



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

ABIDIEL DE OLIVEIRA SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA DE PERNAMBUCO - BRASIL**

Caruaru

2024

ABIDIEL DE OLIVEIRA SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA DE PERNAMBUCO - BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Recursos Hídricos.

**Orientador:** Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra

Caruaru

2024

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, cuja presença sempre me acompanhou ao longo desta jornada. Sua graça e amor incondicionais foram fundamentais.

Aos meus pais, Anchieta e Cícera, meu profundo agradecimento. Vocês sempre foram minha fonte de inspiração e motivação, encorajando-me a nunca desistir, mesmo diante dos desafios mais difíceis. Sou grato por todo o amor e apoio que me ofereceram incondicionalmente.

Aos meus irmãos, Ancibreno e Aniel, meu carinho e gratidão. O companheirismo de vocês foi um pilar fundamental durante toda essa caminhada. Cada momento compartilhado, cada risada e cada dificuldade superada juntos tornaram essa jornada ainda mais significativa. Agradeço por estarem ao meu lado e por me impulsionarem a seguir em frente.

A Alan Ricarte, meu amigo e irmão, meu sincero agradecimento. Sua amizade e apoio inabaláveis ao longo dessa longa jornada universitária foram imprescindíveis. A troca de conhecimento e experiências que compartilhamos não só contribuiu para meu crescimento acadêmico, mas também solidificou uma amizade que levarei para a vida toda.

Ao professor Saulo de Tarso, minha admiração e agradecimento sinceros. Sua dedicação e paixão pelo ensino não apenas me inspiraram academicamente, mas também moldaram minha visão sobre a importância do conhecimento.

Por fim, agradeço à Universidade Federal de Pernambuco, que foi minha casa por longos anos. A instituição não apenas me proporcionou uma base sólida para me tornar um profissional qualificado, mas também me brindou com experiências e amizades que levarei comigo para sempre. Sou grato por cada oportunidade e aprendizado que vivi aqui.

# **Avaliação do desempenho de sistemas de abastecimento de água de Pernambuco - Brasil**

## **Performance evaluation of water supply systems in Pernambuco – Brazil**

**Abidiel de Oliveira Souza<sup>1</sup>**

---

### **RESUMO**

Os serviços de abastecimento de água, essenciais para a vida e o desenvolvimento humano, precisam de acompanhamento e análises para serem entregues de forma satisfatória. As organizações prestadoras desses serviços, além de garantir capital suficiente para a distribuição de água, devem realizar a manutenção essencial da infraestrutura e dos processos como um todo. Caso contrário, surgem os principais obstáculos nos sistemas de abastecimento, como as perdas de água e a deterioração das tubulações, o que encarece o processo, aumenta o custo de produção e diminui a qualidade do serviço prestado. Nesse contexto, o presente estudo visa verificar o desempenho dos sistemas de abastecimento de água no estado de Pernambuco, serviço concedido à Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), que abrange a maioria das cidades do estado. Para alcançar esse objetivo, será feito um estudo dos indicadores que representam a funcionalidade dessas atividades, os quais poderão ser utilizados como ferramenta de gestão de recursos e serviços. Essa análise fez uso do banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Posteriormente, através do Método de Regressão Linear Múltipla e estatística descritiva, foram relacionados os indicadores de qualidade da água, desempenho financeiro e operacional dos sistemas, provenientes do banco de dados. O desempenho financeiro foi amplamente explicado pelo índice de suficiência de caixa, indicando sua eficácia na análise da saúde financeira dos SAA. No desempenho operacional, o índice de perdas por ligação se destacou, evidenciando a importância de reduzir as perdas na distribuição. Embora o modelo para avaliar a qualidade da água tenha apresentado limitações, a turbidez mostrou-se, estatisticamente, um indicador relevante. Em síntese, os resultados obtidos para os três desempenhos analisados ressaltam a necessidade de uma abordagem multifacetada na avaliação dos sistemas de abastecimento de água. Esse tipo de análise permite considerar diferentes aspectos e desafios enfrentados, o que enriquece a compreensão sobre a eficiência e a qualidade desses sistemas.

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: abidiel.souza@ufpe.br

**Palavras-chave:** Recursos Hídricos; Saneamento; indicadores de desempenho; eficiência operacional; perdas de água; regressão linear.

---

**ABSTRACT**

Water supply services, essential for life and human development, require monitoring and analysis to be delivered satisfactorily. The organizations providing these services, in addition to ensuring sufficient capital for water distribution, must carry out essential maintenance of the infrastructure and processes as a whole. Otherwise, major obstacles in supply systems arise, such as water losses and pipe deterioration, which make the process more expensive, increase production costs, and reduce the quality of the service provided. In this context, the present study aims to evaluate the performance of water supply systems in the state of Pernambuco, a service granted to the Pernambuco Sanitation Company (Compesa), which covers most cities in the state. To achieve this goal, a study of the indicators representing the functionality of these activities will be conducted, which can be used as a tool for managing resources and services. This analysis will use the database from the National Sanitation Information System. Subsequently, through the Multiple Linear Regression Method and descriptive statistics, the water quality, financial, and operational performance indicators from the database were correlated. Financial performance was largely explained by the cash sufficiency index, indicating its effectiveness in analyzing the financial health of the WSS. In terms of operational performance, the loss per connection index stood out, highlighting the importance of reducing distribution losses. Although the model for assessing water quality had limitations, turbidity proved to be a statistically relevant indicator. In summary, the results obtained for the three performances analyzed highlight the need for a multi-faceted approach when evaluating water supply systems. This type of analysis makes it possible to consider different aspects and challenges faced, which enriches the understanding of the efficiency and quality of these systems.

**Keywords:** Water Resources; Sanitation; performance indicators; operational efficiency; water losses; linear regression.

---

**DATA DE APROVAÇÃO:** 25 de outubro de 2024.

---

## 1 INTRODUÇÃO

É de conhecimento geral a importância da água para o funcionamento dos ecossistemas e da vida como um todo e a sua influência no desenvolvimento das sociedades. Sua distribuição no planeta é dada de forma que, se encontre abundância de água em algumas partes do planeta e escassez em outras.

A escassez de água e os conflitos em torno de sua disponibilidade constituem desafios críticos em várias partes do mundo. A desigualdade no acesso a esse recurso essencial impacta profundamente uma vasta parcela da população, gerando consequências sociais e ambientais que agravam a vulnerabilidade de diversas comunidades ao redor do globo (LEITE; SOUSA; SILVA, 2023).

Segundo a Compesa, em seu Plano Anual de Negócios e Estratégia de Longo Prazo 2023-2027, alguns desafios precisam ser superados para alcançar a universalização do setor de abastecimento de água e esgotamento sanitário e atender às metas estabelecidas pelo novo marco regulatório, por exemplo. O plano prevê um investimento de R\$ 415 bilhões até 2033, com a possível participação do capital privado para ampliar os recursos destinados a essas áreas.

Neste relatório a Compesa também destaca que existem muitos desafios para o setor, especialmente aqueles relacionados às desigualdades regionais na disponibilidade de infraestrutura. Essas disparidades refletem um desenvolvimento desordenado do território brasileiro, resultando em diferenças significativas no acesso aos serviços de abastecimento de água e saneamento entre as diversas regiões do país.

Outro obstáculo também observado é o envelhecimento dos sistemas e possíveis deterioração que podem gerar elevados custos operacionais. Além disso, para uma eficiente distribuição de água à população, as instituições responsáveis enfrentam a problemática da perda de água, sendo ela real ou aparente. O índice de perdas de água é essencial para mensurar a eficácia dos prestadores de serviço em suas atividades de planejamento, investimento, distribuição e manutenção dos sistemas de abastecimento. Ele possibilita a identificação de falhas e o uso otimizado de recursos, promovendo uma gestão mais sustentável e eficiente das redes de distribuição de água (RODRIGUES; SAIANI; VEÍSSIMO, 2022).

De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do Brasil, em 2022 foram atendidas 171 milhões de pessoas com o abastecimento de água em 5.451 municípios. No entanto, cerca de 37,8 % de toda a água potável foi perdida na distribuição ou não foi contabilizada. Em Pernambuco, esse índice apresenta-se em um nível ainda mais alarmante. O estado registrou uma taxa de perdas de 48,5% em 2021, ocupando o quarto lugar entre os nove estados da região Nordeste (SNIS, 2022).

Portanto, na gestão dos sistemas de abastecimento de água (SAA) é crucial a minimização destas perdas e dos empecilhos encontrados durante todo o processo. Nesse sentido, a posse de informações que levem a novas tecnologias tem se destacado como uma estratégia eficaz para as entidades gestoras e, portanto, é necessário identificar os fatores que devem ser considerados. Com isso, a avaliação do desempenho dessas organizações mostra-se como relevante visto que, é possível a análise das dificuldades com uma visão mais ampla e a promoção de ações corretivas e mais eficientes, fazendo com que se tenha uma avaliação mais consistente (BEZERRA *et al.*, 2019).

A qualidade da água é um fator fundamental para o abastecimento humano e está diretamente relacionada à saúde pública. Por isso, em relação ao indicador de desempenho da qualidade da água, é imprescindível que os prestadores de serviços sigam as diretrizes estabelecidas pela Portaria nº 2.914/2011. Essa portaria define padrões de potabilidade e procedimentos de controle e vigilância, incluindo limites para parâmetros como cloro residual, pH, turbidez e a presença de coliformes. Garantir a conformidade da água com esses critérios é essencial para prevenir doenças associadas à má qualidade da água, que ainda representam um risco significativo à saúde pública no Brasil (FARIAS, 2023).

Já o indicador que analisa o desempenho operacional dos sistemas de abastecimento de água está relacionado à eficiência com que a água é captada, tratada e distribuída. Indicadores como o consumo médio per capita e o índice de perdas durante a distribuição são importantes para avaliar a eficácia dos sistemas. De acordo com Farias (2023), no Brasil, o consumo médio per capita de água é superior ao recomendado pela OMS, e as perdas no processo de distribuição chegam a 40,3%. A pressão nas redes de distribuição e o consumo energético são fatores críticos para a eficiência operacional, pois interferem diretamente na segurança da operação e nos custos do sistema. Melhorar esses aspectos operacionais ajuda a reduzir desperdícios e aumentar a sustentabilidade dos serviços.

O desempenho financeiro dos serviços de abastecimento de água é avaliado por meio de indicadores econômicos que consideram custos, receitas e despesas. Os principais custos incluem operações, manutenção, energia e mão de obra.

No diagnóstico do SNIS (2022), em 2021, as receitas operacionais no Brasil totalizaram R\$ 78,3 bilhões, sendo que a maior parte da arrecadação veio da cobrança de tarifas de água. A eficiência financeira é essencial para a sustentabilidade dos sistemas de abastecimento, e o índice de suficiência de caixa, que foi de 115,3% em 2021, mostra a capacidade das empresas de manter o equilíbrio entre arrecadação e despesas. Contudo, ainda há desafios, como a evasão de receitas, que alcançou R\$ 4,9 bilhões devido à inadimplência dos consumidores.

Os indicadores de desempenho, que são ferramentas imprescindíveis, estão sendo comumente utilizados para a avaliação da performance das prestadoras de serviço de saneamento.

Segundo Mundim e Junior (2020), os indicadores de desempenho (ID) são ferramentas essenciais para analisar como os SAA estão funcionando. Eles oferecem uma forma objetiva de medir o nível de serviço prestado, o que ajuda a tornar mais simples a avaliação de processos que poderiam ser bastante complicados. Com o uso desses indicadores, é possível entender melhor o desempenho desses sistemas. No Brasil e em vários países ao redor do mundo, o uso de ID tem se tornado cada vez mais comum, sendo uma prática que continua a crescer em importância.

Diante do exposto, o presente estudo pretende avaliar os indicadores operacionais, financeiros e de qualidade da água no estado de Pernambuco, localizado na região nordeste do Brasil. Todas as análises foram realizadas com base nos dados do SNIS. De posse desses elementos, será utilizado o método estatístico de regressão linear múltipla (RLM).

---

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar o desempenho dos sistemas de abastecimento de água no estado de Pernambuco, Brasil, com base em indicadores de desempenho, utilizando o Método de Regressão Linear Múltipla (RLM) e técnicas de estatística descritiva.

### **2.2 Objetivos Específicos**

O trabalho em questão, tem como objetivos específicos:

- Selecionar e analisar os dados disponíveis, identificando sua completude e qualidade, a fim de garantir que as informações sejam adequadas e consistentes para a avaliação;
- Elaborar modelos de predição de desempenho fazendo uso de análise estatística;
- Identificar indicadores que melhor representam as condições dos sistemas de abastecimento de água no estado.

---

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Área de estudo

A área de estudo se concentrou nos sistemas de abastecimento de água das cidades pernambucanas. Pernambuco é um estado brasileiro localizado no centro leste da região Nordeste e tem sua costa banhada pelo Oceano Atlântico, fazendo limite com os estados de Alagoas, Paraíba, Ceará, Piauí e Bahia. De acordo com Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022), o estado de Pernambuco possui 9.058.931 habitantes residentes, distribuídos em 184 municípios e o arquipélago de Fernando de Noronha.

Os serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário do estado são administrados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), organização de economia mista vinculada ao Governo de Pernambuco através da Secretaria de Infraestrutura e Recursos Hídricos. Está presente em 172 municípios e o distrito de Fernando de Noronha, levando abastecimento de água para mais de 7,8 milhões de habitantes, bem como coleta e tratamento de esgotos para mais de 2,2 milhões de pessoas (COMPESA, 2023). A fiscalização dessas atividades fica por parte da Agência de Regulação de Pernambuco (AERP), instituição responsável por regular a qualidade dos serviços públicos que tem o Estado como responsável.

#### 3.2 Fonte dos dados

Os dados utilizados no trabalho foram adquiridos do banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), provenientes do diagnóstico SNIS 2022, que tem como ano de referência 2022, sendo estes os dados mais atualizados até o presente momento.

A plataforma do SNIS foi criada em 1995 e, atualmente, está vinculada à Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério do Desenvolvimento Regional (SNS/MDR). Em 2023, o SNIS concluiu suas atividades de coleta de dados sobre a prestação dos serviços de todos os elementos do saneamento básico. Desde o começo de 2024, o SINISA começou a operar como o Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico, mantendo a continuidade do trabalho realizado pelo SNIS. Os dados mais recentes são de 2023, baseados no ano de 2022, sendo assim, de responsabilidade do SNIS. O SNIS tem relevância, inclusive, em outros países como o Peru e África do Sul, sendo referência quanto ao modelo de compilação dos dados (EOS, 2019).

Dentre as diversas atividades relacionadas ao SNIS, tem como objetivo principal a avaliação de desempenho dos serviços do setor de saneamento brasileiro, para isso, dispõe de

uma base de dados contendo indicadores e informações estruturadas que são coletadas anualmente (SNISA, 2023).

Para uma melhor compreensão da influência que os dados desse sistema exercem sobre os diversos órgãos de gestão de água e esgoto, por exemplo, podemos citar o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). Através da análise baseada em informações fornecidas sobre os municípios em relação ao saneamento, são feitos planejamentos referentes ao direcionamento de investimentos com uma maior precisão. Destaca-se que, além da avaliação dos serviços prestados, o sistema considera os impactos que estes causam na saúde, meio ambiente e no desenvolvimento social.

### 3.3 Organização e tratamento dos dados

Inicialmente, a análise parte da observação de possíveis dados atípicos, também chamados de anômalos ou *outliers*. Os dados que apresentam um distanciamento dos restantes ou parecem ser gerados por mecanismos diferentes, são considerados como atípicos (FIGUEIRA, 1998). A amplitude interquartil (IQ) pode ser utilizada nesse contexto para a identificação desses dados. Esse método considera como um dado atípico, aquele se se encontra superior a  $(Q3 + 1,5 \times IQ)$  ou inferior a  $(Q1 - 1,5 \times IQ)$ , sendo IQ a diferença entre Q3 e Q1, representando o terceiro e primeiro quartil, respectivamente (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Os quartis são encontrados pela divisão de um conjunto de dados em quatro partes iguais. O segundo quartil (Q2), que é a própria mediana, será o valor localizado no meio da amostra, dividindo o conjunto pela metade, o primeiro quartil (Q1) ficará no meio entre as duas primeiras partes e de forma similar, o terceiro quartil (Q3) encontra-se no meio das duas últimas partes (FERNANDES *et al.*, 2013).

Além disso, torna-se relevante o cálculo da porcentagem dos dados atípicos ou que não foram preenchidos em relação ao valor total de dados, feito para cada cidade. Esse número será chamado de Índice de Dados Analisáveis (IDA) sendo expresso pela Equação 1, que relaciona o Número de Dados Atípicos (NDA), Número de Dados Não Preenchidos (NDNP) e o Número Total de Dados (NTD).

$$IDA = 1 - \frac{NDA + NDNP}{NTD} \quad (1)$$

Após o cálculo do índice, foi realizada uma análise para verificar se o SAA em questão possui dados suficientes.

### 3.4 Conceção dos modelos

Para a avaliação do desempenho dos SAA foram definidos alguns parâmetros com base no Glossário de Indicadores (BRASIL, 2022), disponibilizado pelo próprio banco de dados para os três grupos de indicadores, sendo eles: financeiros, operacionais e de qualidade.

A Equação 2 representa o Desempenho Financeiro (DF) dado pela relação entre as Receitas Operacionais (RO) e a Despesa Total com Serviços (DTS). A Equação 3 é o Desempenho Operacional (DO) dado pela relação entre o Volume de Água Distribuída (VAD) e a Quantidade de Economias Ativas (QEA). A Equação 4 retrata o Desempenho da Qualidade da Água (DQA) dada pela relação do somatório das Amostras Fora do Padrão de cloro, turbidez e coliformes (AFP) e as Amostras analisadas de cloro, turbidez e coliformes totais (AT).

$$DF = \frac{RO}{DTS} \quad (2)$$

$$DO = \frac{VAD}{QEA} \quad (3)$$

$$DQA = \frac{\sum AFP}{AT} \quad (4)$$

Posteriormente, foi realizado a construção dos modelos de regressão e para isso, existe uma gama de combinações de variáveis independentes que podem ser utilizadas (NAGHETTINI; PINTO, 2007), calculado pela Equação 5.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon \quad (5)$$

Sendo:

- Y: variável que dará a resposta (podendo ser um indicador financeiro, de desempenho operacional ou de qualidade da água);
- $X_i$ : variáveis que representarão os indicadores (explicativas);
- $\beta_i$ : coeficientes de regressão estimados pelo Método dos Mínimos Quadrados;
- $\varepsilon$ : resíduos referentes a diferenças entre os valores que foram observados;
- n: número de parâmetros analisados.

Este procedimento foi realizado por meio da função de regressão do software Excel®, que permitiu a obtenção de parâmetros essenciais para a análise, como o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o valor-p.

O  $R^2$  ajustado é uma métrica importante nesse contexto, pois mede a proporção da variabilidade da variável resposta que é explicada pelas variáveis independentes, já o valor-p indica a significância estatística da relação entre as variáveis.

Através da análise dos parâmetros  $R^2$  (coeficiente de determinação) e dos valores-p associados aos indicadores utilizados, foi possível identificar os parâmetros que melhor representam o desempenho dos sistemas de abastecimento de água. O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) permitiu avaliar o grau de ajuste dos modelos aos dados observados, enquanto o valor-p forneceu uma medida da significância estatística dos indicadores, permitindo a seleção daqueles que possuem maior relevância para a caracterização dos sistemas em questão.

---

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Seleção e análise dos municípios e indicadores**

Foram extraídos do SNIS 60 indicadores referentes as 173 cidades do estado de Pernambuco, que conta com um total de 184 municípios, sendo o serviço prestado pela Compesa. Isso corresponde a aproximadamente 94% das cidades do estado, permitindo uma análise abrangente e representativa dos dados de SAA na região. Os indicadores estão divididos nos grupos:

- Indicadores financeiros;
- Indicadores operacionais;
- Indicadores de qualidade.

Para facilitar a organização e o tratamento dos dados, foi atribuído um código específico a cada indicador, variando de V01 a V61. Essa codificação visa otimizar o processo de identificação e análise dos indicadores envolvidos no estudo, proporcionando maior clareza e eficiência na interpretação dos resultados. A tabela completa com todos os indicadores pré-selecionados pode ser encontrada no Anexo A.

Primeiramente, constatou-se que o indicador referente ao Índice de Fluoretação da Água apresentava-se completamente preenchida com valores nulos, ou seja, zerados. Diante disso, decidiu-se por descartar esse indicador do presente estudo, uma vez que sua ausência de dados inviabiliza qualquer análise relevante.

De modo semelhante, o indicador de Incidência das Análises de Cloro Residual Fora do Padrão também apresentou uma grande quantidade de valores zerados. Dos 173 municípios analisados, 136 apresentavam esse valor, o que corresponde a quase 80% dos dados desse indicador. Devido à alta prevalência de registros nulos, esse indicador também foi excluído da análise, restando assim 58 indicadores para a realização do estudo. É importante salientar que, isso demonstra falta de monitoramento e informação sobre esse indicador, o que representa um grande risco à saúde pública, pois a ausência de cloro residual pode permitir a proliferação de agentes patogênicos, aumentando a chance de surtos de doenças infecciosas.

Além disso, tornou-se necessário aplicar o Índice de Dados Analisáveis (IDA) para todos os 58 indicadores, que foi fundamental para identificar a existência de dados atípicos ou incompletos em nosso conjunto de informações. Esse índice teve como objetivo avaliar a qualidade dos dados disponíveis, garantindo que eventuais inconsistências ou lacunas não comprometessem os resultados do estudo. A verificação por meio do IDA foi realizada de forma detalhada para cada um dos indicadores analisados, permitindo assim uma filtragem mais precisa das informações relevantes, de modo a assegurar a integridade e confiabilidade dos indicadores selecionadas para a análise. A tabela com os valores completos pode ser vista no Anexo B.

Inicialmente, utilizou-se o método da IQ, no qual foram calculados os valores do Q1, Q2 (mediana) e do Q3. Com esses resultados, foi possível estabelecer as condições para que os dados estivessem dentro do intervalo definido, ou seja, o valor poderia ser superior a  $(Q3 + 1,5 \times IQ)$  ou inferior a  $(Q1 - 1,5 \times IQ)$ .

Utilizando o Indicador de Despesa Total com os serviços por m<sup>3</sup> faturado, na Tabela 1 é apresentado, como exemplo, os valores referentes a cinco cidades.

**Tabela 1** – Despesa total com serviços por m<sup>3</sup> faturado

<b>Cidade</b>	<b>Indicador (R\$/m<sup>3</sup>)</b>
Abreu e Lima	3,69
Afogados da Ingazeira	6,68
Afrânio	3,20
Agrestina	6,49
Águas Belas	4,25

Fonte: O autor (2024)

Na Tabela 2, é possível observar os valores dos quartis referentes ao indicador escolhido como exemplo. Esses valores foram calculados utilizando-se as ferramentas do Excel<sup>®</sup>, que facilitou a análise estatística dos dados. De posse desses dados, foi possível encontrar a IQ, bem como as relações entre os quartis, necessários para o cálculo do IDA. Esses valores para o indicador tomado como exemplo podem ser vistos na Tabela 3.

**Tabela 2** - Quartis e expressões relacionadas

<b>IQ (Q3-Q1)</b>	<b>1,5*IQ</b>	<b>Q3+1,5*IQ</b>	<b>Q1-1,5*IQ</b>
2,58	3,87	10,18	-0,14

Fonte: O autor (2024)

**Tabela 3** - Índice de Dados Analisáveis (IDA)

<b>Indicador</b>	<b>Despesa de exploração por economia</b>	<b>Economias atingidas por paralisações</b>	<b>Incidência das análises de cloro residual fora do padrão</b>
Total de dados anômalos	0	10	36
Total de dados não preenchidos	0	1	1
IDA (%)	100,00%	93,64%	78,61%

Fonte: O autor (2024)

Com isso, foi analisado cada valor do indicador (Tabela 1) e verificada se as condições anteriormente citadas eram atendidas, em caso verdadeiro, era sinalizado e por fim, feito a contagem de dados anômalos para cada indicador. Para encontrar o número de dados não preenchidos, foi possível fazer a contagem com facilidade e encontrar esse número pela visualização de cada dado, e feita a conferência por meio de função de contagem de células vazias do software Microsoft Excel<sup>®</sup>. Esse mesmo procedimento foi aplicado a todos os indicadores do estudo, encontrando assim, o número total de dados anômalos e não preenchidos por indicador. Com isso, tendo o total de dados analisados, foi possível aplicar os valores obtidos na Equação 1.

No geral, o IDA para todos os indicadores se manteve acima dos 90%, tendo apenas quatro indicadores com valores em quase 80% de dados analisáveis. Dessa forma, como o Índice de Dados Analisáveis (IDA) apresentou valores elevados para todos os indicadores, considerados adequados para a análise, todas elas foram incluídas nos cálculos subsequentes. Ademais, foi

imprescindível a seleção dos indicadores de resposta. Dentre os indicadores disponíveis, foram escolhidos dois: o Indicador de Desempenho Financeiro (DF) e o Volume de Água Disponibilizado por Economia (DO). Para o cálculo do Desempenho de Qualidade da Água (DQA), foi utilizada a Equação 4, conforme descrito anteriormente, que se baseia nas amostras de cloro, flúor e coliformes totais.

#### 4.2 Indicadores de resposta e construção de modelos

Com os dados dos indicadores de resposta em mãos, foi possível analisar a significância dos demais indicadores em relação a eles. Esse procedimento foi realizado por meio da função de regressão disponível no Excel<sup>®</sup>. A partir desse processo, foi possível obter diversos resultados, como o R<sup>2</sup> ajustado e o valor-p, que são fundamentais para a análise e interpretação dos dados neste trabalho.

No que diz respeito ao desempenho financeiro, foi observado que o índice de suficiência de caixa (V28) apresentou um R<sup>2</sup> ajustado de 0,9282, o que indica que aproximadamente 92,82% da variação no desempenho financeiro pode ser explicada por esse indicador. Esse valor de R<sup>2</sup> ajustado reflete um ajuste muito bom do modelo, sugerindo uma forte relação entre esses indicadores. Além disso, de acordo com Loureiro e Gameiro (2011), o valor-p de 0,00008845 demonstra uma significância estatística extremamente alta, já que está bem abaixo do nível de significância comumente utilizado de 0,05.

Na Tabela 4, são listados os indicadores que apresentaram os níveis mais altos de significância estatística quando analisadas em relação ao indicador de resposta de desempenho financeiro, evidenciando sua relevância no modelo. Esses indicadores são cruciais para entender os fatores que impactam a saúde financeira dos sistemas de abastecimento de água.

**Tabela 4** – Indicadores relevantes para o desempenho financeiro

<b>Indicador (Código)</b>	<b>valor-p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
Índice de suficiência de caixa (V28) - %	0,000088	0,92815
Margem da despesa de exploração (V10) - %	0,000000	0,69328
Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado (V01) - R\$/m <sup>3</sup>	0,000000	0,68174

Fonte: O autor (2024)

Em relação ao desempenho operacional, observou-se que os indicadores que apresentaram maior significância estatística foram o índice de perdas por ligação (V48) com cerca de 73,18% de variação, o consumo micromedido por economia (V39) com 64,90% e por fim o consumo

médio de água por economia (V38) com 64,49%, os demais indicadores demonstraram valores muito abaixo destes. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Indicadores relevantes para o desempenho operacional

<b>Indicador (Código)</b>	<b>valor-p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
Índice de perdas por ligação (V48) - l/dia/lig.	0,000000	0,73186
Consumo micromedido por economia (V39) - m <sup>3</sup> /mês/econ.	0,000004	0,64900
Consumo médio de água por economia (V38) - m <sup>3</sup> /mês/econ.	0,000318	0,64497

Fonte: O autor (2024)

No que diz respeito ao desempenho da qualidade da água apenas a incidência das análises de turbidez fora do padrão (V56) que se apresentou de forma estatisticamente significativa representando cerca de 61,54% de variação em relação ao indicador de resposta. Destacou-se a limitada capacidade explicativa do modelo desenvolvido para o desempenho de qualidade da água (DQA) o qual, embora apresentasse significância, demonstrou um ajuste menos satisfatório. Esse aspecto também é evidenciado pelo valor-p de 8% destoando do valor utilizado normalmente. Estes valores podem ser vistos na Tabela 6.

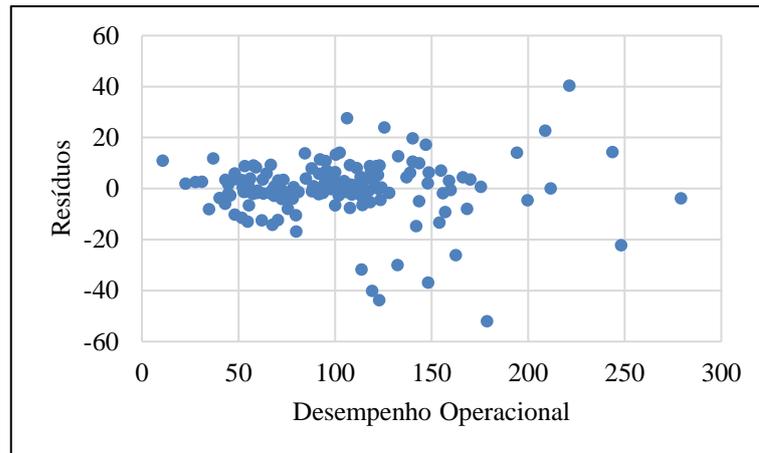
**Tabela 6** – Valores relevantes para o desempenho de qualidade da água

<b>Indicador (Código)</b>	<b>valor-p</b>	<b>R<sup>2</sup> ajustado</b>
Incidência das análises de turbidez fora do padrão (V56) - %	0,080666	0,61544

Fonte: O autor (2024)

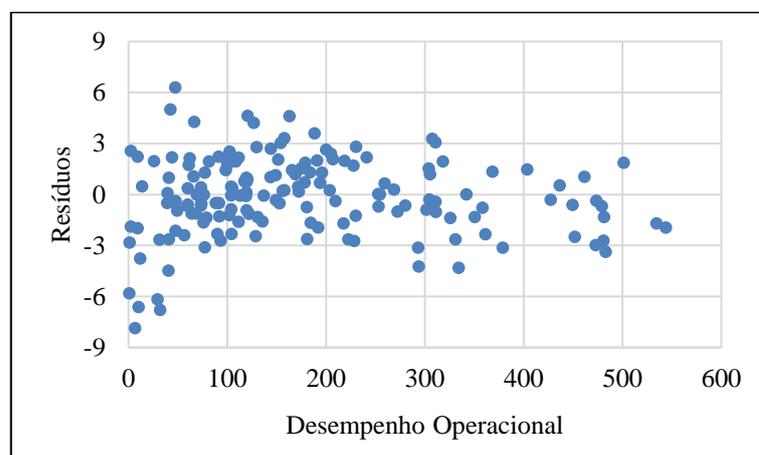
### 4.3 Análise gráfica

Além disso, foi possível elaborar gráficos de resíduos, cujos valores foram obtidos por meio da aplicação da função de regressão. Essa plotagem é importante para a análise da qualidade do ajuste do modelo, permitindo visualizar a distribuição dos resíduos e verificar se eles seguem um padrão aleatório. A Figura 1 ilustra os resíduos associados ao desempenho financeiro em relação ao indicador que apresentou maior significância estatística, nesse caso o índice de suficiência de caixa (V28).

**Figura 1** - Distribuição dos resíduos do índice de suficiência de caixa (V28)

Fonte: O autor (2024)

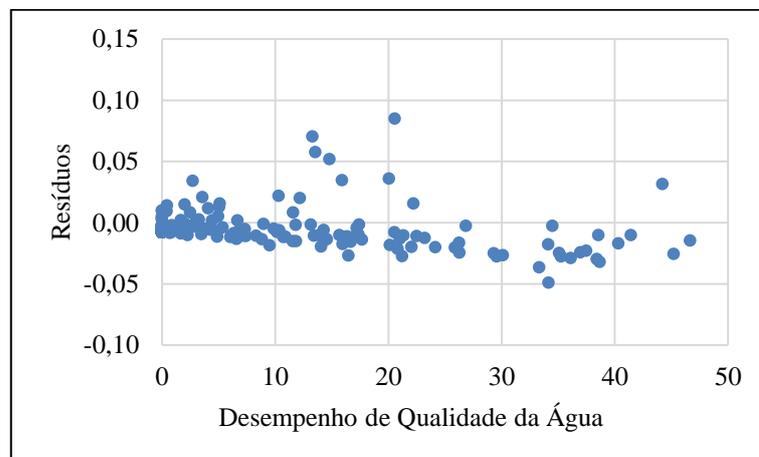
A análise do gráfico de distribuição dos resíduos revela que os valores estão bem espaçados, o que sugere uma distribuição aleatória e homogênea. Essa característica indica que não há padrões sistemáticos nos resíduos, o que é um sinal positivo para a validade do modelo de regressão. Da mesma forma, foi possível a construção de um gráfico de distribuição de resíduos referente ao índice de perdas por ligação (V48), indicador mais significativo. O gráfico, semelhante ao da Figura 1, mostra a distribuição dos resíduos de regressão para o desempenho operacional, com os valores claramente espaçados. Essa configuração, da mesma forma que o desempenho financeiro, sugere uma distribuição aleatória e homogênea dos resíduos, indicando que não há padrões sistemáticos nos erros de previsão. A ausência de agrupamentos ou tendências nos resíduos reforça a ideia de que as suposições do modelo de regressão estão sendo atendidas.

**Figura 2** - Distribuição dos resíduos do indicador de índice de perdas por ligação (V48)

Fonte: O autor (2024)

O gráfico de distribuição dos resíduos referente ao desempenho de qualidade da água apresenta valores que se concentram mais próximos de zero, como pode ser observado na Figura 3. Esse comportamento pode indicar que o modelo não está capturando adequadamente a variabilidade dos dados, portanto, além da análise gráfica da distribuição dos resíduos, a elaboração de gráficos do tipo Quantil-Quantil foi necessária. Este gráfico compara a distribuição dos resíduos com uma distribuição normal. Se os resíduos seguem uma linha reta, isso sugere que estão normalmente distribuídos e, portanto, mais propensos a serem aleatórios.

**Figura 3** - Distribuição dos resíduos Incidência das análises de turbidez fora do padrão (V56)



Fonte: O autor (2024)

Os gráficos de Quantil-Quantil foram gerados com base nos resíduos dos modelos e utilizando as funções de distribuição normal disponíveis no Excel. A partir dessas funções, foi possível determinar os valores dos quantis teóricos e empíricos. A Tabela 7 apresenta a organização de alguns desses dados, que serviram de base para a construção do gráfico, que permite a visualização da aderência dos resíduos à distribuição normal.

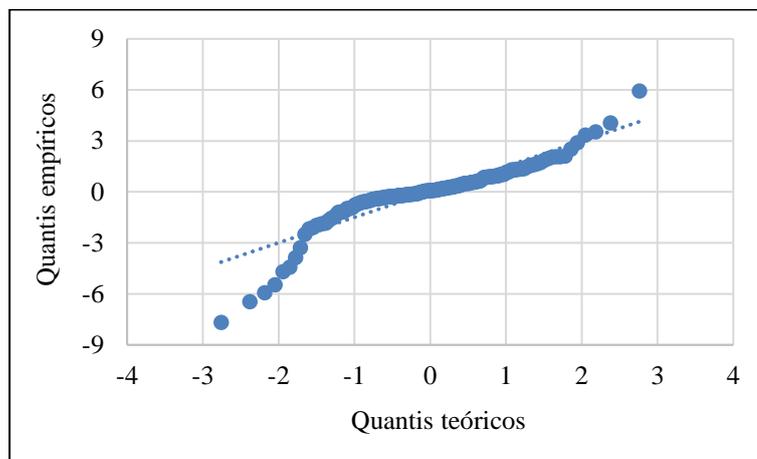
**Tabela 7** - Dados de resíduos e quantis do desempenho financeiro

<b>Resíduos</b>	<b>Posição</b>	<b>Percentil</b>	<b>Quantil Teórico</b>	<b>Quantil Empírico</b>
-52,079	1,000	0,003	-2,760	-7,682
-43,754	2,000	0,009	-2,379	-6,454
-40,137	3,000	0,014	-2,185	-5,921
-36,947	4,000	0,020	-2,049	-5,450
-31,821	5,000	0,026	-1,943	-4,694

Fonte: O autor (2024)

Dessa forma, com os dados dos quantis teóricos e empíricos em mãos, foi possível construir o gráfico que representa a distribuição normal dos resíduos. A Figura 4 ilustra essa distribuição para o desempenho financeiro, permitindo uma análise visual da adequação dos resíduos ao modelo. Constatou-se que não houve desvios substanciais em relação à normalidade, conforme evidenciado pelo alinhamento dos pontos no gráfico de Quantil-Quantil. Isso indica que os resíduos seguem de forma adequada a distribuição normal esperada, com pequenos desvios apenas nas extremidades.

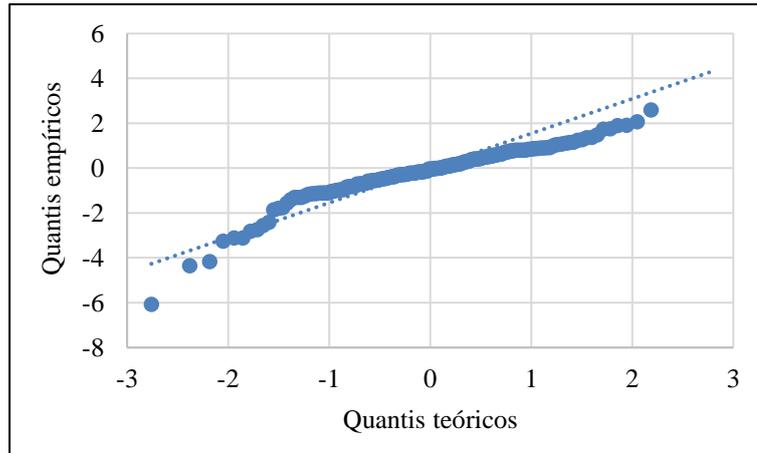
**Figura 4** – Relação entre os quantis empíricos e teóricos do desempenho financeiro



Fonte: O autor (2024)

De forma semelhante aos outros indicadores de resposta, a Figura 5 apresenta o gráfico dos resíduos do desempenho operacional. Em relação ao gráfico de desempenho operacional, embora alguns pontos se afastem mais da reta em comparação ao de desempenho financeiro, os dados ainda se mantiveram dentro de um padrão aceitável para a distribuição normal. Esses desvios ligeiramente maiores indicam uma pequena variação nos resíduos em relação à normalidade, mas não comprometem a análise global. O alinhamento geral dos pontos ao longo da reta sugere que a maioria dos resíduos segue a distribuição normal esperada.

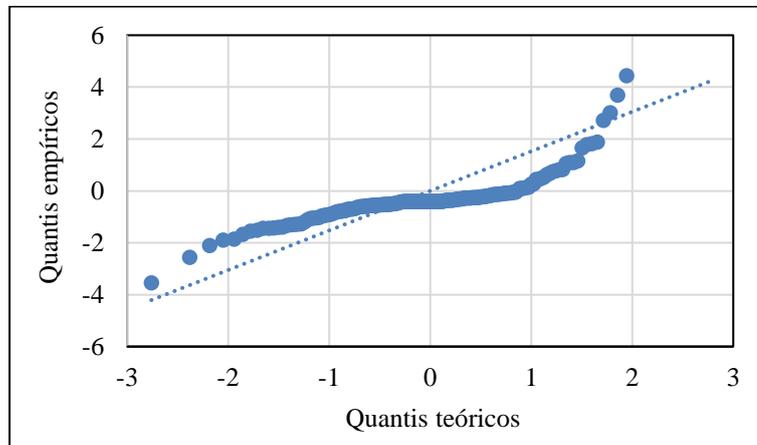
**Figura 5** - Relação entre os quantis empíricos e teóricos do desempenho operacional



Fonte: O autor (2024)

A Figura 6 apresenta os resultados do quantil-quantil dos resíduos do desempenho da qualidade da água, novamente, é possível observar que o modelo não se ajustou de maneira satisfatória, esse desvio sugere que os resíduos não seguem de forma tão estrita a distribuição normal.

**Figura 6** - Relação entre os quantis empíricos e teóricos da qualidade da água



Fonte: O autor (2024)

## 4.4 Avaliação dos modelos analisados

### 4.4.1 Desempenho financeiro

A suficiência de caixa, indicador que apresentou uma maior significância ao modelo proposto, segundo Fernandes et al (2014), desempenha um papel crucial na gestão financeira dos serviços de abastecimento de água, pois garante que os prestadores de serviços tenham os recursos necessários para cobrir suas despesas operacionais e investimentos.

Uma adequada suficiência de caixa permite que as empresas paguem suas obrigações em dia, evitem a inadimplência e mantenham a qualidade do serviço prestado. Além disso, um fluxo de caixa positivo possibilita a realização de melhorias na infraestrutura, a compra de novos equipamentos e a implementação de tecnologias mais eficientes, fatores que podem aumentar a eficiência operacional, inclusive, e a satisfação dos usuários.

Em resumo, a suficiência de caixa não só assegura a estabilidade financeira, mas também contribui para a sustentabilidade e a qualidade do abastecimento de água.

O segundo indicador mais expressivo foi a Margem da despesa de exploração, sendo um indicador financeiro crucial para avaliar a sustentabilidade e a eficiência operacional desses serviços. Esse indicador permite verificar se a arrecadação é suficiente para cobrir os custos operacionais. Um percentual inferior a 100% sugere que o serviço está financeiramente equilibrado ou sustentável, enquanto um valor superior pode indicar a necessidade de ajustes tarifários ou melhorias na gestão operacional para evitar prejuízos.

E por fim, temos o indicador Despesa total com serviços por m<sup>3</sup> faturado, através dele, podemos verificar a eficiência do sistema em termos de custos. Quanto menor for esse valor, maior a eficiência, pois significa que o custo de produção do metro cúbico de água é baixo.

#### **4.4.2 Desempenho operacional**

O indicador mais significativo para o desempenho operacional dos sistemas de abastecimento de água foi o Índice de perdas por ligação, o que evidencia a relação direta entre a eficiência operacional e a capacidade de minimizar desperdícios ao longo da rede de distribuição. O índice de perdas por ligação mede a quantidade de água que é perdida (não contabilizada ou não faturada) em relação ao número de ligações ou unidades consumidoras no sistema de abastecimento. Esse indicador reflete não apenas o desperdício de água, mas também a eficiência do sistema como um todo, envolvendo fatores como manutenção da infraestrutura, detecção de vazamentos e controle operacional.

Essa forte relação com o desempenho operacional se justifica pelo fato de que, quanto menor o índice de perdas, maior é a eficiência do sistema em distribuir água adequadamente evitando desperdícios que podem comprometer tanto a sustentabilidade ambiental quanto a viabilidade econômica do serviço. Sistemas que apresentam altos índices de perdas geralmente enfrentam maiores desafios operacionais, como vazamentos frequentes, dificuldades em manter a pressão adequada e custos elevados com manutenção e reposição de equipamentos. Essas perdas podem levar a racionamentos, aumento nos custos operacionais e, em última instância, à insatisfação dos consumidores.

Com relação ao indicador de Consumo médio de água por economia, este permite identificar perdas e desperdícios, auxiliando na melhoria da gestão dos recursos hídricos. A medição individualizada do consumo contribui para melhorar a distribuição, ajustar tarifas de forma mais justa e promover a sustentabilidade financeira do serviço.

E por fim, o indicador de Consumo médio de água por economia pode possibilitar ajustes na distribuição e no controle da oferta de água, além de subsidiar a formulação de políticas mais eficientes para garantir a sustentabilidade e a qualidade do serviço prestado.

#### **4.4.3 Desempenho de qualidade da água**

Entre os indicadores que foram analisados, o indicador mais significativo, estatisticamente, para o desempenho da qualidade da água nos sistemas de abastecimento no presente estudo foi o da Incidência das análises de turbidez fora do padrão, embora o modelo de regressão não tenha se ajustado suficientemente para permitir conclusões precisas. Ainda assim, é possível entender a importância desse indicador no contexto da qualidade da água fornecida aos consumidores.

A turbidez é um parâmetro que mede a presença de partículas suspensas na água, como sedimentos, microrganismos e outras impurezas. Quando as análises de turbidez indicam valores fora do padrão, isso significa que a água pode estar inadequada para consumo, o que coloca em risco a saúde pública.

---

## **5 CONCLUSÕES**

A realização deste estudo possibilitou a identificação dos indicadores que mais efetivamente refletem os desempenhos financeiro e operacional dos SAA em municípios do estado de Pernambuco. No entanto, os dados sobre a qualidade da água mostraram-se insuficientes para descrever adequadamente esse desempenho nos municípios analisados.

No que diz respeito ao desempenho financeiro, o índice de suficiência de caixa demonstrou uma capacidade explicativa notável, sendo capaz de elucidar aproximadamente 93% da variação observada nesse indicador. Essa alta porcentagem indica que o índice é um reflexo significativo da saúde financeira dos SAA em questão, evidenciando a sua eficácia em refletir a relação entre receitas e despesas, bem como a capacidade de manter um fluxo de caixa equilibrado, fundamental para a sustentabilidade das operações.

Em relação ao desempenho operacional, o índice de perdas por ligação se destacou como um indicador relevante, representando cerca de 73% da variação observada. Esse resultado

ressalta a importância de minimizar as perdas na distribuição de água, pois a eficiência operacional está intrinsecamente ligada à capacidade de reduzir desperdícios e garantir um fornecimento contínuo e confiável à população. A análise desse índice permite uma avaliação mais precisa sobre a eficácia das práticas de gestão e manutenção das infraestruturas de abastecimento.

Por outro lado, ao considerar o desempenho da qualidade da água, embora o modelo não tenha alcançado um nível satisfatório de ajuste, as incidências das análises de turbidez fora do padrão ainda conseguiram representar cerca de 61% da variação desse desempenho. Essa relevância, mesmo em um contexto de ajustes insatisfatórios, indica que a turbidez é um indicador crítico a ser monitorado, pois reflete diretamente a eficácia dos processos de tratamento e a segurança da água distribuída.

Embora existam limitações na análise, esses dados ressaltam a necessidade de melhorias contínuas nas práticas de controle de qualidade, assegurando que a água fornecida à população atenda aos padrões de potabilidade.

Em suma, os resultados obtidos para os três desempenhos analisados evidenciam a importância de uma abordagem multifacetada na avaliação dos sistemas de abastecimento de água. Aprofundar-se na compreensão dos indicadores que influenciam cada um dos desempenhos é fundamental para o desenvolvimento de políticas e estratégias que visem à melhoria contínua dos serviços prestados, garantindo a satisfação dos usuários e a eficiência operacional.

---

## **REFERÊNCIAS**

ALEGRE, H. **Indicadores de desempenho de sistemas de abastecimento de água – trabalho em curso no âmbito da IWSA**. Congresso da Água. 1998. p. 1-15.

ALEGRE, H.; COELHO, S. T.; ALMEIDA, M. C.; VIEIRA, P. **Controle de perdas de água em sistemas públicos de adução e distribuição**. Lisboa: Ed. IRAR, 2005. Série Guias Técnicos 3.

BEZERRA, S. T. M.; PERTEL, M.; MACÊDO, J. E. S. **Avaliação de desempenho dos sistemas de abastecimento de água do Agreste brasileiro**. Ambiente Construído, v. 19, p. 249-258, 2019.

BRASIL. **Glossário de Indicadores – Água e Esgotos**. AE-2022. Brasília: Ministério das Cidades, Brasília, 2022.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA. **Plano Anual de Negócios e Estratégia de Longo Prazo 2023-2027**. 2023. Disponível em: [https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2023/02/Plano-Anual-e-ELP\\_2023-2027.pdf](https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2023/02/Plano-Anual-e-ELP_2023-2027.pdf). Acesso em: 20 de outubro de 2024.

COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO - COMPESA. **Relatório Integrado de Administração e Sustentabilidade**. 2023. Disponível em: <https://servicos.compesa.com.br/wp-content/uploads/2023/03/Balanco-Compesa-2023.pdf>. Acesso em: 14 de outubro de 2024.

DE JESUS LOUREIRO, L. M.; GAMEIRO, M. G. H. **Interpretação crítica dos resultados estatísticos: para lá da significância estatística**. Revista de Enfermagem Referência, v. 3, n. 3, p. 151-162, 2011.

EOS ORGANIZAÇÃO E SISTEMAS LTDA. **Como funciona o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento?** 2019. Disponível em: <https://www.eosconsultores.com.br/sistema-nacional-de-informacoes-sobre-saneamento/>. Acesso em: 14 de setembro de 2024.

FARIAS, P. G. S. **Avaliação de desempenho dos serviços de abastecimento de água brasileiros por meio de uma metodologia multicritério e multidimensional**. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental).

FERNANDES, S.; PINTO, M. M. **Afinal o que são e como se calculam os quartis?** Universidade do Algarve. Departamento de Matemática, 2013.

FERNANDES, V. M.; ROMITO, P. R.; FREITAS, D. L.; COELHO, H. B. C. **Estudo das causas da inadimplência no SAAE**. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 11., 2014.

FIGUEIRA, M. M. C. **Identificação de outliers**. Millenium, 1998.

HAIR, J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades e Estados**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pe.html>. Acesso em: 01 de outubro de 2024.

LEITE, ANDRÉA FERREIRA; SOUSA, CIDOVAL MORAIS DE; SILVA, JOSÉ IRIVALDO ALVES OLIVEIRA. **Acesso e governança da água no semiárido brasileiro: um estudo em comunidades rurais do Estado da Paraíba**. 2023.

MUNDIM, B. C.; VOLSCHAN JUNIOR, I. **Avaliação dos indicadores de desempenho operacionais e de qualidade do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário**. Revista DAE, v. 68, n. 227, p. 20-34, 2020.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.

RAZZOLINI, M. T. P.; GÜNTHER, W. M. R. **Impactos na saúde das deficiências de acesso a água**. Saúde e Sociedade, v. 17, p. 21-32, 2008.

RODRIGUES, REGIANE LOPES; SAIANI, CARLOS CÉSAR SANTEJO; VERÍSSIMO, MICHELE POLLINE. **Impactos Ambientais e Investimentos em Abastecimento de Água no Brasil**. Revibec: Revista Iberoamericana de Economía ecológica, v. 35, n. 2, p. 37-54, 2022.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO BÁSICO. **Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico - SINISA**. 2023. Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/sinisa>. Acesso em: 30 de outubro de 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos**. 2022. Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em:

<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1/2021>. Acesso em: 30 de setembro de 2024.

SOUSA, J. R. de; MORAES, M. E. B. de; SONODA, S. L.; SANTOS, H. C. R. G. A  
**Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil.** REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA, Fortaleza, v. 8, n. 1, abr. 2014. ISSN 1982-5528. Disponível em: <http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/217>. Acesso em: 20 setembro de 2024.

## ANEXO A – INDICADORES PRÉ-SELECIONADOS DO SNIS

<b>Código</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidade</b>
V01	Despesa total com os serviços por m <sup>3</sup> faturado	R\$/m <sup>3</sup>
V02	Despesa de exploração por m <sup>3</sup> faturado	R\$/m <sup>3</sup>
V03	Despesa de exploração por economia	R\$/ano/econ.
V04	Tarifa média praticada	R\$/m <sup>3</sup>
V05	Tarifa média de água	R\$/m <sup>3</sup>
V06	Indicador de desempenho financeiro	%
V07	Índice de evasão de receitas	%
V08	Incidência da despesa de pessoal e de serviço de terceiros	%
V09	Despesa média anual por empregado	R\$/empreg.
V10	Margem da despesa de exploração	%
V11	Margem da despesa com pessoal próprio	%
V12	Margem da despesa com pessoal próprio total (equivalente)	%
V13	Margem do serviço da dívida	%
V14	Margem das outras despesas de exploração	%
V15	Participação da despesa com pessoal próprio	%
V16	Participação da despesa com pessoal total	%
V17	Participação da despesa com energia elétrica	%
V18	Participação da despesa com produtos químicos	%
V19	Participação das outras despesas na despesa de exploração	%
V20	Participação da receita operacional direta	%
V21	Participação da receita operacional indireta	%
V22	Dias de faturamento comprometidos com contas	dias
V23	Quantidade equivalente de pessoal total	empregados
V24	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (equivalente)	econ./empreg. eqv.
V25	Índice de produtividade de pessoal total (equivalente)	ligações/empreg.
V26	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal	econ./empreg.
V27	Índice de produtividade: empregados próprios por 1.000 ligações de água	empreg./mil lig.
V28	Índice de suficiência de caixa	%
V29	Índice de atendimento total de água	%
V30	Densidade de economias de água por ligação	econ./lig.
V31	Participação das economias residenciais de água no total das economias de água	%
V32	Índice de macromedição	%
V33	Índice de hidromedidação	%
V34	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	%
V35	Índice de micromedição relativo ao consumo	%
V36	Índice de consumo de água	%
V37	Volume de água disponibilizado por economia	m <sup>3</sup> /mês/econ
V38	Consumo médio de água por economia	m <sup>3</sup> /mês/econ
V39	Consumo micromedido por economia	m <sup>3</sup> /mês/econ
V40	Consumo de água faturado por economia	m <sup>3</sup> /mês/econ
V41	Consumo médio per capita de água	L/hab.dia
V42	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água	kWh/m <sup>3</sup>
V43	Extensão da rede de água por ligação	m/lig.
V44	Índice de faturamento de água	%
V45	Índice de perdas faturamento	%
V46	Índice de perdas na distribuição	%
V47	Índice bruto de perdas lineares	m <sup>3</sup> /dia/km
V48	Índice de perdas por ligação	l/dia/lig.
V49	Economias atingidas por paralisações	econ./paralis.
V50	Duração média das paralisações	horas/paralis.
V51	Economias atingidas por intermitências	econ./interrup.
V52	Duração média das intermitências	horas/interrup.
V53	Duração média dos serviços executados	hora/serviço
V54	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual	%
V55	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Turbidez	%
V56	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	%
V57	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais	%
V58	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	%

## ANEXO B – ÍNDICE DE DADOS ANALISÁVEIS

<b>Código</b>	<b>Indicador</b>	<b>Dados anômalos</b>	<b>Dados não preenchidos</b>	<b>IDA (%)</b>
V01	Despesa total com os serviços por m3 faturado	3	0	98,27%
V02	Despesa de exploração por m3 faturado	2	0	98,84%
V03	Despesa de exploração por economia	0	0	100,00%
V04	Tarifa média praticada	6	0	96,53%
V05	Tarifa média de água	5	0	97,11%
V06	Indicador de desempenho financeiro	7	0	95,95%
V07	Índice de evasão de receitas	8	0	95,38%
V08	Incidência da despesa de pessoal e de serviço de terceiros	0	0	100,00%
V09	Despesa média anual por empregado	40	0	76,88%
V10	Margem da despesa de exploração	3	0	98,27%
V11	Margem da despesa com pessoal próprio	11	0	93,64%
V12	Margem da despesa com pessoal próprio total	10	0	94,22%
V13	Margem do serviço da dívida	8	0	95,38%
V14	Margem das outras despesas de exploração	7	0	95,95%
V15	Participação da despesa com pessoal próprio	0	0	100,00%
V16	Participação da despesa com pessoal total	0	0	100,00%
V17	Participação da despesa com energia elétrica	4	0	97,69%
V18	Participação da despesa com produtos químicos	13	0	92,49%
V19	Participação das outras despesas na despesa de exploração	6	0	96,53%
V20	Participação da receita operacional direta	30	0	82,66%
V21	Participação da receita operacional indireta	10	0	94,22%
V22	Dias de faturamento comprometidos com contas	5	0	97,11%
V23	Quantidade equivalente de pessoal total	26	0	84,97%
V24	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal total (equivalente)	4	0	97,69%
V25	Índice de produtividade de pessoal total	6	0	96,53%
V26	Índice de produtividade: economias ativas por pessoal	14	0	91,91%
V27	Índice de produtividade: empregados próprios por 1.000 ligações	15	0	91,33%
V28	Índice de suficiência de caixa	7	0	95,95%
V29	Índice de atendimento total de água	1	0	99,42%
V30	Densidade de economias de água por ligação	21	0	87,86%
V31	Participação das economias residenciais de água no total	3	0	98,27%
V32	Índice de macromedição	24	0	86,13%
V33	Índice de hidromedidação	6	0	96,53%
V34	Índice de micromedição relativo ao volume disponibilizado	0	0	100,00%
V35	Índice de micromedição relativo ao consumo	8	0	95,38%
V36	Índice de consumo de água	0	0	100,00%
V37	Volume de água disponibilizado por economia	8	0	95,38%
V38	Consumo médio de água por economia	7	0	95,95%
V39	Consumo micromedido por economia	7	0	95,95%
V40	Consumo de água faturado por economia	24	0	86,13%
V41	Consumo médio per Capita de água	15	0	91,33%
V42	Índice de consumo de energia elétrica em sistemas de abastecimento	17	0	90,17%
V43	Extensão da rede de água por ligação	17	0	90,17%
V44	Índice de faturamento de água	9	0	94,80%
V45	Índice de perdas faturamento	9	0	94,80%
V46	Índice de perdas na distribuição	0	0	100,00%
V47	Índice bruto de perdas lineares	13	0	92,49%
V48	Índice de perdas por ligação	8	0	95,38%
V49	Economias atingidas por paralisações	10	1	93,64%
V50	Duração média das paralisações	9	1	94,22%

V51	Economias atingidas por intermitências	15	0	91,33%
V52	Duração média das intermitências	6	0	96,53%
V53	Duração média dos serviços executados	0	0	100,00%
V54	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Cloro Residual	40	0	76,88%
V55	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Turbidez	40	0	76,88%
V56	Incidência das análises de turbidez fora do padrão	5	1	96,53%
V57	Índice de conformidade da quantidade de amostra - Coliformes Totais	40	0	76,88%
V58	Incidência das análises de coliformes totais fora do padrão	11	1	93,06%

---

ABIDIEL DE OLIVEIRA SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE  
ÁGUA DE PERNAMBUCO - BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Civil do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de artigo científico, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

**Área de concentração:** Recursos Hídricos.

Aprovado em 25 de outubro de 2024.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Saulo de Tarso Marques Bezerra (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Gilson Lima da Silva (Avaliador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profa. M.Sc Sabrina da Silva Corrêa Raimundo (Avaliadora)  
Centro Universitário Unifavip Wyden