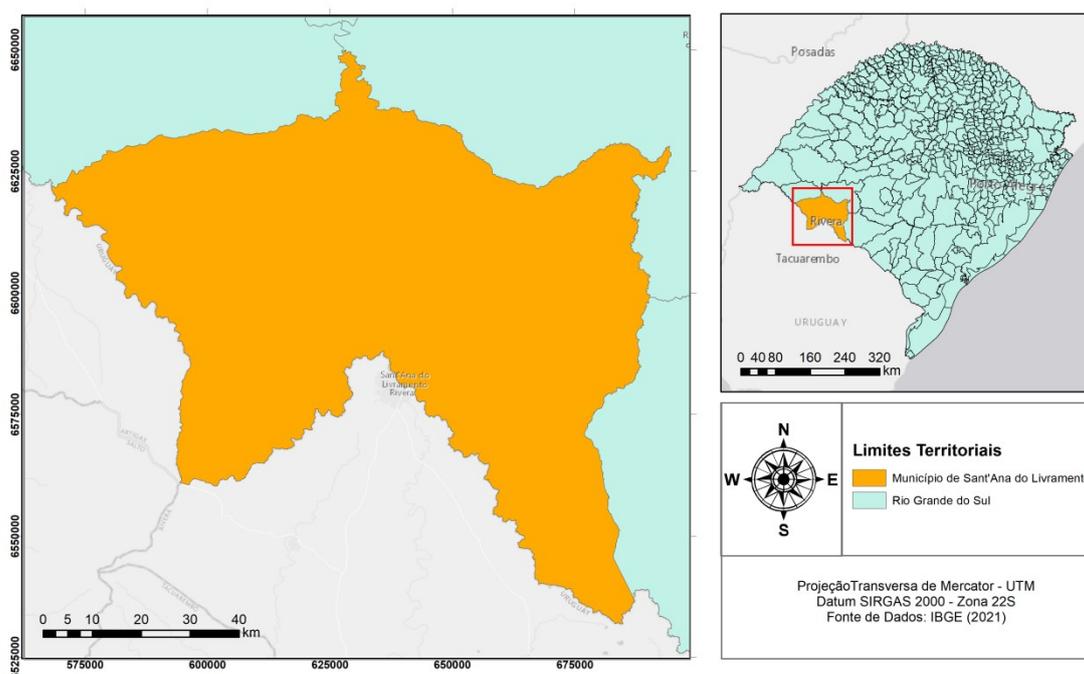
4.4 - Diagnósticos individuais dos sistemas de abastecimento.

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo deste trabalho compreende os sistemas de abastecimento de água inseridos na zona urbana do município de Sant'Ana do Livramento, sendo esta cidade localizada na porção sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul. O município caracteriza-se por formar juntamente com a cidade de Rivera, localizada no extremo norte da República Oriental do Uruguai, a Fronteira da Paz, em virtude da convivência harmoniosa entres os habitantes das duas cidades (CAMPONOGARA, 2006). Na Figura 8, visualiza-se a localização do município de Sant'Ana do Livramento.

Figura 8: Localização do município da área de estudo.

Localização Município de Sant'Ana do Livramento - RS



Fonte: Autor.

Conforme estimativas do IBGE (2022), a população do município de Sant'Ana do Livramento no ano de 2021 totalizava 75.647 habitantes, possuindo uma área de abrangência de 6.946,407 km².

As atividades econômicas de destaque no município são representadas pelas práticas de atividades de pecuária de bovinos e ovinos, produção agrícola de arroz e

soja, além da produção frutífera, com destaque para desenvolvimento da vitivinicultura (REVITA, 2009).

4.2 OBTENÇÕES DOS DADOS

Os dados apresentados ao longo dos itens deste subtópico da metodologia e consequentemente empregados para a obtenção dos resultados são provenientes da base de dados referente ao ano de 2021 da autarquia municipal de Sant’Ana do Livramento denominada Departamento de Água e Esgoto doravante denominada DAE.

4.2.1 Sistemas e setores de abastecimento

Os sistemas de abastecimento de água da zona urbana de Sant’Ana do Livramento, em alguns casos, encontram-se divididos em setores. Portanto, na Tabela 2 são apresentados os 17 sistemas urbanos e seus respectivos setores de abastecimento de água. Ressalta-se que os sistemas de abastecimento que serão avaliados encontram-se localizados apenas na zona urbana do município, não abrangendo, portanto, os sistemas dispostos na zona rural de Sant’Ana de Livramento.

Tabela 2: Sistemas e setores da zona urbana de Sant’Ana do Livramento.

Sistema	Setor
Hidráulica - AC	Hidráulica
	Ac
	Elevadíssimo
	Zona Baixa
	Brigada
Kennedy	-
Armour	-
Brasília	Brasília
	Vila Nova
Alexandrina	-
Parque São José	Parque São José
	Wilson
	Alto Wilson
Registro	Registro
	Vila Real
	Morada Fátima
Julieta	Julieta
Umbú	-
Progresso	Progresso

Sistema	Setor
Progresso	Simon Bolívar
Jardins	Jardim do Verde
Paraíso	-
Serra Sol	-
Luiza	-
Floresta	-
Planalto	-
Queirolo	-

Fonte: DAE (2021).

4.2.2 Identificação dos volumes consumidos, faturados e número de economias

Os dados referentes aos volumes consumidos por economias (onde há medição de consumo), bem como, consumos faturados e número de ligações onde houve medição de consumo, para todos os meses de 2021 e setores de cada sistema urbano são apresentados no ANEXO I.

As informações apuradas junto ao DAE foram a base para a realização das análises de dinâmica de consumo por economia ao longo de 2021, a realização do balanço hídrico em determinados sistemas e avaliações referentes às economias ativas e cortadas.

O tratamento empregado para os dados apresentados no ANEXO I encontra-se detalhados ao longo dos tópicos 4.3.1 ao 4.3.3.

4.2.3 Captação e capacidade de bombeamento

Conforme apurado junto ao DAE, a captação de água para abastecimento dos sistemas localizados na zona urbana de Sant'Ana do Livramento ocorre exclusivamente por meio de manancial subterrâneo. Segundo os estudos apresentados em Revita (2009), o manancial subterrâneo de Sant'Ana do Livramento encontra-se compreendido dentro dos limites da área de abrangência do Aquífero Guarani, sendo este uma das maiores riquezas naturais da cidade, por disponibilizar água em boa quantidade e qualidade e em profundidades relativamente pequenas.

Através dos dados fornecidos pelo DAE, constatou-se que há na zona urbana da cidade 43 poços em operação, sendo estes responsáveis por suprir as demandas da população. Na Tabela 3, encontra-se disposta à lista contendo os códigos dos poços existentes, diâmetros, bem como a respectiva vazão média de operação.

Tabela 3: Código e vazão média dos poços destinados ao abastecimento da zona urbana.

Sistema	Código do poço	Diâmetro do poço (pol)	Vazão média atual (m³/h)
Hidráulica AC	H-02	10,0	100
	H-03	10,0	25
	H-04	8,0	49
	H-05	10,0	70
	H-06	12,0	57
	H-10B	6,5	38
	H-12	10,0	47
	UM-01	10,0	22
	AC-01	10,0	47
	AC-02	10,0	37
	AC-03	10,0	48
	AC-04	10,0	65
Kennedy	KE-01	6,0	14
	KE-02B	6,5	41
Armour	AR-03	10,0	70
	AR-04	10,0	44
	AR-05	10,0	16
Brasília	BR-01	10,0	18
	BR-02	10,0	21
	BR-03	10,0	15
	BR-04	10,0	51
	VNOVA-01	6,5	29
Alexandrina	AL-01	8,0	21
	AL-03	6,5	27
	AL-04	6,5	0
Parque São José	W-01	6,0	19
	W-03B	10,0	14
	W-04	10,0	60
Registro	RE-01	8,0	92
	RE-02	10,0	47
	RE-03 Meio	8,0	91
	RE-04 Praça	10,0	80
Julieta	PRA-01	10,0	111
Umbú	UM-02	6,0	36
Progresso	PRO-01B	5,0	21
	SIMBO-01	10,0	11
Jardins	JVER-01	6,0	48
Paraíso	PAR-01	5,0	8
Serra Sol	SSOL-01	5,0	3
Luiza	VLU-01	10,0	57
Floresta	FLO-01	6,5	34

Sistema	Código do poço	Diâmetro do poço (pol)	Vazão média atual (m³/h)
Planalto	PLA-01	6,5	37
Queirolo	QUE-01	8,0	45

Fonte: DAE (2021).

Em relação ao tempo de operação das bombas responsáveis pela captação de água dos poços apresentados na Tabela 3, foram disponibilizados os dados de tempo de operação de apenas alguns poços. Na Tabela 4, encontram-se dipostos os dados de operação de alguns poços ao longo dos meses de 2021. Importante resaltar que os dados apresentados na Tabela 4 são provenientes de anotações realizadas pelos colaboradores da companhia de saneamento municipal durante o ano de 2021.

Tabela 4: Tempo de operação dos poços destinados ao abastecimento da zona urbana.

Ano 2021		Horas de Funcionamento (h/mês)											
Sistema	Código Poço	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Hidráulica AC Elevadíssimo Zona Baixa Brigada	H-02	692,0	337,0	460,0	467,0	254,0	324,0	465,5	631,0	644,5	599,5	604,0	717,0
	H-03	742,0	664,0	419,0	287,0	20,0	0,0	0,0	68,0	33,0	27,5	138,0	384,5
	H-04	742,0	663,0	744,0	719,0	692,0	716,0	692,0	257,0	81,0	738,0	720,0	741,0
	H-05	742,0	672,0	744,0	718,0	692,0	720,0	735,0	744,0	709,5	742,0	720,0	741,0
	H-06	741,0	653,0	744,0	718,0	692,0	703,0	724,0	744,0	709,5	742,0	720,0	739,0
	H-10B	736,0	658,0	741,0	718,0	656,0	698,0	468,0	431,0	703,5	730,0	719,0	741,0
	H-12	679,0	545,0	646,0	610,0	498,0	579,0	549,0	597,0	485,5	550,0	578,0	689,0
	UM-01	744,0	672,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0	744,0	720,0	744,0	720,0	744,0
	AC-01	741,0	667,5	675,0	584,0	467,0	502,5	443,5	452,5	367,0	370,0	406,5	606,5
	AC-02	744,0	672,0	743,0	717,0	699,0	720,0	739,0	744,0	713,5	744,0	720,0	744,0
AC-03	744,0	672,0	743,0	720,0	699,0	671,5	740,0	744,0	713,5	743,5	720,0	744,0	
AC-04	744,0	312,0	743,0	720,0	699,0	720,0	732,0	743,5	685,5	630,0	610,0	712,5	
Armour	AR-03	683,6	603,6	646,3	646,2	599,9	598,2	647,0	639,9	613,1	626,4	623,6	672,3
	AR-04	314,4	235,7	277,0	204,2	100,9	131,4	50,0	98,5	141,8	323,2	397,7	443,7
	AR-05	600,6	517,3	481,9	499,4	489,0	503,2	571,3	548,5	526,1	520,7	484,2	577,4
Brasília	BR-01	710,0	588,5	600,0	553,0	608,0	634,0	696,5	733,5	711,5	744,0	719,0	716,0
	BR-02	739,0	663,0	742,0	706,5	697,0	720,0	744,0	733,0	717,5	744,0	720,0	735,0
	BR-03	739,0	663,0	742,0	714,5	697,0	712,0	744,0	734,0	717,5	744,0	720,0	742,0
	BR-04	739,0	312,0	742,0	714,5	697,0	684,0	744,0	733,0	717,5	744,0	720,0	742,0
Registro	RE-01	706,5	656,5	731,5	709,5	638,5	703,5	738,0	359,0	359,0	741,0	696,0	744,0
	RE-02	707,5	658,0	744,0*	709,5	653,0	710,5	738,0	359,0	359,0	741,0	703,0	744,0
	RE-03 Meio	583,5	553,0	565,0	395,5	502,5	405,0	465,0	256,0	232,5	526,0	521,5	579,5
	RE-04 Praça	708,5	302,0	722,5	709,5	671,0	710,5	738,0	359,0	359,0	741,0	702,0	744,0

Fonte: DAE (2021).

*Considerou-se o valor de 744h/mês, em virtude do dado disponibilizado ser igual a 931,5h/mês, portanto superior ao máximo de horas possíveis de serem operadas neste mês.

4.2.4 Consumo de Energia

O consumo de energia elétrica decorrente da operação das bombas hidráulicas de captação instaladas nos poços da zona urbana foi disponibilizado visando a realização das análises deste trabalho. Os dados de consumo de energia durante os meses de 2021 são provenientes das faturas de energia elétrica do DAE. A quantificação do consumo encontra-se discretizada em horário de ponta e horário fora de ponta. Entretanto, somente alguns consumos de energia foram utilizados nas análises, fato este motivado por haver mais de uma bomba hidráulica associada a uma mesma fatura de energia elétrica. Os dados de consumo em sua íntegra disponibilizados pelo DAE, encontram-se apresentados no ANEXO II. Diante da situação relatada, na Tabela 5 ilustra-se o levantamento de quais poços de bombeamento possuem suas contas de energia elétrica individualizadas, ou seja, não possuem mais de um conjunto motobomba pertencente a uma mesma fatura de energia elétrica.

Tabela 5: Levantamento de faturas de energia elétrica individualizadas para cada poço existentes em 2021.

Sistema	Código do poço	Panorama
Hidráulica - AC	H-02	Não individualizada
	H-03	Individual
	H-04	Não individualizada
	H-05	Individual
	H-06	Não individualizada
	H-10B	Individual
	H-12	Não individualizada
	UM-01	Individual
	AC-01	Não individualizada
	AC-02	Individual
	AC-03	Individual
	AC-04	Individual
Kennedy	KE-01	Individual
	KE-02B	Individual
Armour	AR-03	Individual
	AR-04	Individual
	AR-05	Individual
Brasília	BR-01	Não individualizada
	BR-02	Individual
	BR-03	Individual
	BR-04	Individual
	VNOVA-01	Individual

Sistema	Código do poço	Panorama
Alexandrina	AL-01	Não individualizada
	AL-03	Individual
	AL-04	Individual
Parque S. José	W-01	Não individualizada
	W-03B	Individual
	W-04	Individual
Registro	RE-01	Não individualizada
	RE-02	Não individualizada
	RE-03 Meio	Não individualizada
	RE-04 Praça	Não individualizada
Julieta	PRA-01	Não individualizada
Umbú	UM-02	Individual
Progresso	PRO-01B	Individual
	SIMBO-01	Individual
Jardins	JVER-01	Não individualizada
Paraíso	PAR-01	Individual
Serra Sol	SSOL-01	Individual
Luiza	VLU-01	Individual
Floresta	FLO-01	Individual
Planalto	PLA-01	Individual
Queirolo	QUE-01	Individual

Fonte: Autor

4.3 ANÁLISE GLOBAL DOS SISTEMAS

Neste subtópico da metodologia os sistemas de abastecimentos serão avaliados de forma detalhada através dos setores existentes em cada sistema. Em cada setor, analisou-se a dinâmica de consumo mensal de água durante o ano de 2021, relações entre consumo mensal e faturado, além de diagnosticar o número de economias ativas e cortadas.

4.3.1 Análise da dinâmica de consumo mensal

Utilizando-se dos dados apresentados no ANEXO I, foi possível avaliar a dinâmica de consumo mensal para todos os setores de abastecimento durante o ano de 2021. Pelo fato dos setores de abastecimento não serem totalmente coberto por hidrômetros analisou-se a dinâmica de consumo mensal de água através do parâmetro consumo mensal por economia. Deste modo, destaca-se que se avaliou o consumo médio por economia.

Para cada setor e mês presente do ANEXO I, dividiu-se o consumo medido no mês pelo número de economias onde há a presença de hidrômetros. Visando a realização do consumo médio mensal por economia para cada setor durante o ano 2021 empregou-se a Equação 8.

$$\text{CPE Mensal} = \frac{\text{VM}}{\text{NE}} \quad (8)$$

Onde:

CPE Mensal = Consumo médio mensal de água por economia medida no setor (m³/economia);

VM = Volume Medido (m³);

NE = Número de economias lidas (economia);

Determinadas as médias mensais de consumo de água por economia presente no setor, calculou-se o consumo médio anual (CPE anual). Após se determinar o CPE anual de cada setor, dividiu-se pelo CPE anual para cada CPE mensal do referido setor, a fim de se obter o percentual de crescimento ou decréscimo do consumo, em relação à média, empregando a Equação 9.

$$\% \text{CPE} = \left(\frac{\text{CPE Mensal}}{\text{CPE Anual}} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (9)$$

Onde:

%CPE = Variação do consumo mensal por economia em relação à média anual do setor;

CPE Médio Anual = Consumo médio anual de água por economia medida do setor (m³/economia);

Visando indicar se houve crescimento, diminuição ou estabilidade no consumo com respeito à média anual por setor, utilizou-se a Tabela 6.

Tabela 6: Faixas de variação empregadas para avaliar o consumo mensal de água por economia durante o ano de 2021.

Faixa de variação em relação à média anual (%)	Comportamento
$\%CPE < -5\%$	Redução do consumo de água
$-5\% \leq \%CPE \leq +5\%$	Estabilidade do consumo de água
$\%CPE > +5\%$	Crescimento do consumo de água

Fonte: Autor

4.3.2 Análise de consumo medido x consumo faturado

O objetivo desta análise consiste em avaliar as relações existentes entre o consumo medido e o faturado durante os meses de 2021, no intuito de contribuir para a gestão da companhia municipal. Para cada mês, adimensionalizou-se o consumo faturado pelo consumo medido visando analisar as variações ao longo do ano. Busca-se identificar o comportamento existente entre consumo medido e faturado para diagnosticar em que setores as variações são mais significativas, apontar possíveis explicações para os comportamentos verificados, além de observar padrões de comportamentos ao longo dos meses e estações do ano. Os dados que fundamentaram a seguinte análise são provenientes do ANEXO I, onde são apresentados os dados de consumo medido e faturado para todos os setores durante o ano de 2021.

4.3.3 Análise de economias ativas x economias cortadas

A análise do número de economias ativas e cortadas ocorreu adimensionalizando o número de economias cortadas pelo número de economias ativas para cada setor. Desta forma, torna-se possível obter um panorama de quais setores de abastecimento apresentam o maior número de economias inadimplentes frente às economias sem débitos pendentes.

Uma vez elaborado o panorama mencionado, será possível indicar em quais setores as ações iniciais devem ser propostas visando à regularização dos débitos junto à autarquia municipal responsável pelo abastecimento público da zona urbana.

4.4 ELABORAÇÃO DOS DIAGNÓSTICOS INDIVIDUAIS DOS SISTEMAS

Elaborou-se o diagnóstico individual de apenas alguns sistemas urbanos de abastecimento do município de Sant'Ana do Livramento através do emprego do método do balanço hídrico de forma simplificada e da aplicação do indicador de desempenho

consumo específico de energia. Foram utilizadas essas duas métricas de avaliação em virtude dos dados disponibilizados para todos os sistemas.

4.4.1 Balanço hídrico

O balanço hídrico foi realizado apenas para os sistemas apresentados na Tabela 7. O parâmetro que culminou nesta tomada de decisão se estabelece nos dados de tempo de operação dos poços, os quais foram disponibilizados apenas para os sistemas apresentados na Tabela 4. A falta destes dados impactou diretamente na determinação do volume de entrada em cada sistema de abastecimento.

Tabela 7: Sistemas de abastecimento onde foram determinando os balanços hídricos para o ano de 2021.

Sistema	Setor
Hidráulica - AC	Hidráulica
	Ac
	Elevadíssimo
	Zona Baixa
	Brigada
Armour	-
Brasília	Brasília
	Vila Nova
Registro	Registro
	Vila Real
	Morada Fátima

Fonte: Autor

O objetivo principal da aplicação do método do balanço hídrico visa à obtenção de panoramas individuais preliminares dos volumes consumidos, aduzidos e perdidos dentro de cada sistema avaliado, dadas as ressalvas referentes qualidade dos dados e as simplificações adotadas para o cálculo do balanço hídrico.

Os volumes de entrada de água nos sistemas foram calculados através da multiplicação da vazão média bombeada no poço, apresentada na Tabela 3, pela quantidade de horas mensais de operação do bombeamento, apresentada na Tabela 4. Através do emprego da Equação 10, torna-se possível obter os volumes de entrada nos sistemas de abastecimento. A Equação 10 expressa que o volume de entrada no sistema é correspondido pelo somatório de todos os volumes aduzidos pelos poços inseridos dentro de cada sistema de abastecimento avaliado.

$$V_{\text{entrada}} = \sum_{i=1}^N Q_{\text{méd bomb}_i} \cdot t_i \quad (10)$$

Onde:

V_{entrada} = Volume de entrada de água no sistema (m^3);

$Q_{\text{méd bomb}_i}$ = Vazão média bombeada (m^3/h);

t_i = Tempo de funcionamento mensal do conjunto motobomba (h);

N = Número de poços existentes no sistema avaliado;

Os volumes consumidos, por sua vez, foram estimados com base nos dados apresentados no ANEXO I. Pelo fato dos relatórios disponibilizados pela companhia não computarem os volumes consumidos nos locais onde não é lido o hidrômetro, necessitou-se realizar uma estimativa de consumo. Para cada sistema/setor e para cada mês do ano, dividiu-se o volume medido pelo número de economias ativas para obtenção do consumo médio por economia lida. Desta forma, para obtenção da estimativa do volume consumido total multiplicou-se pelo número de economias totais (normais + cortadas), pelo consumo médio por economia calculado para cada mês do ano. Para os dois cálculos mencionados, foram aplicadas as Equações 11 e 12.

$$\text{CPE Mensal} = \frac{\text{VM}}{\text{NE}} \quad (11)$$

Onde:

CPE Mensal = Consumo médio mensal de água por economia medida no setor ($\text{m}^3/\text{economia}$);

VM = Volume Medido (m^3);

NE = Número de economias lidas (economia);

$$\text{VCE} = \text{CPE Mensal} \cdot \text{NET} \quad (12)$$

Onde:

VCE = Volume de consumo estimado (m^3);

NET = Número total de economias;

Portanto, para definir o volume de água perdido nos sistemas, seja por perdas físicas, aparentes ou exportações de água, empregou-se a Equação 13.

$$VP = V_{\text{entrada}} - VCE \quad (13)$$

Onde:

VP = Volume de água perdido (composto pelas parcelas de perdas físicas, aparentes e volumes exportados para outro sistema) (m³);

Uma vez determinado o volume de água perdido do sistema, foram realizadas duas análises. A primeira consiste basicamente em confrontar os volumes perdidos com os volumes consumidos, de modo a verificar correlações existentes entre as duas variáveis. A segunda análise baseou-se em uma verificação da sazonalidade das perdas ao longo do ano. Visando esta análise, foram calculadas as perdas médias dos meses correspondentes as estações climáticas definidas através da Tabela 8.

Tabela 8: Meses que compõem a média de cada estação do ano.

Estação	Meses		
Verão	Janeiro	Fevereiro	Março
Outono	Abril	Maio	Junho
Inverno	Julho	Agosto	Setembro
Primavera	Outubro	Novembro	Dezembro

Fonte: Autor

4.4.2 Indicador de Desempenho - Consumo Específico de Energia (CEE)

Da mesma forma que o balanço hídrico, determinou-se o indicador de desempenho consumo específico de energia (CEE) apenas para alguns poços de bombeamento, os quais necessitavam atender a três critérios, são eles:

- ❖ **Critério 1** – Possuir dados de vazão média de captação do poço;
- ❖ **Critério 2** – Possuir o número de horas mensais de bombeamento dos poços;
- ❖ **Critério 3** – Possuir o consumo de energia elétrica individualizado, ou seja, a fatura de energia elétrica deve conter apenas o consumo de energia da bomba instalada no poço analisado. Contas de energia que agrupam o consumo de mais

de uma bomba que estejam instaladas em poços de captação diferentes não foram utilizadas para determinar o indicador de desempenho CEE.

Em cada poço de captação avaliado, verificou-se o atendimento aos três critérios apresentados anteriormente. Na Tabela 9 encontra-se disposta a classificação dos dados quanto a sua disponibilidade, enquanto na classificação expressa na Tabela 10 criou-se uma simbologia visando avaliar quantitativamente os dados obtidos para determinar o indicador de desempenho CEE. Importante destacar que as Tabela 9 e 10 são a base da classificação utilizada para entendimento na Tabela 11, onde realizou-se a análise de viabilidade de aplicação do indicador de desempenho CEE em todos os 43 poços pertencentes à zona urbana de abastecimento municipal.

Tabela 9: Apresenta a simbologia empregada para classificar os dados quanto à disponibilidade.

Classificação dos dados quanto à disponibilidade	
	Disponível
	Indisponível

Fonte: Autor

Tabela 10: Apresenta a simbologia empregada para classificar os dados quanto à quantidade de dados disponíveis para determinação do CEE

Classificação das informações para cálculo do CEE	
	Possui apenas uma variável
	Falta apenas uma variável
	Possui todos os dados disponíveis

Fonte: Autor

Na Tabela 11, valendo-se da simbologia de classificações apresentadas nas Tabelas 9 e 10, apresenta-se o panorama completo de informações disponíveis no ano de referência de 2021 para determinação do indicador CEE em todos os poços da zona urbana do município de Sant'Ana do Livramento.

Tabela 11: Avaliação da quantidade e disponibilidade de dados em 2021 para calcular o indicador de desempenho CEE das bombas instaladas nos poços da zona urbana.

Sistema	Código do poço	Horas de operação	Vazão média	Consumo de energia Individualizado	CEE classificação das informações
Hidráulica AC	H-02	★	★	●	★★
	H-03	★	★	★	★★★
	H-04	★	★	●	★★
	H-05	★	★	★	★★★
	H-06	★	★	●	★★
	H-10B	★	★	★	★★★
	H-12	★	★	●	★★
	UM-01	★	★	★	★★★
	AC-01	★	★	●	★★
	AC-02	★	★	★	★★★
	AC-03	★	★	★	★★★
	AC-04	★	★	★	★★★
Kennedy	KE-01	●	★	★	★★
	KE-02B	●	★	★	★★
Armour	AR-03	★	★	★	★★★
	AR-04	★	★	★	★★★
	AR-05	★	★	★	★★★
Brasília	BR-01	★	★	●	★★
	BR-02	★	★	★	★★★
	BR-03	★	★	★	★★★
	BR-04	★	★	★	★★★
	VNOVA-01	●	★	★	★★
Alexandrina	AL-01	●	★	●	★
	AL-03	●	★	★	★★
	AL-04	●	●	★	★
Parque São José	W-01	●	★	●	★
	W-03B	●	★	★	★★
	W-04	●	★	★	★★
Registro	RE-01	★	★	●	★★
	RE-02	★	★	●	★★
	RE-03 Meio	★	★	●	★★
	RE-04 Praça	★	★	●	★★
Julieta	PRA-01	●	★	●	★
Umbú	UM-02	●	★	★	★★

Sistema	Código do poço	Horas de operação	Vazão média	Consumo de energia Individualizado	CEE classificação das informações
Progresso	PRO-01B	●	★	★	★★
	SIMBO-01	●	★	★	★★
Jardins	JVER-01	●	★	●	★
Paraíso	PAR-01	●	★	★	★★
Serra Sol	SSOL-01	●	★	★	★★
Luiza	VLU-01	●	★	★	★★
Floresta	FLO-01	●	★	★	★★
Planalto	PLA-01	●	★	★	★★
Queirolo	QUE-01	●	★	★	★★

Fonte: Autor

Para os poços em que a última coluna da Tabela 11 é representada pela simbologia de três estrelas na cor verde, foi possível calcular o indicador de desempenho CEE, aplicando a Equação 1. Para determinação da componente do volume bombeado, presente na Equação 1, considerou-se que o volume bombeado é resultado do produto da vazão média do poço pela quantidade de horas operativas em cada mês de forma individual para cada poço onde é possível a aplicação do indicador.

A elaboração do panorama de informações ilustradas na Tabela 11 proporcionou identificar em quais poços será determinado o indicador de desempenho CEE. Na Tabela 12 são apresentados, de forma resumida, os poços em que o indicador CEE será calculado mensalmente para o ano de referência de 2021.

Tabela 12: Resumo dos poços de bombeamento aptos para realização do cálculo do indicador CEE.

Sistema	Código do Poço	Sistema	Código do Poço
Hidráulica AC	H-03	Armour	AR-03
	H-05		AR-04
	H-10B		AR-05
	UM-01	Brasília	BR-02
	AC-02		BR-03
	AC-03		BR-04
	AC-04		

Fonte: Autor

Apresentadas e detalhadas todas as etapas desenvolvidas na metodologia, no Tópico 5 são discutidos os resultados obtidos.

5. RESULTADOS

O Tópico 5 deste trabalho é destinado à apresentação dos resultados, sendo disposto em dois subtópicos principais, são eles: Resultados da análise global dos sistemas (5.1) e Resultados dos diagnósticos individuais dos SAA (5.2).

5.1 RESULTADOS ANÁLISE GLOBAL DOS SISTEMAS

5.1.1 Análise da dinâmica mensal do consumo de água

Aplicada a metodologia descrita e apresentada no Tópico 4.3.1, pode-se avaliar os consumos de água por economia para cada setor existente. Na Tabela 13 encontram-se dispostos os consumos por economia em cada setor para cada mês do ano de 2021, bem como a média dos valores obtidos.

Tabela 13: Consumo por economia para cada setor ao longo dos meses de 2021.

Setor	(CPE Mensal) Consumo Medido/Economia (m ³ /Economia) - Ano 2021												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Setor Brigada	12,15	10,66	11,02	10,42	10,48	10,33	9,86	8,70	9,40	9,52	10,29	11,25	10,34
Setor Elevadíssimo	10,83	11,58	9,91	10,67	9,40	9,24	10,38	9,63	9,15	9,91	9,87	9,56	10,01
S. Zona Baixa	10,36	10,26	10,16	9,33	9,91	8,56	8,70	9,48	8,65	9,29	9,44	10,28	9,53
AC	9,65	9,63	9,50	9,57	9,25	8,88	9,08	9,32	8,33	9,30	9,25	9,89	9,30
Kennedy	11,65	10,88	9,61	10,43	9,62	9,23	8,98	8,61	9,15	8,80	9,46	10,10	9,71
Armour	10,23	10,19	9,84	9,30	8,54	8,58	7,67	8,04	7,78	9,70	9,47	9,54	9,07
Brasília	11,09	11,12	10,04	10,13	10,33	9,65	9,05	8,69	9,30	8,86	12,44	12,36	10,25
Vila Nova	9,61	7,33	8,22	7,20	6,63	6,54	6,63	5,96	6,56	5,58	7,21	7,17	7,05
Alexandrina	11,42	10,56	10,50	10,65	9,43	8,68	7,91	8,43	8,19	8,74	9,53	9,99	9,50
Parque São José	10,87	10,03	9,69	9,28	9,02	9,29	8,06	8,50	8,39	8,49	9,13	10,50	9,27
Wilson	11,00	11,83	10,03	9,15	9,13	9,21	10,61	8,92	8,95	9,32	9,49	11,53	9,93
Alto Wilson	9,91	9,78	11,03	9,72	9,48	8,03	6,60	7,23	5,67	6,90	8,20	6,63	8,26
Registro	12,39	12,88	11,79	10,24	9,49	9,67	10,35	10,54	10,83	10,21	11,12	10,24	10,81
Vila Real	12,08	13,81	10,52	9,80	7,85	10,76	8,32	7,79	9,10	7,22	10,51	10,04	9,82
Morada Fátima	11,09	21,18	8,53	8,94	7,55	7,82	7,24	6,39	7,03	6,48	7,97	8,71	9,08
Julieta	11,63	11,89	10,94	10,18	10,09	9,19	9,83	9,77	9,35	8,97	10,03	10,24	10,18
Umbú	22,00	17,98	17,80	17,62	15,71	15,60	14,31	14,10	14,20	14,46	16,66	21,40	16,82
Progresso	13,47	14,25	13,59	11,64	10,47	9,77	9,30	9,22	8,87	9,21	11,03	16,26	11,42
Simon Bolívar	8,33	9,67	5,92	12,25	5,25	5,67	7,92	4,67	5,92	4,50	4,33	6,33	6,73
Jardim do Verde	13,83	10,89	10,71	10,43	9,78	8,52	8,50	8,42	7,86	9,29	9,49	9,50	9,77

Setor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Paraíso	10,25	9,47	8,53	8,86	7,86	7,66	7,52	8,47	7,54	8,07	8,51	12,47	8,77
Serra Sol	17,13	16,23	15,68	13,55	13,06	12,63	11,70	12,32	12,29	12,81	13,45	13,50	13,70
Luiza	12,45	10,18	10,67	10,05	9,64	8,50	8,30	9,37	9,41	9,09	11,08	10,10	9,90
Floresta	10,80	9,89	9,87	9,51	8,11	9,23	7,64	9,25	7,62	9,46	9,26	8,57	9,10
Planalto	11,65	10,89	10,58	9,85	9,29	9,33	9,87	8,91	9,65	9,24	10,31	10,86	10,04
Queirolo	11,64	11,27	11,56	11,12	10,66	9,16	9,74	9,57	10,05	9,45	10,02	10,52	10,40

Fonte: Autor.

Os resultados apresentados na Tabela 13 serviram de base para elaboração das análises da variação da dinâmica de consumo percentual em relação à média do setor. Na Tabela 14 são apresentadas as variações de consumo durante todos os meses de 2021 para todos os 26 setores existentes. Ressalta-se que sistemas onde não há divisão por setores, considerou-se que o sistema se encontra representado por um único setor de mesmo nome do sistema, visando facilitar a análise dos dados. Ainda em relação à Tabela 14, as cores presentes na mesma fazem alusão à faixa de variação de consumo de água por economia em relação à média. A simbologia proposta valendo-se de diferentes cores faz referência às seguintes faixas de variações de consumo de água por economia:

- **Verde:** Variação de consumo de água por economia inferior a -5% em relação à média do setor;
- **Azul:** Variação de consumo de água por economia entre -5% e 5% em relação à média do setor;
- **Vermelho:** Variação de consumo de água por economia superior a 5% em relação à média do setor;

Tabela 14: Variação do consumo por economia em relação à média para cada setor ao longo dos meses de 2021.

Setor	(%CPE) Variação do consumo de água por economia em relação à média do setor (%) - Ano 2021											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Setor Brigada	17,5%	3,1%	6,6%	0,8%	1,3%	-0,1%	-4,6%	-15,8%	-9,1%	-7,9%	-0,4%	8,8%
Setor Elevadíssimo	8,2%	15,7%	-1,1%	6,6%	-6,1%	-7,7%	3,7%	-3,8%	-8,6%	-1,1%	-1,4%	-4,5%
S. Zona Baixa	8,6%	7,6%	6,6%	-2,1%	3,9%	-10,2%	-8,8%	-0,6%	-9,3%	-2,5%	-1,0%	7,8%
AC	3,7%	3,5%	2,1%	2,8%	-0,5%	-4,5%	-2,4%	0,1%	-10,4%	0,0%	-0,6%	6,3%
Kennedy	20,0%	12,1%	-1,0%	7,4%	-0,9%	-5,0%	-7,5%	-11,3%	-5,8%	-9,4%	-2,6%	4,0%
Armour	12,8%	12,3%	8,4%	2,5%	-5,9%	-5,5%	-15,5%	-11,4%	-14,2%	7,0%	4,4%	5,2%
Brasília	8,1%	8,4%	-2,1%	-1,2%	0,8%	-5,9%	-11,7%	-15,3%	-9,3%	-13,6%	21,3%	20,5%
Vila Nova	36,2%	3,9%	16,5%	2,1%	-6,0%	-7,3%	-6,0%	-15,5%	-7,0%	-20,9%	2,2%	1,6%
Alexandrina	20,1%	11,1%	10,5%	12,1%	-0,7%	-8,7%	-16,8%	-11,3%	-13,8%	-8,0%	0,3%	5,1%

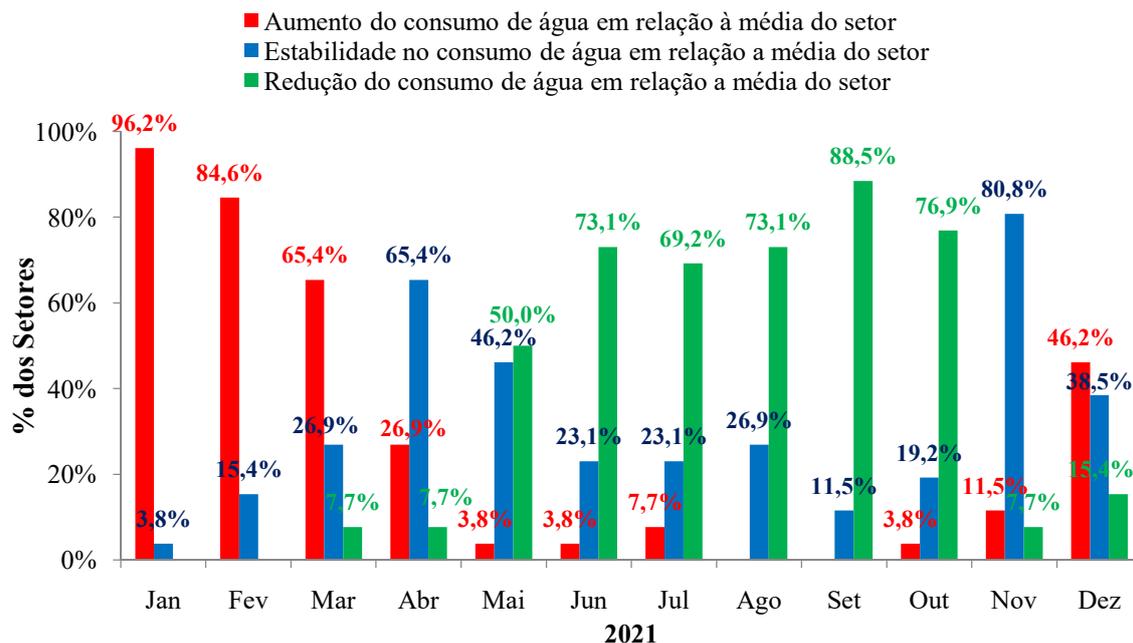
Setor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Parque São José	17,3%	8,2%	4,5%	0,1%	-2,7%	0,2%	-13,1%	-8,4%	-9,5%	-8,4%	-1,5%	13,3%
Wilson	10,8%	19,1%	1,0%	-7,8%	-8,1%	-7,2%	6,8%	-10,1%	-9,9%	-6,2%	-4,4%	16,1%
Alto Wilson	19,9%	18,4%	33,5%	17,6%	14,8%	-2,8%	-20,1%	-12,6%	-31,4%	-16,5%	-0,8%	-19,8%
Registro	14,6%	19,1%	9,1%	-5,3%	-12,2%	-10,6%	-4,3%	-2,5%	0,1%	-5,6%	2,8%	-5,3%
Vila Real	23,0%	40,7%	7,2%	-0,2%	-20,0%	9,6%	-15,2%	-20,7%	-7,3%	-26,4%	7,1%	2,3%
Setor Morada Fátima	22,2%	133,3%	-6,0%	-1,5%	-16,9%	-13,9%	-20,2%	-29,6%	-22,6%	-28,6%	-12,2%	-4,1%
Julietta	14,3%	16,8%	7,5%	0,0%	-0,8%	-9,7%	-3,4%	-4,0%	-8,1%	-11,8%	-1,5%	0,6%
Umbú	30,8%	6,9%	5,8%	4,7%	-6,6%	-7,3%	-14,9%	-16,2%	-15,6%	-14,0%	-0,9%	27,2%
Progresso	17,9%	24,8%	18,9%	1,9%	-8,3%	-14,5%	-18,6%	-19,3%	-22,4%	-19,4%	-3,4%	42,3%
Simon Bolívar	23,8%	43,7%	-12,1%	82,0%	-22,0%	-15,8%	17,6%	-30,7%	-12,1%	-33,1%	-35,6%	-5,9%
Jardim do Verde	41,6%	11,5%	9,6%	6,8%	0,1%	-12,7%	-13,0%	-13,8%	-19,6%	-4,9%	-2,8%	-2,8%
Paraíso	16,9%	8,0%	-2,7%	1,0%	-10,3%	-12,7%	-14,2%	-3,3%	-14,0%	-8,0%	-2,9%	42,3%
Serra Sol	25,1%	18,5%	14,5%	-1,1%	-4,6%	-7,8%	-14,6%	-10,0%	-10,3%	-6,5%	-1,8%	-1,4%
Luiza	25,7%	2,8%	7,8%	1,5%	-2,7%	-14,1%	-16,2%	-5,4%	-5,0%	-8,2%	11,9%	2,0%
Floresta	18,7%	8,7%	8,4%	4,5%	-10,9%	1,4%	-16,1%	1,6%	-16,3%	3,9%	1,8%	-5,8%
Planalto	16,0%	8,5%	5,5%	-1,8%	-7,4%	-7,0%	-1,6%	-11,2%	-3,9%	-7,9%	2,8%	8,2%
Queirolo	11,9%	8,4%	11,2%	6,9%	2,5%	-11,9%	-6,3%	-7,9%	-3,4%	-9,1%	-3,6%	1,2%

Fonte: Autor.

Observando a Tabela 14, verifica-se que de modo geral o maior consumo de água nos meses de janeiro e fevereiro, corresponde à estação climática do verão, onde as temperaturas são mais elevadas impactando diretamente em uma maior demanda de água pelos usuários. Essa tendência de consumo por economia inverte-se nos meses correspondentes ao inverno, de julho a setembro, onde há uma redução considerável da demanda por água, uma vez que há maior predominância de células na cor verde, conforme a Tabela 14.

Visando sintetizar as informações presente na Tabela 14, foram elaboradas as Figura 9 e Figura 10. A Figura 9 correlaciona à porcentagem dos setores em que houve aumento, estabilização ou diminuição do consumo por economia com respeito à média ao longo dos meses de 2021. A Figura 10, por sua vez, apresenta a variação máxima e mínima do consumo por economia em relação à média para cada mês do ano de 2021, no intuito de avaliar a amplitude das faixas máximas de variação de consumo ao longo dos meses.

Figura 9: Análise geral das variações de consumo ao longo dos meses por percentual dos setores durante o ano de 2021.

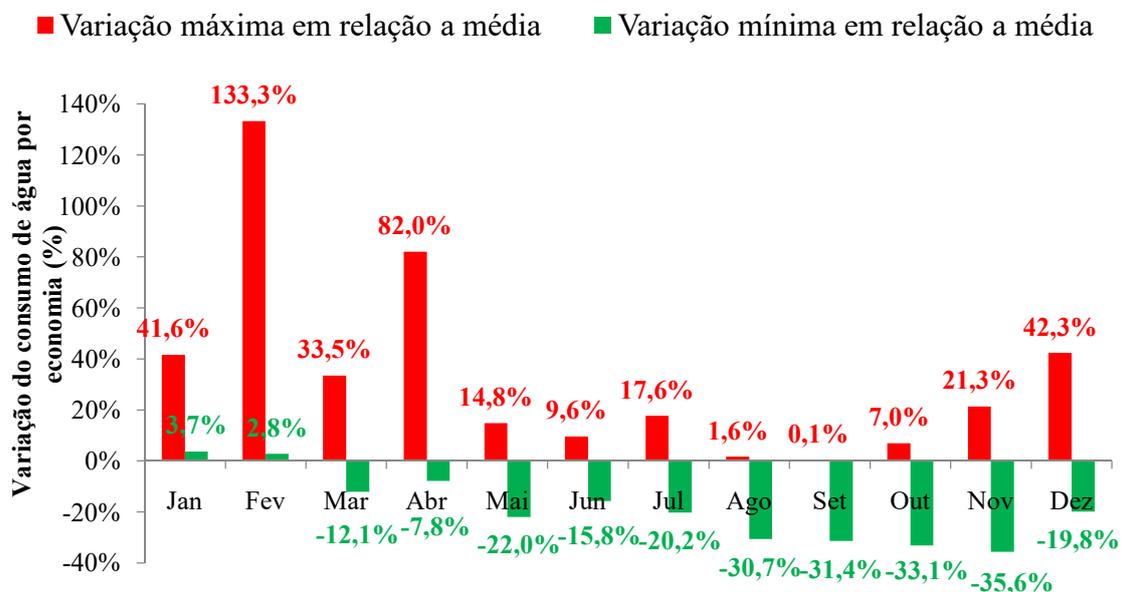


Fonte: Autor.

Analisando a Figura 9, nota-se que nos meses correspondentes ao verão, de janeiro a março, há uma predominância do aumento de consumo de água. Em janeiro especialmente, 96,2% dos setores apresentam variação da demanda superior a 5% em relação às médias por setores. Em abril, verificou-se uma mudança na dinâmica do consumo, pelo fato de haver uma redução do consumo tendendo a estabilidade, uma vez que 65,4% dos setores, ou seja, 17 dos 26 setores apresentaram consumo variando entre -5% e 5% de suas respectivas médias. De maio a outubro, verificou-se uma predominância de consumos abaixo dos consumos médios inferiores a -5% nos setores avaliados. Destaca-se ainda, que nos meses de agosto e setembro nenhum dos 26 setores apresentam variação no consumo por economia superior a 5% em relação à média. O comportamento da dinâmica de consumo volta a estabilizar em níveis próximos da média somente no mês de novembro, onde 80,8% dos setores, ou seja, 21 dos 26 setores apresentam consumo por economia dentro da faixa de variação indicada entre -5% a 5% do valor médio de cada setor. Em dezembro, com a proximidade do verão verifica-se um aumento significativo do consumo de água, uma vez que 46,2% dos sistemas apresentaram variação do consumo médio por economia superior a 5% do valor médio.

Visando complementar as constatações obtidas em relação à dinâmica de consumo, elaborou-se a Figura 10 no intuito de correlacionar as variações máximas e mínimas do consumo por economia em relação à média para cada mês do ano de 2021.

Figura 10: Variações máximas e mínimas do consumo de água por economia em relação à média durante os meses de 2021



Fonte: Autor

Observando a Figura 10, constatou-se que as maiores variações máximas são muitos superiores as maiores variações mínimas, quando comparadas em módulo. No mês de fevereiro, observa-se o aumento máximo de consumo da série, sendo de 133,3% ocorrendo no setor Morada Fátima. A hipótese inicial, conforme apurado junto ao responsável técnico DAE, para justificar o comportamento apresentado está no fato de ser uma região com presença de chácaras e sítios, cujas propriedades existentes são para lazer dos proprietários no período de verão, havendo, portanto, grande presença de piscinas na região e aumento da população habitual do setor, demandando, desta forma, uma quantidade de água muito maior que o habitual. Outro fator que contribui para a justificativa mencionada encontra-se no fato que no sistema Morada Fátima apresentar apenas nos meses de janeiro e fevereiro variações no consumo de água por economia significativamente superiores à média. Para os demais meses, observou-se redução do consumo de água por economia, ou seja, consumos inferiores a -5% em relação à média, entretanto, apenas os meses de abril e dezembro se verificou estabilidade no consumo em relação ao valor médio.

Em relação às variações mínimas, as maiores valores em módulo são observados durante o período de agosto a novembro, com variações da ordem entre -30% a -35%. Neste período mencionado há uma transição da dinâmica do consumo, onde os menores consumos de modo geral verificados no período de inverno acabam convergindo para uma estabilização em relação à média durante o mês de novembro, conforme pode ser observado na Figura 9.

Outro comportamento constatado durante o período de inverno concentra-se no fato que as amplitudes entre as variações máximas e mínimas são menores, quando comparadas com outras estações do ano. No mês de junho, especificamente, verifica-se a menor amplitude do ano de 2021.

5.1.2 Consumo Medido x Consumo Faturado

Uma vez empregados os procedimentos metodológicos referente a este tópico, obteve-se a Tabela 15, onde encontra-se disposto ao longo dos meses de 2021 a variação percentual do volume faturado pelo volume consumido medido.

Tabela 15: Determinação do volume faturado pelo consumo medido para todos os setores ao longo de 2021.

Setor	(Volume Faturado/Volume Consumido Medido - 1)x100%												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Setor Brigada	33,4%	46,0%	39,8%	48,9%	45,1%	53,1%	55,4%	71,6%	57,1%	55,8%	49,0%	41,9%	49,8%
Setor Elevadíssimo	46,8%	40,1%	53,7%	44,5%	58,5%	60,3%	47,3%	52,1%	62,6%	51,3%	52,0%	55,5%	52,1%
S. Zona Baixa	52,2%	54,5%	55,6%	62,9%	61,0%	77,1%	73,5%	63,7%	73,3%	63,9%	65,9%	53,6%	63,1%
AC	65,3%	64,5%	62,0%	60,5%	65,1%	73,6%	69,4%	70,0%	81,7%	67,0%	68,1%	59,6%	67,2%
Kennedy	43,0%	47,6%	57,6%	47,4%	59,4%	66,4%	68,6%	72,6%	65,3%	68,4%	61,4%	52,0%	59,2%
Armour	48,0%	49,5%	50,1%	58,1%	67,4%	68,2%	82,8%	74,1%	80,1%	61,1%	60,0%	57,6%	63,1%
Brasília	40,9%	39,9%	48,3%	48,7%	46,5%	55,9%	61,9%	66,7%	60,2%	64,4%	33,9%	38,8%	50,5%
Vila Nova	55,9%	89,1%	73,5%	89,4%	103,8%	105,3%	100,6%	122,9%	103,6%	134,1%	90,7%	87,0%	96,3%
Alexandrina	40,5%	47,6%	46,3%	49,2%	57,2%	67,9%	79,2%	69,0%	72,8%	64,6%	55,4%	49,6%	58,3%
Parque São José	41,3%	47,4%	50,6%	54,3%	59,6%	62,3%	73,3%	67,4%	69,3%	66,5%	58,3%	41,0%	57,6%
Wilson	40,2%	31,5%	42,9%	55,2%	54,5%	54,6%	47,9%	58,1%	55,6%	54,2%	55,3%	35,6%	48,8%
Alto Wilson	49,2%	41,5%	34,0%	48,2%	47,6%	66,8%	97,0%	83,5%	129,4%	89,9%	63,0%	108,0%	71,5%
Registro	36,8%	35,6%	39,5%	51,3%	58,6%	60,9%	48,9%	55,0%	50,4%	58,7%	48,8%	53,5%	49,8%
Vila Real	37,2%	27,2%	52,3%	54,0%	89,7%	45,5%	71,5%	88,3%	63,7%	98,1%	47,0%	51,0%	60,5%
S. Morada Fátima	34,2%	-30,3%	73,1%	64,4%	97,6%	81,4%	92,1%	110,4%	96,6%	111,7%	76,1%	55,6%	71,9%
Julieta	39,4%	37,7%	43,1%	51,5%	53,8%	62,8%	55,8%	53,5%	59,7%	63,8%	50,6%	48,6%	51,7%
Umbú	15,1%	20,1%	22,4%	22,0%	25,5%	31,1%	37,9%	34,6%	40,6%	34,0%	27,5%	15,8%	27,2%
Progresso	34,1%	32,3%	36,6%	42,6%	48,5%	63,0%	62,4%	63,6%	70,2%	67,9%	45,6%	16,7%	48,6%
Simon Bolívar	52,0%	21,6%	85,9%	31,3%	138,1%	107,4%	78,9%	135,7%	97,2%	144,4%	153,8%	73,7%	93,3%
Jardim do Verde	13,1%	41,4%	41,1%	43,4%	51,6%	68,0%	65,3%	69,7%	75,5%	54,7%	52,4%	54,5%	52,6%

Setor	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Paraíso	50,3%	57,7%	69,6%	67,6%	84,7%	89,5%	95,3%	72,5%	89,0%	80,7%	75,7%	42,4%	72,9%
Serra Sol	21,1%	20,7%	17,7%	36,7%	36,5%	44,1%	51,9%	45,5%	48,0%	42,2%	43,7%	49,4%	38,1%
Luiza	35,6%	59,7%	49,6%	52,9%	61,1%	76,3%	80,7%	61,2%	64,9%	68,0%	47,4%	57,7%	59,6%
Floresta	46,4%	56,5%	53,8%	58,2%	80,1%	60,2%	85,8%	64,7%	86,4%	58,8%	59,6%	80,1%	65,9%
Planalto	34,7%	40,7%	39,8%	46,8%	54,6%	53,9%	45,2%	61,5%	52,8%	56,9%	46,3%	40,5%	47,8%
Queirolo	33,5%	34,7%	34,1%	37,5%	40,1%	58,3%	54,6%	52,8%	46,8%	52,7%	46,6%	43,7%	44,6%

Fonte: Autor.

Observando a Tabela 15, constatou-se que o consumo faturado se mostrou superior em todos os meses e para todos os sistemas, exceto para o setor Morada Fátima no mês de fevereiro de 2021, apresentando consumo medido superior ao consumo faturado em 30,3%. Justamente no mês de fevereiro de 2021 para o setor Morada Fátima, verificou-se um consumo por economia superior à média em 133%, conforme pode ser observado na Tabela 14. Este comportamento atípico constatado neste setor pode justificar o fato de o consumo medido ser superior ao faturado apenas neste período de toda a análise realizada.

As maiores médias do adimensional de consumo faturado por consumo medido são referentes aos setores Vila Nova e Simon Bolívar apresentado índices de 96,3% e 93,3%, respectivamente. Os altos índices verificados estão associados à baixa cobertura de hidrômetros nos setores e maior presença de faturas sociais. Em contrapartida, o menor índice médio do consumo faturado pelo consumo medido verifica-se no setor Umbú, onde em média o consumo faturado é superior ao consumo medido em 27,2% durante o ano de 2021.

A fim de avaliar as variações do consumo faturado pelo consumo medido ao longo das estações climáticas do ano de 2021 elaborou-se a Tabela 16. Nesta Tabela são apresentadas as médias de consumo faturado pelo consumo medido para todos os setores durante o ano de 2021.

Tabela 16: Médias do consumo faturado por consumo medido para todos os setores de acordo com a estação climática.

Sistema/Setor	Média por estação climática (Volume Faturado/Volume Consumido Medido -1) x 100%			
	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Setor Brigada	39,7%	49,1%	61,4%	48,9%
Setor Elevadíssimo	46,9%	54,5%	54,0%	52,9%
S. Zona Baixa	54,1%	67,0%	70,2%	61,1%
AC	63,9%	66,4%	73,7%	64,9%
Kennedy	49,4%	57,7%	68,8%	60,6%

Setor	Verão	Outono	Inverno	Primavera
Armour	49,2%	64,6%	79,0%	59,6%
Brasília	43,1%	50,4%	62,9%	45,7%
Vila Nova	72,8%	99,5%	109,0%	103,9%
Alexandrina	44,8%	58,1%	73,6%	56,5%
Parque São José	46,4%	58,7%	70,0%	55,3%
Wilson	38,2%	54,8%	53,9%	48,4%
Alto Wilson	41,6%	54,2%	103,3%	87,0%
Registro	37,3%	56,9%	51,4%	53,7%
Vila Real	38,9%	63,1%	74,5%	65,3%
Setor Morada Fátima	25,7%	81,1%	99,7%	81,1%
Julieta	40,1%	56,0%	56,3%	54,3%
Umbú	19,2%	26,2%	37,7%	25,8%
Progresso	34,3%	51,3%	65,4%	43,4%
Simon Bolívar	53,2%	92,2%	103,9%	124,0%
Jardim do Verde	31,9%	54,3%	70,2%	53,9%
Paraíso	59,2%	80,6%	85,6%	66,3%
Serra Sol	19,8%	39,1%	48,5%	45,1%
Luiza	48,3%	63,4%	68,9%	57,7%
Floresta	52,3%	66,1%	79,0%	66,2%
Planalto	38,4%	51,8%	53,1%	47,9%
Queirolo	34,1%	45,3%	51,4%	47,7%
Média	43,2%	60,1%	70,2%	60,7%

Fonte: Autor.

Analisando a Tabela 16 verifica-se que no verão a razão do consumo faturado pelo consumo medido é menor em todos os setores. Este comportamento está associado diretamente ao aumento do consumo de água neste período. Em tarifas sociais de água, onde o volume faturado é pré-definido, desde que não seja excedido, podem justificar este comportamento pelo fato de indicarem que o volume medido encontra-se mais próximo do faturado, comportamento este que diminui a diferença entre os volumes faturados e medidos.

No inverno, por sua vez, o comportamento identificado é antagônico ao verão. As maiores razões volume faturado por volume medido foram identificadas no inverno, fato este relacionado ao menor consumo de água pela população durante este período.

5.1.3 Economias Ativas x Economias Cortadas

Organizando os dados disponibilizados através da Tabela 17, tornou-se possível obter um diagnóstico por setor e avaliar a correlação existente entre economias ativas

(normal) e economias cortadas (abastecimento de água interrompido por não quitação de débitos).

Tabela 17: Panorama de economias ativas e cortadas por setor durante 2021.

Sistema	Setor	Normal	Cortada	Cortadas/Normal (%)
Hidráulica AC Elevadíssimo Zona Baixa Brigada	Setor Brigada	2948	198	6,7%
	Setor Elevadíssimo	614	40	6,5%
	S. Zona Baixa	3834	223	5,8%
	AC	4022	182	4,5%
Kennedy	Kennedy	404	50	12,4%
Armour	Armour	3173	401	12,6%
	Brasília	2144	273	12,7%
Brasília	Vila Nova	181	34	18,8%
Alexandrina	Alexandrina	887	146	16,5%
	Parque São José	1011	189	18,7%
	Wilson	38	10	26,3%
Parque S. José	Alto Wilson	34	5	14,7%
	Registro	2537	359	14,2%
	Vila Real	160	30	18,8%
Registro	Setor Morada Fátima	36	10	27,8%
Julieta	Julieta	3086	258	8,4%
Umbú	Umbú	249	8	3,2%
	Progresso	246	43	17,5%
Progresso	Simon Bolívar	118	178	150,8%
Jardins	Jardim do Verde	597	45	7,5%
Paraíso	Paraíso	154	16	10,4%
Serra Sol	Serra Sol	51	3	5,9%
Luiza	Luiza	736	62	8,4%
Floresta	Floresta	530	36	6,8%
Planalto	Planalto	728	55	7,6%
Queirolo	Queirolo	1290	135	10,5%

Fonte: Autor

Analisando a Tabela 17, foi possível identificar em quais setores há uma maior presença de economias cortadas, ou seja, consumidores que possuem algum tipo de inadimplência relacionado ao pagamento do serviço de água.

No setor Simon Bolívar, verifica-se a maior relação percentual de economia cortada por economia ativa. Neste sistema, constatou-se que para cada 2 economias ativas há outras 3 economias cortadas. Os altos índices observados estão associados ao perfil socioeconômico dos consumidores. Campanhas visando à regularização dos débitos, bem como fomentar a adesão a programas de tarifas sociais podem contribuir para reduzir os altos índices de economias cortadas.

Outros setores com altos índices de economias cortadas por economia ativa são os setores Morada Fátima e Wilson, obtendo níveis de 27,8% e 26,3%, respectivamente. Portanto, nestes setores deve-se destinar maior atenção, além do Simon Bolívar, visando reduzir os altos índices de inadimplência observados, a fim de aprimorar a gestão da companhia.

No sistema Umbú foram observados os menores níveis de economia cortada, bem como nos setores Zona Baixa e AC. Essa observação indica, portanto, que estes setores não devem ser os prioritários em uma hierarquia de campanha prévia que visa promover a regularização de fornecimento de água e dos débitos vigentes dos consumidores.

5.2 RESULTADOS ELABORAÇÃO DE DIAGNÓSTICOS INDIVIDUAIS DOS SISTEMAS

5.2.1 Balanço Hídrico

Após o emprego dos procedimentos metodológicos apresentados no item 4.4.1, tornou-se possível obter os resultados apresentados na Tabela 18 e Tabela 19. Na Tabela 18 são apresentados os volumes de entrada nos sistemas, enquanto que na Tabela 19, são exibidos os valores relativos à estimativa de volume consumido em cada sistema.

Tabela 18: Volume calculado de entrada dos sistemas para o ano de 2021.

Sistema	Volume de entrada (m ³) – Ano 2021											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Hidráulica												
AC	440.593	340.895	405.112	387.064	338.865	356.473	364.185	365.306	346.844	382.183	380.494	426.211
Armour	71.292	60.900	65.139	62.206	54.257	55.703	56.627	57.900	57.567	66.399	68.898	75.820
Brasília	76.718	50.079	75.054	71.671	71.279	71.779	76.917	76.622	74.874	77.748	75.223	76.937
Registro	207.925	165.707	211.386	191.323	188.755	191.760	203.871	101.876	99.745	210.061	200.603	215.571

Fonte: Autor.

Tabela 19: Volume consumido estimado para o ano de 2021.

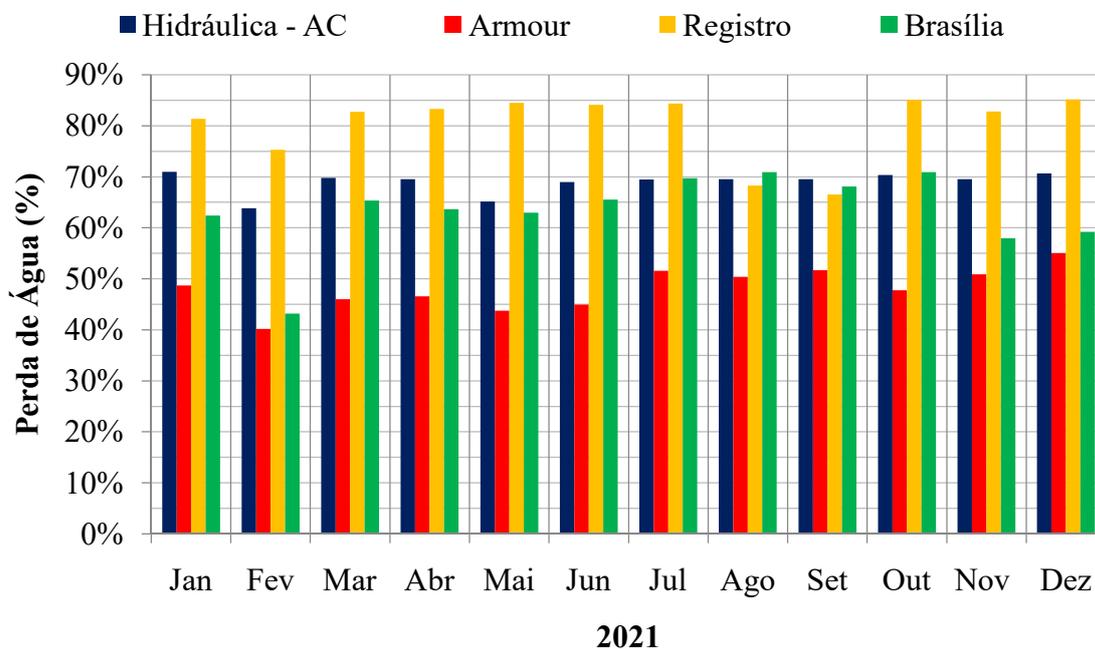
Sistema	Volume consumido estimado (m ³) – Ano 2021											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Hidráulica												
AC	127.883	123.211	122.323	117.836	118.185	110.605	111.259	111.289	105.661	113.239	116.015	124.914
Armour	36.580	36.412	35.163	33.228	30.507	30.655	27.414	28.721	27.810	34.685	33.858	34.108
Brasília	28.863	28.443	26.029	26.037	26.404	24.739	23.304	22.282	23.894	22.618	31.611	31.406
Registro	38.699	40.895	36.547	31.920	29.321	30.404	31.891	32.288	33.403	31.234	34.559	31.968

Fonte: Autor.

Uma vez calculados os volumes de entrada e os volumes consumidos, tornou-se possível obter o percentual de perda de água nos quatro sistemas. Na Figura 11,

encontra-se apresentado a perda de água ao longo dos meses de 2021 para os quatro sistemas avaliados através do emprego do método do balanço hídrico.

Figura 11: Perda de água por sistema ao longo dos meses de 2021.



Fonte: Autor.

Com base nas perdas mensais apresentadas na Figura 11, foram calculadas as perdas médias dos sistemas avaliados. Em ordem decrescente os índices de perdas de água encontradas foram de 80,3%, 68,9%, 63,3% e 48,1% para os sistemas Registro, Hidráulica – AC, Brasília e Armour, respectivamente.

Os valores médios de perda de água encontrados para todos os sistemas estão acima dos níveis de médios de perda nacional e Rio Grande do Sul apresentados no relatório SNIS 2020, vide Brasil (2021c), cujo indicador apresenta valores de 40,1% e 41,1%, respectivamente. Nota-se, através da Figura 11, que em todos os meses do ano de 2021, os índices de perda mantiveram-se acima da média estadual de 41,1%, exceto no mês de fevereiro para o sistema Armour.

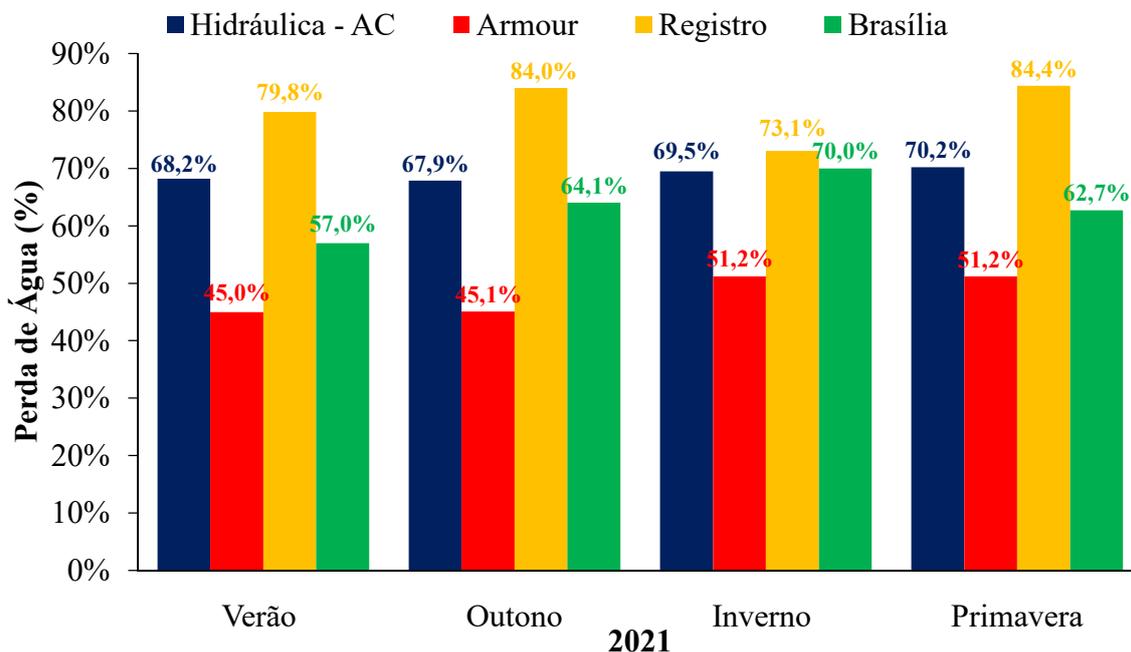
Importante salientar que a confiabilidade do balanço hídrico realizado nos quatro sistemas avaliados está diretamente associada ao nível e qualidade dos dados disponibilizados. Portanto, as considerações adotadas para determinar o balanço hídrico, bem como a qualidade dos dados disponíveis influenciam diretamente nos resultados obtidos. Outro aspecto importante a ser mencionado se estabelece no fato de não ser

possível distinguir a parcela de contribuição de perdas aparentes e físicas em cada sistema avaliado.

O sistema Registro apresentou os maiores índices de perda de água, conforme observar-se na Figura 11. Conforme apurado, junto ao DAE, este sistema em 2021 em determinadas ocasiões exportou água para o sistema Queirolo. Esta constatação referente à dinâmica operacional do sistema Registro indica que as perdas de água são inferiores aos níveis de perda encontrados, pelo fato de que uma parcela quantificada como perda de água, na verdade, se referente a exportações de água para outros sistemas do município a partir de manobras de rede, visando o atendimento da população abrangida pelo sistema Queirolo.

Através da Figura 12, tornou-se possível avaliar a sazonalidade da estimativa das perdas de água durante o ano de 2021. Foram calculados os valores médios de perda para cada estação climática dos quatro sistemas analisados, sendo apresentados os resultados obtidos na Figura 12.

Figura 12: Média da perda de água em cada sistema para cada estação climática de 2021.



Fonte: Autor

Analisando a Figura 12, constata-se que o grande sistema denominado Hidráulica – AC apresentou médias de perda de água praticamente constantes ao longo das estações climáticas. O comportamento observado está diretamente associado à dinâmica de consumo destes setores, pelo fato destes setores apresentarem pequenas variações no consumo de água ao longo do ano.

Em relação ao sistema Brasília observa-se as maiores variações no percentual frente à sazonalidade do ano avaliado, quando comparado aos demais sistemas. Conforme os resultados da dinâmica de consumo de água apresentados da Tabela 14, constatou-se que há maior consumo de água nos meses de verão para os setores de Brasília e Vila, ambos pertencentes ao sistema Brasília. Este comportamento de consumo de água implicou em menores perdas médias de água no verão para este sistema, conforme pode ser observado na Figura 12. No outono, nota-se uma redução no consumo quando comparado ao verão, e as perdas de água aumentam, conforme apresenta a Figura 8. Durante o inverno são observados os maiores valores médios de perda de água, em decorrência de reduções significativas do consumo de água. Na primavera, pelo fato de haver um aumento do consumo de água, principalmente no setor Brasília, por apresentar maior número de economias, verifica-se uma redução nos índices médios de perda de água. Esta relação entre redução de consumo e aumento de perdas de água está associada ao fato que a diminuição do consumo acaba elevando a pressão na rede e conseqüentemente ocasionando vazamentos da tubulação em decorrência de rupturas, trincas e demais danos relativos ao aumento da carga hidráulica na rede de distribuição.

Referente ao sistema Registro, os maiores níveis percentuais médios são verificados no outono e primavera. Justamente nestas estações climáticas constataram-se as maiores reduções de consumo em relação à média, conforme a Tabela 14 para o setor Registro. Pelo fato de o setor Registro possuir o maior número de economias em comparação aos setores Vila Real e Morada Fátima, verificou-se que este setor apresenta maior influência frente à dinâmica de consumo e perdas do sistema Registro.

O sistema Armour, por sua vez, analisando a dinâmica de inverno e verão, apresenta o mesmo comportamento dos demais sistemas. Quando há redução de consumo de água no inverno, observa-se um aumento das perdas de água, enquanto que no verão aumenta-se o consumo de água e constata-se redução nas perdas de água. A maior amplitude de níveis de perda observada para o sistema Armour é de 6% entre as estações climáticas.

5.2.2 Indicador de Desempenho – Consumo Específico de Energia (CEE)

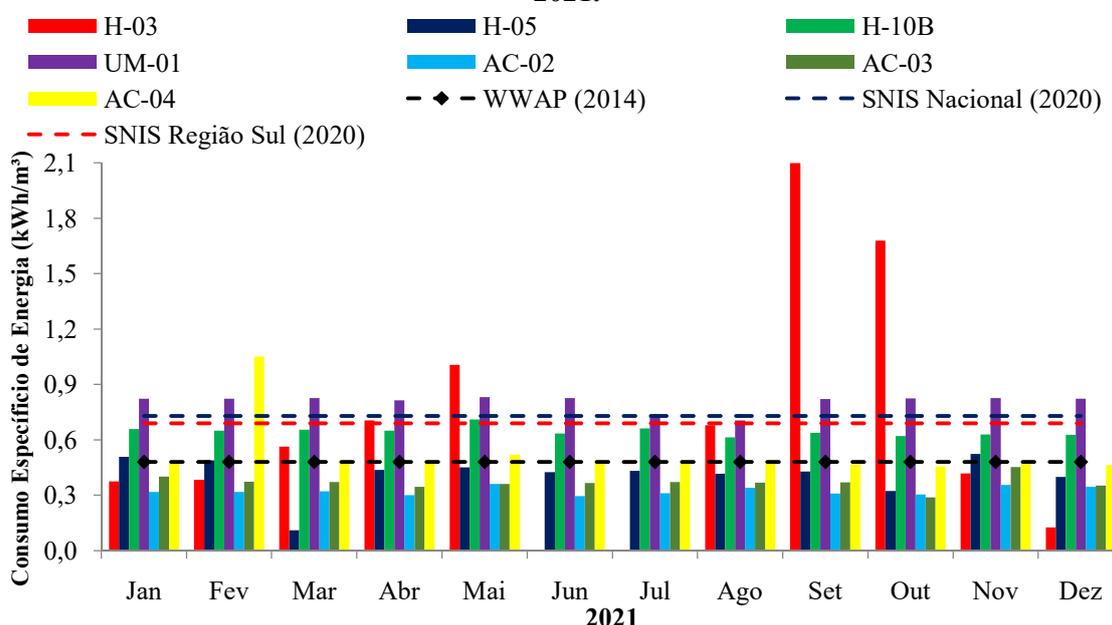
Após a avaliação de quais sistemas de bombeamento instalados nos poços de captação inseridos na zona urbana do município estariam aptos para esta análise,

empregou-se a Equação 1 para determinar o indicador de desempenho CEE ao longo dos meses para o ano de referência de 2021.

Os indicadores calculados foram comparados com os valores apresentados no relatório SNIS de 2020, vide Brasil (2021c), em relação à média nacional e média regional para o indicador IN058, sendo esta a nomenclatura utilizada pelo SNIS para referir-se ao indicador CEE. Além destes, empregou-se o valor base proposto pelo Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas apresentado em WWAP (2014), para captações de água oriundas de fontes subterrâneas como parâmetro comparativo dos resultados obtidos.

A apresentação dos resultados encontra-se organizada por sistemas de abastecimento, sendo que os três sistemas onde há pontos de captação subterrânea serão avaliados e discutidos de forma individual visando melhor detalhar os resultados obtidos. Na Figura 13, encontram-se apresentados os resultados obtidos para o indicador de desempenho CEE, para os poços de bombeamento inseridos no grande sistema Hidráulica - AC.

Figura 13: CEE para os poços de bombeamento inseridos no sistema Hidráulica - AC de 2021.



Fonte: Autor

Os poços de bombeamento de código AC-02 e AC-03 apresentam ótimo desempenho, dadas as ressalvas da metodologia empregada, pelo fato dos valores calculados para indicador de desempenho CEE encontrarem-se abaixo do valor recomendado em WWAP (2014). Em relação ao poço de bombeamento H-05, ele

apresentou bons resultados de modo geral, entretanto verificam-se pequenas variações acima do limite recomendado pelo WWAP (2014) para os meses de janeiro e novembro de 2021. Analisando de maneira geral, conclui-se que os poços de bombeamento de códigos AC-02, AC-03 e H-05 possuem o conjunto motobomba operando dentro de suas faixas de maior eficiência, visto que o indicador de desempenho CEE se manteve durante quase todos os meses do ano com valores inferiores ao limite recomendado para bombeamentos provenientes de captações subterrâneas.

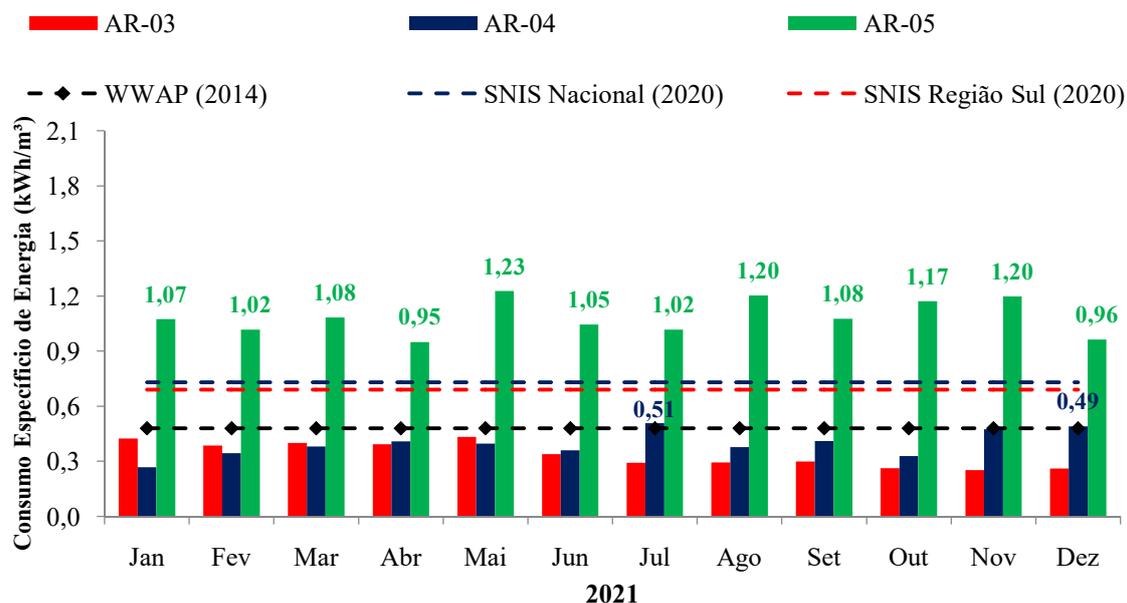
O pior desempenho entre os poços de bombeamento analisado fica a cargo do código UM-01. Para 11 meses do ano de 2021, o indicador de desempenho CEE manteve-se acima dos níveis da média nacional apresentada no relatório do SNIS 2020.

Em relação ao poço de código H-10B, ele manteve os níveis mensais de eficiência acima do recomendado pelo WWAP (2014), mas abaixo da média do SNIS para a região sul do Brasil, exceto no mês de maio.

Portanto, ao analisar os índices do indicador de desempenho CEE para o grande sistema Hidráulica, pode-se concluir que os poços de bombeamento UM-01, H-10B e H-03 devem ser monitorados, uma vez que aprestaram os piores índices ao longo de 2021. O poço de bombeamento H-03 foi inserido nesta lista de prioridade de monitoramento pelo fato de haver elevadas oscilações sazonais no consumo de energia para promover a adução de água para o sistema, além da falta de dados para determinação do CEE nos meses de junho e julho.

Na Figura 14 encontram-se dispostos os resultados obtidos para o indicador de desempenho CEE para os poços de bombeamento do sistema Armour.

Figura 14: CEE para os poços de bombeamento inseridos no sistema Armour para o ano de 2021.



Fonte: Autor

Observando a Figura 14, referente ao indicador de desempenho CEE para os poços de bombeamento destinados ao abastecimento públicos inseridos dentro do sistema Armour para o ano de 2021, constatou-se que o poço de código AR-05 apresentou os piores índices. Os resultados obtidos são muito superiores à média nacional e regional e, do valor recomendado pelo Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas de 0,48 kWh/m³. Os altos valores associados ao indicador de desempenho CEE refletem a baixa eficiência do sistema hidráulico e/ou do conjunto motobomba.

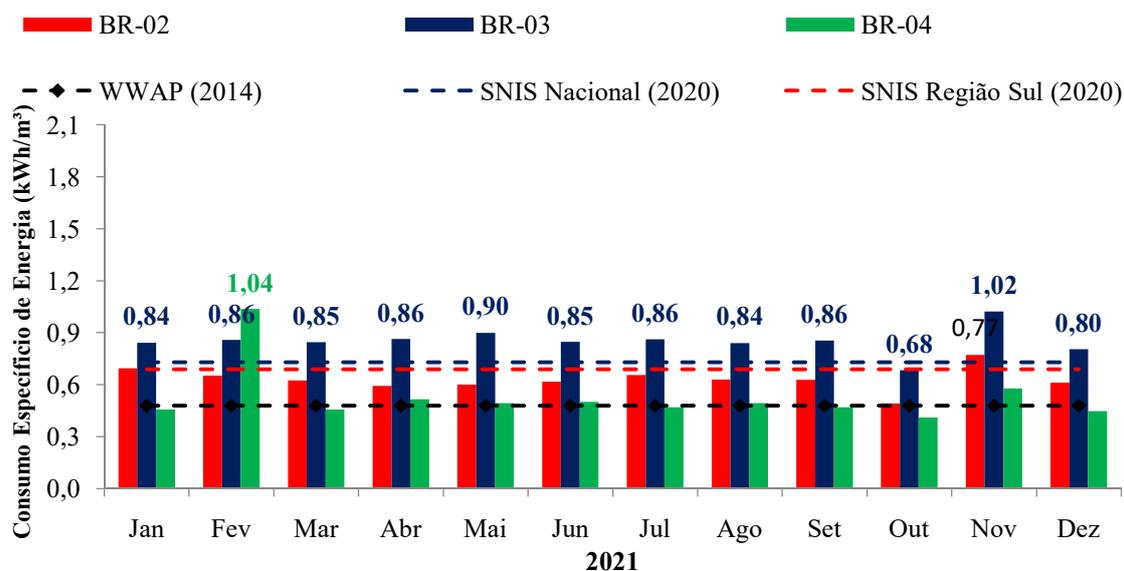
Em relação aos poços de bombeamento para abastecimento público AR-03 e AR-04, ambos apresentaram, na maior parte do tempo avaliado, condições operativas dentro da faixa recomendada pelo Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas. Entretanto, nos meses de julho e dezembro, o poço destinado para bombeamento AR-04, apresentou valores levemente superiores ao recomendado pela WWAP (2014).

Conclui-se, portanto, através dos dados disponibilizados que o poço de AR-05, em relação ao indicador CEE deve ser monitorado de forma mais intensa, visando à promoção da eficiência energética do sistema. A hipótese principal para justificar os altos índices do CEE, se estabelece no fato de haver um superdimensionamento do

conjunto motobomba, fazendo que ele opere fora da faixa ótima, implicando em baixos rendimentos operacionais do equipamento eletromecânico.

Na Figura 15 são apresentados os poços de bombeamento do sistema Brasília, onde calculou-se o indicador de desempenho CEE ao longo dos meses de 2021.

Figura 15: CEE dos poços de bombeamento inseridos no sistema Brasília para o ano de 2021.



Fonte: Autor

Analisando a Figura 15, verificou-se que o poço de bombeamento para abastecimento público de código BR-03, apresentou os piores índices para o indicador de desempenho CEE. Os níveis de desempenho do indicador são superiores ao Programa Mundial de Avaliação da Água das Nações Unidas durante todo o ano de 2021 e para todos os meses, exceto outubro, para a média nacional e da região sul do indicador CEE. Portanto, os baixos níveis de eficiência constatados configuram-se como um fenômeno que perdurou ao longo do ano 2021, conforme observado através da Figura 15.

Diferentemente do comportamento constatado para o poço de bombeamento BR-03, o poço BR-04 apresentou oscilações do indicador CEE ao longo de 2021. Em seis meses do ano, o indicador manteve-se dentro da faixa recomendada pelo WWAP (2014). Nos demais meses, o comportamento manteve-se acima de 0,47 kWh/mês, mas no mês de novembro e fevereiro observaram-se os maiores índices. Em fevereiro verificou-se que o indicador CEE atingiu a marca de 1,04 kWh/mês, muito superior à média nacional, por exemplo. Este comportamento observado pode estar associado a

erros de medição na fatura de energia e/ou a existência de válvulas fechadas ao longo do trecho do recalque, provocando o aumento da altura manométrica necessária para promover a adução de água. A substituição do equipamento, em caráter emergencial, de maior capacidade ou menor desempenho também não é descartada, uma vez que a variação abrupta no valor médio do CEE mostrou-se pontual e isolada.

Com respeito ao poço de bombeamento para abastecimento público BR-02, na maior parte do tempo, ele apresentou comportamento acima do valor proposto pelo WWAP (2014), mas abaixo ou igual à média regional, segundo o relatório SNIS de 2020. Entretanto, nos meses de janeiro o valor mostrou-se levemente acima da média regional do SNIS e, no mês de novembro observou-se comportamento acima da média nacional do SNIS.

Portanto, em uma escala de maior prioridade e atenção, o poço BR-03 necessita de maior monitoramento, seguido pelo poço de bombeamento BR-02 e BR-04. A posição do poço de bombeamento BR-04 na escala de atenção é justificada, por apresentar em 50% do tempo avaliado, indicador abaixo do valor proposto pelo WWAP (2014).

6. CONCLUSÃO

Através das análises realizadas neste trabalho, pode-se obter um panorama geral inicial referente às condições operativas e da gestão dos recursos hidroenergéticos dos diferentes SAAs urbanos do município de Sant'Ana do Livramento, tendo por base o ano de 2021 e os dados presentes no SNIS. A metodologia empregada referente às análises de âmbito global e individual dos SAAs está diretamente relacionada à qualidade e disponibilidade dos dados. Ou seja, para os sistemas onde há maior número de informações, como os sistemas: Hidráulica-AC, Brasília, Registro e Armour, pôde-se obter, dadas as ressalvas descritas na metodologia, diagnósticos operacionais de caráter preliminar com maior nível de detalhamento associado.

Destaca-se que através das análises realizadas neste trabalho, foram avaliados SAAs e poços de bombeamento, onde tornou-se possível identificar incongruências na operação e gestão. Deste modo, as análises preliminares realizadas, podem fomentar e impulsionar ações por parte da companhia responsável pelo saneamento municipal visando o monitoramento e investigação de forma minuciosa, a fim de certificar-se, com maior propriedade e subsídio de informações, das constatações prévias levantadas neste trabalho.

O principal obstáculo para a não realização dos diagnósticos individuais para os outros sistemas encontra-se no entrave gerado pela falta de dados referentes ao número de horas de bombeamento de cada poço. Este dado é de suma importância para a realização do balanço hídrico, bem como para calcular o indicador de desempenho consumo específico de energia (CEE).

Tratando-se inicialmente quanto à proposição de alternativas e melhorias para aprimorar a gestão hidroenergética referente aos diagnósticos individuais, algumas potenciais intervenções e práticas serão apontadas e discutidas.

Promover a instrumentação nos pontos de captação de água, através da inserção de hidrômetros, medidores de vazão ou horímetros, instalados junto à motobombas dos poços de captação subterrânea, possibilitariam diagnosticar de forma mais detalhada, o volume produzido e o tempo de operação para recalcar o volume captado. O conhecimento destes dados embasaria de forma mais sólida a realização do cálculo do indicador de desempenho CEE, bem como a realização do balanço hídrico dos diferentes sistemas existentes. Da forma, como realizou-se o cálculo do indicador de desempenho CEE, apenas pode-se ter um panorama prévio quanto às condições operativas individuais dos conjunto motobombas ao longo do ano de 2021, portanto, não devem ser comparados entre si, uma vez que não foi possível calcular o indicador de desempenho consumo específico normalizado, o qual necessita conhecer a altura manométrica para que todos os pontos de bombeamento possuíssem a mesma base comparativa de cálculo.

Os altos níveis do indicador de desempenho CEE para determinados poços de bombeamento avaliados, pode estar associado a diversas questões de âmbito operacional. Deve-se verificar se os conjuntos motobombas estão operando fora de suas faixas ótimas de operação, fato este que acaba ocasionando redução na eficiência do conjunto motobomba. Referente à perda de carga na tubulação, condutos antigos e obstruções/fechamento de válvulas, promovem maior dissipação de energia, acarretando em um maior consumo de energia elétrica por parte dos conjuntos motobombas para vencer os altos níveis de perda. Uma vez confirmada a baixa eficiência ou desgaste das bombas e motores elétricos, pode-se promover como medida para aumentar a eficiência no bombeamento a substituição dos equipamentos. Conforme apurado junto ao DAE, esta última medida encontra-se em processo de execução, uma vez que a autarquia adquiriu novos conjuntos motobombas visando à substituição dos antigos.

Em relação ao balanço hídrico, os índices de perdas obtidos, dadas as condições de contorno para a sua determinação, para os quatros sistemas avaliados, mostraram-se bastante elevados. Importante reiterar que através do cálculo realizado para determinação das perdas de água não se consegue especificar os percentuais referentes às perdas de origem físicas e aparentes existentes em cada sistema. Outro aspecto importante que deve ser salientado se estabelece no fato de haver exportações de água oriundas dos sistemas avaliados para outros não avaliados. Esta prática, constatada no sistema Registro, indica que determinado volume de água acaba sendo computado como perda de água para o balanço hídrico realizado neste trabalho. O volume exportado que é considerado como perda acaba sendo justificado pela falta de conhecimento de monitoramento dos volumes que acabam sendo exportações para suprir a demanda de outros sistemas. A correlação da sazonalidade avaliada através das estações climáticas frente às perdas de água indicou que em determinados sistemas, principalmente em época de redução de consumo, com destaque para o inverno, os índices de perdas são mais elevados. A diminuição no consumo de água implica na elevação das pressões de água no interior dos condutos, favorecendo, desta forma, a ocorrência de fadigas e ruptura de tubulações, culminando na perda real de água.

Referente às medidas que podem ser promovidas para a diminuição da perda de água, pode-se promover campanhas para substituição de rede antigas e identificação de vazamentos, realizar calibração nos hidrômetros ou substituí-los, identificar vazamentos em reservatórios, monitorar falhas no funcionamento de sistemas chave-boia, implementar válvulas redutoras de pressão, entre outras ações. Conforme apurado junto à autarquia DAE, o município vem realizando diversas ações para diminuir os níveis de perdas, como realização de reparos ou substituição de reservatórios com grandes vazamentos e substituição de redes antigas.

Quanto às análises relativas à dinâmica de consumo de água, concluiu-se que no verão os consumos mostram-se superiores na maioria dos setores. No mês de abril, observam-se que os consumos de água nos setores tendem a permanecerem próximos a média. Nos meses de maio a setembro, constatou-se redução do consumo na maioria dos setores. Em novembro, por sua vez, os consumos voltam a patamares próximos da média dos setores e, com as proximidades do verão, em dezembro, há uma maior tendência de os consumos serem superiores aos valores médios de seus setores. Portanto, pôde-se apontar por meio da análise empregada, que os meses de abril e novembro se apresentam como períodos estratégicos para gestão dos sistemas de

abastecimento, uma vez que nestes meses ocorrem as mudanças na tendência de consumo de água.

Ao final deste trabalho, conclui-se que foi possível identificar o comportamento da dinâmica de consumo de água da zona urbana municipal, apresentar um panorama referente as economias cortadas e ativas por setor, avaliar a relação entre consumo faturado e medido, definir os níveis de perda de água em quatro SAA, identificar poços de bombeamento que necessitam ser monitorados por apresentarem baixos níveis de eficiência operacional. Além disso, foram apresentadas e discutidas ações visando monitorar e solucionar as potenciais causas dos problemas levantados.

7. REFERÊNCIAS

ABNT. NBR ISO 50001: Sistemas de Gestão de Energia: Requisitos com orientações de uso. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ABNT. NBR 12213: Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. NBR 12215-1: Projeto de adutora de água - Parte 1: conduto forçado. um ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2017. 32 p.

ABNT. NBR 12217: Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS ESTADUAIS DESANEAMENTO (AESBE). Guia prático para quantificação de balanços hídricos e indicadores de desempenho operacional. In: AESBE. Série balanço hídrico. Brasília: AESBE, 2015. v. 5. Disponível em: <http://www.aesbe.org.br/guias_praticos/>. Acesso em: 10 maio 2022.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual. Brasília: ANA, 2020. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

ALEGRE, H.; HIRNER, W.; BAPTISTA, J. M.; PARENA, R. Indicadores de desempenho para serviços de abastecimento de água: versão portuguesa de

Performance indicators for water supply services. Tradução Patrícia Duarte, Helena Alegre, Jaime Melo Baptista. Londres: IWA/IRAR/LNEC, 2004.

BÁGGIO, Mário Augusto. Redução de perdas em sistemas de abastecimento de água. 2014.

BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; CHEUNG, Peter Batista. Perdas de água: tecnologias de controle. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

BID. Avaliação de Sistemas de Bombeamento de Água: manual de eficiência energética. 1. ed. Washington: BID, 2011.

BLOCH, H.P. Problem pumps: a thing of the past. World Pumps. Vol.2012, n.10, October 2012, p.34-38.

BRASIL. Lei nº 11.445/07. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em 19 de set. de 2022;

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021a. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Diário Oficial [da] União:, n. 85, p. 127-127, 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. Guia prático de inspeção sanitária em formas de abastecimento de água para consumo humano [recurso eletrônico] / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Saúde Ambiental, do Trabalhador e Vigilância das Emergências em Saúde Pública. – Brasília: Ministério da Saúde, 2021b. 64 p. : il.

BRASIL, Ministério de Desenvolvimento Regional. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos 2020. Brasília: Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), 2021c. 91 p. Disponível em: http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2020/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf. Acesso em: 19 set. 2022.

CAMPONOGARA, Isabel. Vulnerabilidade Natural do Sistema Aquífero Guarani, em Santana do Livramento, RS, com uso de geotecnologias. 2006.

CASTIGLIO, Guilherme Santanna. Capacitação em Diagnóstico Hidroenergético de Sistemas de Bombeamento. 2014.

COMISSÃO ESPECIALIZADA DE SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA (CESDA) (Portugal). Ficha de Boas Práticas: eficiência dos sistemas de abastecimento de água - tema: balanço hídrico. Lisboa: Apda - Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Águas, 2014. 9 p.

COURA, S.P., GOMES, A.S. A conta de energia elétrica no saneamento - Volume 5. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, 2007.

FILLUS, Isabella. Avaliação das condições operacionais de uma rede de abastecimento de água com uso do software EPANET 2.0. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GIZ, Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit. Manual Cálculo do Consumo Energético Normalizado e do Potencial de Economia em Instalações de Bombeamento. [S. L.]: Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit (Giz), 2017.

GOMES, H. P.; CARVALHO, P. S. O. Manual de Sistemas de Bombeamento: eficiência energética. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2012. 189p.

GOMES, H. P.; BEZERRA, S. de T. M. Ações de Eficiência Energética. In: GOMES, H. P.; CARVALHO, P. S. O. de. (org). Manual de Sistemas de Bombeamento: eficiência energética. João Pessoa: Editora Universitária UFPB, 2012. p. 129-140.

HAGUIUDA, C. Avaliação da Eficiência Energética em Sistemas de Bombeamento de Água da Sabesp. In: CONGRESSO NACIONAL DE SANEAMENTO E MEIO AMBIENTE, 30, Natal, 2019. Anais [...] São Paulo: AESabesp, 2019. Artigo 104. p. 1-6.

IBGE. Panorama Sant'Ana do Livramento - RS. Disponível em <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santana-do-livramento/panorama>. Acesso em: maio de 2022.

KURITZA, JoiceCristini. Sistemas de bombeamento de água com velocidade de rotação variável. 2017.

HELLER, L.; PÁDUA. V. L. (Org.) - Abastecimento de água para consumo humano. Reservação. 2ª ed. Belo Horizonte: editora UFMG, 2010. 859 p.

HENRIQUES, Kenny Rogers da Silva. Diagnóstico hidroenergético e otimização operacional pela aplicação de algoritmos genéticos, de uma estação elevatória de água. 2018.

MIRANDA, Arménio Manuel da Silva. Fiabilidade de uma rede de abastecimento público de água. 2010.

MONACHESI, M. G. Eficiência Energética em Sistemas De Bombeamento. Livro e manual técnicos feito pela EFFICIENTIA/FUPAI para o projeto PROCEL-SANEAR da Eletrobrás. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

MOREIRA, Francisca Nara da Conceição. Dimensionamento do volume útil de reservação de água considerando o consumo de energia elétrica no horário de ponta do setor elétrico. 2018.

NETTO, Azevedo; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández. Manual de hidráulica. 9ª Edição. Editora Blucher, 2015.

NICOLA, Alexandre; INÁCIO, Rodolfo Alexandre Cascão. Caderno Temático 5 - Planejamento e Gestão. - Ações de Assistência Técnica em Redução e Controle de Perdas de Água e Uso Eficiente de Energia Elétrica. Brasília: Ministério das Cidades, 2018 (Coletânea de técnicas e recursos - Projetos demonstrativos COM+ÁGUA).

PEREIRA, José Almir Rodrigues; CONDURÚ, Marise Teles. Abastecimento de água: informação para eficiência hidroenergética. Editora da UFPB, 2014.

PORTO, Rodrigo de Melo. Hidráulica básica. 4ª edição. São Carlos: EESC-USP, Projeto REENGE, 2006.

REVITA, Consórcio Argos –. Estudos destinados a subsidiar a elaboração do Plano Municipal de Saneamento. de Sant'Ana do Livramento. Sant'Ana do Livramento: Consórcio Argos – Revita 2009. 173 p. Disponível em:<https://www.sdolivramento.com.br/legislacaomunicipalsetor/&id=36&nome=Plano%20Municipal%20de%20Saneamento%20Basico>. Acesso em: 19 set. 2022

RIBEIRO, Ana Carolina Victória da Costa. Definição de linha base otimizada aplicada a diagnósticos hidroenergéticos de sistemas de bombeamento de água com velocidade rotacional constante. 2021.

TONIAL, Fernanda de Carli. Eficiência energética de estações de bombeamento: estudo de caso do campus do vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2014.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. Abastecimento de Água. 3º Edição. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2014. The United Nations World Water Development Report 2014: Water and Energy. Paris, UNESCO.

ANEXO I

Ano 2021					Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho			Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro			
Sistema	Código	Normal	Cortada	Total Ativas:	Setor	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)	Cons. (m³)	N.º de Econ.	Cons. Fat. (m³)			
Hidráulica AC	6	2948	198	3146	Setor Brigada	33589	2765	44800	29477	2766	43051	30561	2772	42712	28682	2753	42712	28849	2754	41867	28449	2755	43563	27067	2745	42065	23960	2753	41123	25959	2762	40786	26321	2764	41010	28402	2759	42312	30870	2743	43793
	26	614	40	654	Setor Elevadíssimo	6585	608	9667	6960	601	9754	5943	600	9136	6510	610	9408	5741	611	9101	5656	612	9068	6323	609	9313	5874	610	8937	5556	607	9032	5963	602	9020	5984	606	9098	5812	608	9037
	25	3834	223	4057	S.Zona Baixa	36056	3481	54881	35596	3469	54984	35209	3465	54770	32622	3495	53147	34899	3523	56170	30144	3521	53386	30563	3515	53031	33358	3520	54622	30431	3520	52733	32725	3521	53637	33314	3529	55271	36321	3534	55780
	0	4022	182	4204	AC	38582	3999	63795	38411	3989	63177	37761	3975	61155	38070	3980	61105	36870	3985	60877	35290	3973	61274	36038	3969	61044	36928	3964	62777	33083	3970	60110	36817	3959	61491	36774	3977	61802	39307	3976	62744
Kennedy	8	404	50	454	Kennedy	4627	397	6618	4299	395	6347	3807	396	6001	4047	388	5965	3723	387	5936	3580	388	5957	3475	387	5858	3342	388	5767	3550	388	5868	3378	384	5690	3680	389	5941	3907	387	5939
Armour	3	3173	401	3574	Armour	29016	2835	42958	28934	2840	43265	27951	2841	41968	26506	2851	41917	23960	2807	40107	24325	2836	40910	21884	2853	40003	22782	2835	39654	22184	2851	39951	27892	2874	44941	27189	2870	43501	27533	2885	43381
Brasília	4	2144	273	2417	Brasília	22075	1991	31107	22154	1993	31004	20016	1994	29693	20213	1995	30052	20658	1999	30265	19047	1973	29698	17913	1979	28994	17213	1981	28695	18232	1960	29200	17466	1971	28707	24340	1957	32592	24440	1978	33920
	23	181	34	215	Vila Nova	1921	200	2995	1481	202	2800	1660	202	2880	1448	201	2743	1333	201	2716	1183	181	2429	1247	188	2502	1132	190	2523	1201	183	2445	1021	183	2390	1341	186	2557	1312	183	2454
Alexandrina	2	887	146	1033	Alexandrina	9418	825	13232	8721	826	12874	8672	826	12689	8808	827	13138	7809	828	12276	7073	815	11877	6475	819	11603	6903	819	11665	6667	814	11518	7133	816	11738	7788	817	12105	8192	820	12257
Parque S. José	13	1011	189	1200	Parque São José	10363	953	14639	9554	953	14080	9230	953	13902	8874	956	13692	8656	960	13812	8803	948	14283	7637	948	13237	8062	949	13499	7899	942	13375	8008	943	13330	8559	937	13548	9935	946	14010
	24	38	10	48	Wilson	440	40	617	473	40	622	401	40	573	366	40	568	365	40	564	350	38	541	403	38	596	339	38	536	340	38	529	354	38	546	351	37	545	438	38	594
	29	34	5	39	Alto Wilson	317	32	473	313	32	443	353	32	473	311	32	461	313	33	462	241	30	402	198	30	390	224	31	411	170	30	390	207	30	393	246	30	401	212	32	441
Registro	17	2537	359	2896	Registro	25805	2082	35306	26839	2084	36394	24602	2086	34320	21047	2056	31852	19596	2065	31070	19994	2068	32169	21354	2063	31790	21769	2066	33752	22712	2098	34160	21489	2105	34107	23335	2099	34722	21589	2108	33137
	27	160	30	190	Vila Real	1087	90	1491	1243	90	1581	947	90	1442	843	86	1298	691	88	1311	947	88	1378	724	87	1242	693	89	1305	819	90	1341	686	95	1359	988	94	1452	924	92	1395
	28	36	10	46	Setor Morada Fátima	366	33	491	720	34	502	290	34	502	295	33	485	249	33	492	258	33	468	239	33	459	211	33	444	232	33	456	214	33	453	247	31	435	270	31	420
Julieta	14	3086	258	3344	Julieta	34086	2930	47524	34796	2927	47919	31810	2909	45523	29600	2908	44844	29262	2900	44991	26531	2886	43185	28397	2889	44244	28266	2892	43378	27214	2910	43460	26051	2904	42680	29476	2940	44379	30183	2947	44843
Umbu	22	249	8	257	Umbú	5015	228	5773	4118	229	4946	4077	229	4991	3982	226	4858	3551	226	4455	3557	228	4663	3249	227	4481	3230	229	4349	3267	230	4595	3341	231	4478	3899	234	4970	5007	234	5799
Progresso	15	246	43	289	Progresso	3126	232	4193	3307	232	4376	3152	232	4305	2700	232	3849	2430	232	3608	2189	224	3567	2092	225	3398	2084	226	3410	1969	222	3352	2081	226	3493	2581	234	3758	3837	236	4476
	20	118	178	296	Simon Bolívar	100	12	152	116	12	141	71	12	132	147	12	193	63	12	150	68	12	141	95	12	170	56	12	132	71	12	140	54	12	132	52	12	132	76	12	132
Jardins	7	597	45	642	Jardim do Verde	7469	540	8449	5869	539	8299	5783	540	8161	5540	531	7944	5220	534	7916	4569	536	7675	4549	535	7521	4549	540	7720	4236	539	7433	5000	538	7736	5125	540	7809	5081	535	7849
Paraíso	12	154	16	170	Paraíso	1209	118	1817	1117	118	1761	1006	118	1706	1045	118	1751	928	118	1714	888	116	1683	887	118	1732	1000	118	1725	882	117	1667	944	117	1706	1021	120	1794	1509	121	2149
SSol	19	51	3	54	Serra Sol	531	31	643	503	31	607	486	31	572	420	31	574	405	31	553	379	30	546	351	30	533	382	31	556	381	31	564	410	32	583	444	33	638	567	42	847
V.Luiza	9	736	62	798	Luiza	8379	673	11361	6870	675	10968	7204	675	10777	6764	673	10343	6476	672	10433	5715	672	10076	5537	667	10005	6257	668	10087	6293	669	10379	6071	668	10198	7434	671	10960	6750	668	10642
Floresta	5	530	36	566	Floresta	5529	512	8097	5074	513	7942	5062	513	7786	4880	513	7719	4102	506	7388	4679	507	7494	3903	511	7250	4679	506	7708	3838	504	7155	4794	507	7613	4677	505	7466	4327	505	7791
Planalto	16	728	55	783	Planalto	8187	703	11026	7678	705	10803	7472	706	10449	6768	687	9937	6393	688	9884	6447	691	9923	6753	684	9802	6156	691	9942	6677	692	10201	6505	704	10204	7179	696	10500	7568	697	10630
Queirolo	30	1290	135	1425	Queirolo	13453	1156	17965	12964	1150	17458	13252	1146	17769	12654	1138	17396	12175	1142	17055	10459	1142	16556	11163	1146	17257	10961	1145	16745	11525	1147	16916	10737	1136	16398	11394	1137	16705	12051	1145	17322

Fonte: DAE.

ANEXO II

Ano 2021		Consumo Total		Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez		
Sistema	Código do poço	C. Ponta (kWh)	F. Ponta (kWh)																									
Hidráulica AC	H-02	56801	571017	4639	54374	4181	40900	5657	49898	5174	51065	4230	44465	4477	43428	5280	47894	4212	44814	3603	40134	5050	50830	4756	49905	5542	53310	
	H-03	0	33434	0	6939	0	6367	0	5901	0	5063	0	503	0	883	0	1084	0	1154	0	1731	0	1154	0	1443	0	1212	
	H-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H-05	4913	244514	2152	24275	1972	21058	611	5161	0	21953	0	21841	0	21398	87	22114	91	21583	0	21245	0	16773	0	26399	0	20714	
	H-06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	H-10B	17543	176128	1497	16689	1394	14653	1715	16477	1490	16013	1521	15973	1513	15068	1513	10095	993	8919	1478	15332	1401	15571	1411	15531	1617	15807	
	H-12	38652	393721	3536	37211	2981	29456	3786	32775	3143	30633	2962	31131	3016	32338	3239	33325	3260	35047	2652	27694	2700	31182	3089	32985	4288	39944	
	UM-01	13319	142066	1090	12388	1035	11119	1256	12277	1039	11847	1148	12466	1147	11945	1009	11037	1035	10495	1140	11868	1087	12399	1086	11996	1247	12229	
	AC-01	34378	409093	3351	38538	3021	35140	3245	35990	2691	34944	2714	35871	2743	33911	2802	34372	2724	34188	2785	30980	2564	30067	2706	30534	3032	34558	
	AC-02	0	104070	0	8748	0	7897	0	8817	0	7967	0	9355	0	7872	0	8518	0	9355	0	8161	0	8388	0	9492	0	9500	
	AC-03	11379	141468	1169	13140	1017	10999	1228	12001	0	11956	182	11906	1042	10770	1139	12034	1216	11906	1080	11595	839	9437	1302	14332	1165	11392	
AC-04	23576	239683	1898	21624	1805	19497	2164	21289	1867	20822	1994	21560	1995	20778	2085	21027	2082	21261	1975	18818	1841	16822	1802	16774	2068	19411		
Kennedy	KE-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	KE-02B	6859	60019	616	5130	492	4008	576	4520	485	4692	572	5135	587	4995	584	5537	595	5508	555	5096	427	4138	778	7027	592	4233	
Armour	AR-03	4844	174209	0	20320	0	16347	0	18079	0	17771	0	18185	1075	13165	0	13272	884	12255	1302	11534	0	11557	330	10677	1253	11047	
	AR-04	6222	41118	557	3141	451	3129	813	3831	661	3010	248	1511	265	1817	39	1080	180	1458	310	2255	588	4094	1005	7311	1105	8481	
	AR-05	8412	101122	0	10318	8412	0	0	8347	0	7592	0	9600	0	8414	0	9295	0	10553	0	9064	0	9766	0	9280	0	8893	
Brasília	BR-01	30425	289026	2917	29051	2206	24719	3252	25345	2414	24148	2617	24284	2163	21183	2518	22840	2674	23562	2234	21205	2013	22404	2366	23700	3051	26585	
	BR-02	8094	106705	883	9896	738	8358	926	8810	0	8813	0	8782	466	8865	854	9384	936	8777	826	8654	613	7076	966	10722	886	8568	
	BR-03	9624	101115	837	8493	692	7847	879	8539	713	8550	848	8562	798	8251	816	8808	870	8392	809	8400	616	7010	915	10140	831	8123	
	BR-04	5287	206931	0	17257	595	15916	0	17319	1212	17570	0	17569	1178	16315	0	17816	1329	17152	0	17178	973	14643	0	21236	0	16960	
	VNOVA-01	0	18153	0	2884	0	1823	0	1855	0	1784	0	1346	0	1357	0	997	0	1232	0	1086	0	994	0	1146	0	1649	
Alexandrina	AL-01	14850	122620	1324	10884	1155	9195	1367	9714	1082	9042	1039	9421	1110	10182	1352	11371	1477	12889	1187	9632	1035	9747	1245	10509	1477	10034	
	AL-03	0	101641	0	10535	0	8876	0	9725	0	9229	0	9567	0	6725	0	7793	0	6806	0	6615	0	7921	0	6865	0	10984	
	AL-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Parque S. José	W-01	0	84072	0	6800	0	6600	0	7880	0	6480	0	6880	0	6360	0	7280	0	6840	0	7280	0	7120	0	6680	0	7872	
	W-03B	164	1457	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	164	1456		
	W-04	0	130335	0	14386	0	13495	0	15139	0	12245	0	10442	0	7499	0	9086	0	8817	0	10144	0	8829	0	8715	0	11538	
Registro	RE-01	137987	1283360	11382	111660	10903	100270	11871	103482	9854	93851	11714	109483	10300	98968	12229	113192	12092	107426	11549	103255	11396	112151	10827	108425	13870	121197	
	RE-02	0	15081	0	1293	0	1166	0	1320	0	1278	0	1185	0	1177	0	1144	0	1269	0	1269	0	1246	0	1318	0	1416	
	RE-03 Meio	0	24635	0	1949	0	2137	0	2581	0	2052	0	2053	0	2126	0	1528	0	2308	0	1776	0	986	0	2323	0	2816	
	RE-04 Praça	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Julietta	PRA-01	30913	326903	2534	31843	2067	25920	2991	27262	1709	27202	2179	27821	2297	25868	2369	27257	2888	26333	2365	25186	3130	25936	2927	26295	3457	29980	
Umbu	UM-02	8789	83912	830	8530	667	6424	889	7350	666	7262	700	6943	613	6075	646	6606	688	5983	664	6137	561	5688	913	8896	952	8018	
Progresso	PRO-01B	0	32457	0	3799	0	3323	0	3452	0	3512	0	3716	0	2907	0	1980	0	1993	0	1743	0	1811	0	2064	0	2157	
	SIMBO-01	3571	31050	324	2736	266	2284	527	3407	186	1745	185	1851	281	2458	304	2706	325	2754	300	2670	227	2373	341	3440	305	2626	
Jardins	JVER-01	15904	134766	1215	10695	1140	9836	1390	10689	1206	10509	1365	11941	1355	11485	1427	11892	1427	11926	1310	11562	1289	11807	1304	11240	1476	11184	

Ano 2021		Consumo Total		Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun		Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
Sistema	Código do poço	C. Ponta (kWh)	F. Ponta (kWh)																								
Paraíso	PAR-01	0	7651	0	611	0	476	0	593	0	583	0	583	0	582	0	574	0	669	0	692	0	713	0	747	0	828
Serra Sol	SSOL-01	0	10182	0	1449	0	1012	0	845	0	865	0	775	0	768	0	769	0	806	0	694	0	616	0	740	0	843
Luiza	VLU-01	12988	120592	1218	11354	1082	9836	1304	10828	1093	10232	1103	10247	1076	10315	1061	10250	937	9034	949	8965	966	9536	982	9811	1217	10184
Floresta	FLO-01	0	145872	0	12815	0	11403	0	12379	0	10871	0	11391	0	10349	0	12828	0	13314	0	14488	0	13501	0	14136	0	8397
Planalto	PLA-01	0	143683	0	12066	0	10579	0	11150	0	10973	0	10933	0	9946	0	12827	0	11520	0	12022	0	14189	0	13041	0	14437
Queirolo	QUE-01	0	357	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	321	0	36

Fonte: DAE