



INDICADORES DE DESEMPENHO E FERRAMENTAS DE *BUSINESS INTELLIGENCE* APLICADA À QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO NO CAMPO DA REGULAÇÃO

PERFORMANCE INDICATORS AND BUSINESS INTELLIGENCE TOOLS APPLIED TO DRINKING WATER QUALITY IN THE FIELD OF REGULATION

INDICADORES DE DESEMPEÑO Y HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA DE NEGOCIOS APLICADOS A LA CALIDAD DEL AGUA POTABLE EN EL ÁMBITO DE LA REGULACIÓN

 10.56238/bocav25n74-002

Rodrigo Antonio Pinto de Melo

Mestre em Engenharia Química

Instituição: Agência de Regulação de Pernambuco (Arpe)

E-mail: rodrigo.antonio@arpe.pe.gov.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8196167792694984>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5777-0696>

Jane Carla Marinho de Souza Maia

Pós-graduada em Engenharia Ambiental e Indicadores de Qualidade

Instituição: Agência de Regulação de Pernambuco (Arpe)

E-mail: jane.maia@arpe.pe.gov.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1562253785423379>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-1030-578X>

Cícero Henrique Macêdo Soares

Doutor em Engenharia Química

Instituição: Agência de Regulação de Pernambuco (Arpe)

E-mail: cicero.henrique@arpe.pe.gov.br

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/1893151002890072>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-0757-9985>

Emanuele Ferreira Gomes

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental

Instituição: Agência de Regulação de Pernambuco (Arpe)

E-mail: emanuele.ferreira@arpe.pe.gov.br

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7983041023518052>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0003-8002-2241>

Rafael Lima da Silva

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental

Instituição: Agência de Regulação de Pernambuco (Arpe)

Email: rafaellima.silva@arpe.pe.gov.br

Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4061600745017173>

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9747-3442>

RESUMO

No contexto da regulação por exposição, um sistema de indicadores de desempenho aliados a métodos de Extração, Transformação e Carga (ETL) somado à análise através de Painéis (Dashboards) é ferramenta importante na avaliação do desempenho da qualidade de um produto ofertado. Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar as funcionalidades e aplicações de um sistema de indicadores de desempenho implementado para avaliação da qualidade da água para consumo humano, no qual foram considerados parâmetros que comprovassem a eficácia da qualidade do produto. O sistema de avaliação dos indicadores foi construído por um processo de ETL dos dados, que foi executado pela ferramenta Microsoft Power BI®, visto que oferece ótimas funcionalidades para desenvolvimento de painéis (Dashboards) e dispositivos que possibilitam promover mecanismos de transparência e interação. Foi possível avaliar e analisar a qualidade da água para consumo humano nos pontos de produção e rede de distribuição com o auxílio de elementos gráficos que estavam relacionados a eficácia e eficiência. Ferramentas como Paper de desempenho e a opção de downloads de dados foram disponibilizadas no Painel, promovendo mecanismo de transparência e participação conjunta por parte de usuários e principais stakeholders da gestão do saneamento básico. Finalmente, a ferramenta permitiu comparar o desempenho da qualidade da água produzida nas Estações de Tratamento de Água (ETAs) com as metas existentes em Contratos ou Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e direcionar as fiscalizações diretas quando o resultado foi insatisfatório.

Palavras-chave: Qualidade. Indicadores de Desempenho. Água Potável. Regulação por Exposição.

ABSTRACT

In the context of exposure regulation, a system of performance indicators combined with Extraction, Transformation, and Loading (ETL) methods, coupled with dashboard analysis, is an important tool for evaluating the performance of a product's quality. Therefore, this work aims to present the functionalities and applications of a performance indicator system implemented for evaluating the quality of drinking water, considering parameters that demonstrate the effectiveness of the product's quality. The indicator evaluation system was built using an ETL process of the data, executed by Microsoft Power BI®, as it offers excellent functionalities for developing dashboards and devices that promote transparency and interaction mechanisms. It was possible to evaluate and analyze the quality of drinking water at production points and in the distribution network with the aid of graphic elements related to effectiveness and efficiency. Tools such as performance papers and data download options were made available on the dashboard, promoting transparency and joint participation by users and key stakeholders in basic sanitation management. Finally, the tool allowed for a comparison of the water quality performance produced at Water Treatment Plants (WTPs) with the targets established in Municipal Basic Sanitation Contracts or Plans (PMSB), and for directing inspections when the result was unsatisfactory.

Keywords: Quality. Performance Indicators. Drinking Water. Exposure Regulation.

RESUMEN

En el contexto de la regulación de la exposición, un sistema de indicadores de desempeño combinado con métodos de Extracción, Transformación y Carga (ETL), junto con el análisis de tableros de control, constituye una herramienta importante para evaluar el desempeño de la calidad de un producto. Por lo tanto, este trabajo busca presentar las funcionalidades y aplicaciones de un sistema de indicadores de desempeño implementado para evaluar la calidad del agua potable, considerando parámetros que demuestran la efectividad de la calidad del producto. El sistema de evaluación de indicadores se construyó mediante un proceso ETL de datos, ejecutado por Microsoft Power BI®, ya que ofrece excelentes funcionalidades para el desarrollo de tableros de control y dispositivos que promueven la transparencia y los mecanismos de interacción. Fue posible evaluar y analizar la calidad del agua potable en los puntos de producción y en la red de distribución con la ayuda de elementos gráficos relacionados con la efectividad y la eficiencia. Herramientas como informes de desempeño y opciones de descarga de datos se pusieron a disposición en el tablero de control, promoviendo la transparencia y la participación conjunta de los usuarios y los actores clave en la gestión del saneamiento básico. Finalmente, la herramienta permitió comparar el desempeño de la calidad del agua producida en las Plantas de Tratamiento de Agua (PTA) con los objetivos establecidos en los Contratos o Planes Municipales de Saneamiento Básico (PMSB), y dirigir inspecciones cuando el resultado fue insatisfactorio.

Palabras clave: Calidad. Indicadores de Desempeño. Agua Potable. Regulación de la Exposición.

1 INTRODUÇÃO/OBJETIVOS

Uma das principais formas de atuação das agências reguladoras está relacionada ao mecanismo envolvendo transparência dos dados e a regulação por exposição, sendo uma forma de regular bastante interessante por trazer elementos que ofertam integração e atuação conjunta da gestão.

No Conceito da Qualidade da Água para consumo humano, o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde, estabelece os parâmetros e valores máximos e mínimos permitidos para eles, além de estabelecer as duas atividades básicas que visam garantir a qualidade da água potável, a saber, o controle e a vigilância, exercidas pelo operador do sistema e as entidades de saúde pública respectivamente. As Agências de Regulação Infranacionais atuam em relação à qualidade da água para consumo humano conforme as Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico traçadas através da Lei nº 11.445, de 5 janeiro de 2007, alterada pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Em sua expertise está principalmente a atuação por meio de indicadores para verificação do desempenho e qualidade da prestação do serviço e do cumprimento de metas Contratuais e do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB).

Nesse contexto, a utilização de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade da água para consumo humano junto com ferramentas que maximizem sua utilidade no campo da regulação é parte primordial na análise de dados das Estações de Tratamento de Água (ETAs) realizada pelas Agências. Diante desta importância, faz-se necessário que mais estudos das metodologias aplicadas pelas Agências Reguladoras sejam realizados.

Assim, este trabalho tem por objetivo apresentar as funcionalidades e aplicações de um sistema de indicadores de desempenho direcionado à avaliação da qualidade da água para consumo humano na Agência de Regulação de Pernambuco, no qual foram considerados parâmetros que comprovassem a eficácia da qualidade do produto.

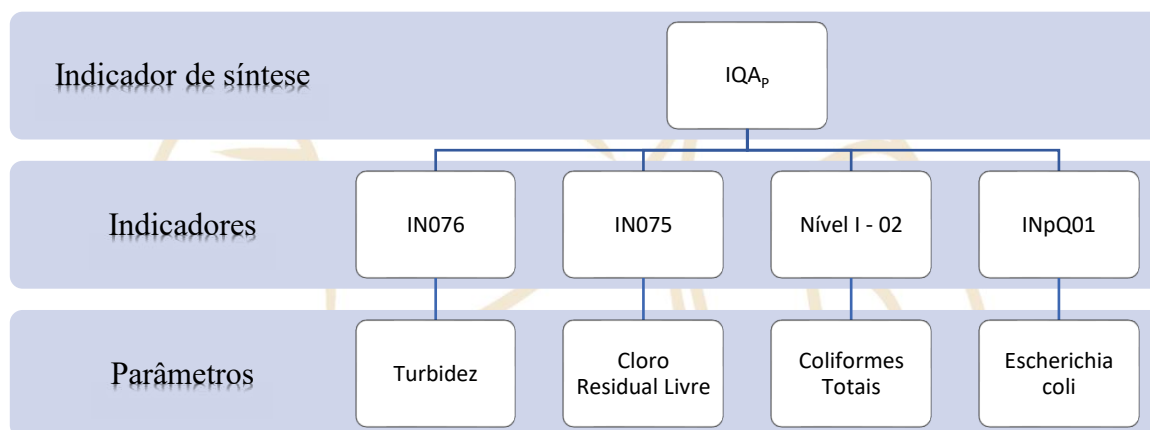
2 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem quantitativa e qualitativa, empregando um estudo de caso como estratégia de pesquisa. O objeto de análise é o sistema de indicadores de desempenho utilizado pela Agência de Regulação de Pernambuco para a avaliação da qualidade da água para consumo humano.

A coleta de dados foi realizada através da análise documental dos arquivos internos da agência, incluindo relatórios técnicos, manuais de procedimento e normativas. A principal fonte de dados foi a série histórica obtida do prestador de serviço em relação ao controle da qualidade da água para consumo humano. A análise consistiu na descrição detalhada da metodologia adotada, dos indicadores selecionados, sua relevância no contexto regulatório e a forma como são utilizados para identificar tendências e desafios na garantia da potabilidade.

Foi proposto a seleção de 4 parâmetros para se obter uma visão sistêmica da qualidade da água: Turbidez, Cloro Residual Livre, Coliformes Totais e Escherichia coli. O indicador de incidência das análises dentro do padrão é aplicado a cada parâmetro específico, totalizando quatro indicadores para avaliação da qualidade da água potável. Para agregar valor gerencial aos indicadores foi proposto um Índice de Qualidade de Água potável para resumir o resultado dos quatro indicadores em apenas um só, permitindo melhor análise na tomada de decisão de uma fiscalização. A Figura 1 ilustra a composição dos indicadores.

Figura 1 – Composição dos indicadores através dos parâmetros de qualidade da água



Fonte: Elaboração própria (2025)

A Tabela 1 descreve a formulação de cálculo dos indicadores e suas respectivas referências e nomenclaturas.

Tabela 1 – Descrição das fórmulas de cálculo e referência dos indicadores

Indicador	Descrição	Referência	Formula de cálculo
IN075	Incidência das análises de cloro residual dentro do padrão	SNIS	$IN075 = \left(\frac{QD007}{QD006} \right) \times 100$ QD007 - Quantidade de amostras para cloro residual dentro do padrão (analisadas) QD006 - Quantidade de amostras para cloro residual analisadas
IN076	Incidência das análises de turbidez dentro do padrão	SNIS	$IN076 = \left(\frac{QD009}{QD008} \right) \times 100$ QD009 - Quantidade de amostras para turbidez dentro do padrão (analisadas) QD008 - Quantidade de amostras para turbidez analisadas
Nível I – 02	Incidência das análises de coliformes totais dentro do padrão	ANA	$\text{Nível I – 02} = \left(\frac{QD027}{QD026} \right) \times 100$ QD027 - Quantidade de amostras para coliformes totais dentro do padrão (analisadas) QD026 - Quantidade de amostras para coliformes totais analisadas
IN_PQ01	Incidência das análises de E.coli dentro do padrão	Arpe	$IN_PQ01 = \left(\frac{QD017}{QD016} \right) \times 100$ QD017 - Quantidade de amostras para E.coli dentro do padrão (analisadas) QD016 - Quantidade de amostras para E.coli analisadas

Fonte: Elaboração própria (2025)

O cálculo do peso w , relacionado à parcela de influência dos indicadores na formulação do IQAp, é realizada através de uma avaliação quantitativa e qualitativa dos riscos que as não conformidades dos parâmetros de qualidade acarretam para o sistema de abastecimento. Para caracterizar o risco de cada parâmetro utilizamos pontuações para os seguintes aspectos: severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) do perigo. A pontuação dada aos aspectos varia de 1 a 3, sendo 1 para baixa, 2 para moderada e 3 para alta. Uma descrição melhor desse tipo de metodologia pode ser vista em Rodrigues (2014). A Tabela 2 ilustra a formulação de cálculo para o Índice de Qualidade da Água Potável (IQAp).

Tabela 2 – Metodologia de cálculo do Índice de Qualidade da Água Potável (IQAp)

Indicador	Descrição	Origem	Formula de cálculo
			$IQA_p = \sum_{i=1}^n [q_i * w_i]$ $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ $w_i = \frac{R_i}{R_{total}}$
<i>IQAp</i>	Índice de qualidade da água potável	Arpe	$R_i = \text{severidade}(S) \times \text{ocorrência}(O) \times \text{detecção}(D)$ $= S \times O \times D$ $R_{total} = R_{CRL} + R_{turbidez} + R_{C.T} + R_{E.coli}$ <p>Onde:</p> <ul style="list-style-type: none"> n - número de parâmetros de qualidade da água avaliado localmente no SAA i - parâmetro avaliado qi - Incidência das análises dentro do padrão do parâmetro i wi - Peso atribuído ao parâmetro i

Fonte: Elaboração própria (2025)

A Tabela 3, a seguir, relata os escores e justificativas que é dada ao aspecto severidade (S).

Tabela 3 - Escore para o aspecto severidade

Escore para Severidade		
Classificação	Justificativa	Escore
Alta	Substância muito danosas ao meio ambiente, causa efeitos graves a saúde humana, apresentam características de toxicidade e patogenicidade.	3
Moderada	Substâncias danosas ao meio ambiente, causam efeitos leve a saúde humana (irritações ou alergias)	2
Baixa	Substâncias pouco danosas ao meio ambiente, causa efeitos negativos a saúde humana	1

Fonte (adaptado): (Rodrigues, 2014)

As Tabelas 4, 5, 6 e 7 a seguir, relatam os escores e justificativas que são dados ao aspecto ocorrência(O) conforme a frequência de não conformidade para os parâmetros Cloro Residual Livre, Turbidez, Coliformes Totais e Escherichia coli.

Tabela 4 – Escore para o aspecto ocorrência para o parâmetro Cloro Residual Livre

Escore para Ocorrência (Cloro Residual Livre)		
Classificação	Justificativa	Escore
Alta	O impacto ambiental ou o risco à saúde ocorre numa frequência alta para o parâmetro (13 ou mais não conformidade por ano)	3
Moderada	O impacto ambiental ou o risco à saúde ocorre numa frequência moderada para o parâmetro (7 a 12 não conformidades por ano)	2
Baixa	O impacto ambiental ou o risco à saúde ocorre numa frequência baixa para o parâmetro (até 6 não conformidade por ano)	1

Fonte (adaptado): (Rodrigues, 2014)

Tabela 5 – Escore para o aspecto ocorrência para o parâmetro Turbidez

Escore para Ocorrência (Turbidez)		
Classificação	Justificativa	Escore
Alta	O impacto ambiental ocorre numa frequência alta para o parâmetro (acima de 30 não conformidade por ano)	3
Moderada	O impacto ambiental ocorre numa frequência moderada para o parâmetro (11 a 30 não conformidades por ano)	2
Baixa	O impacto ambiental ocorre numa frequência baixa para o parâmetro (até 10 não conformidade por ano)	1

Fonte (adaptado): (Rodrigues, 2014)

Tabela 6 - Escore para o aspecto ocorrência para o parâmetro Coliformes Totais

Escore para Ocorrência (Coliformes Totais)		
Classificação	Justificativa	Escore
Alta	O impacto ambiental ocorre numa frequência alta para o parâmetro (acima de 6 não conformidade por ano)	3
Moderada	O impacto ambiental ocorre numa frequência moderada para o parâmetro (3 a 6 não conformidades por ano)	2
Baixa	O impacto ambiental ocorre numa frequência baixa para o parâmetro (até 2 não conformidade por ano)	1

Fonte (adaptado): (Rodrigues, 2014)

Tabela 7 - Escore para o aspecto ocorrência para o parâmetro Escherichia coli

Escore para Ocorrência (Escherichia coli)		
Classificação	Justificativa	Escore
Alta	O impacto ambiental e o risco à saúde ocorre numa frequência alta para o parâmetro (acima de 3 não conformidade por ano)	3
Moderada	O impacto ambiental ocorre numa frequência moderada para o parâmetro (1 a 3 não conformidades por ano)	2
Baixa	O impacto ambiental ocorre numa frequência baixa para o parâmetro (até 1 não conformidade por ano)	1

Fonte (adaptado): (Rodrigues, 2014)

Enquanto a Tabela 8, relata os escores e justificativas que é dada ao aspecto detecção (D).

Tabela 8 – Escore para o aspecto detecção

Escore para Detecção		
Classificação	Justificativa	Escore
Alta	Para detectar a não conformidade usa-se métodos de média a alta complexidade, demandando várias etapas para o êxito do método, ocasionando um tempo de execução geralmente superior a 1 dia.	3
Moderada	A não conformidade é percebida com a utilização de medidores simples, com tempo de aferição geralmente inferior a 30 minutos (turbidímetros, fotolorímetros, titulações, etc.)	2
Baixa	A não conformidade pode ser percebida visualmente	1

Fonte (adaptado): (Rodrigues, 2014)

As Tabelas 9 e 10 descrevem os motivos pelo qual as não conformidades receberam seus escores para cada aspecto nas posições da saída do tratamento e da rede de distribuição respectivamente.

Tabela 9 - Formulário de explicação das severidades, ocorrências e detecções para saída do tratamento

Parâmetro	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	Risco
Cloro Residual livre	Pode causar problema significativo á saúde humana devido a sua exposição em altas concentrações		A análise de CRL é feita através de equipamento simples.	
	Pode aumentar a probabilidade da presença de microrganismos patogênicos devido à ausência de residuais na água	Depende da frequência de não conformidade	(Fotocolorímetro) Em média o teste completo leva cerca de 10 minutos ou menos.	$R = S \times D \times O$ $R = 3 \times 2 \times O$ $R = 6 \times O$
	Escore: 3		Escore: 2	
Turbidez	Considerado um indicador de eficiência do processo de clarificação da água.		A análise de turbidez é feita através de equipamento simples.	
	Pode interferir na eficiência da desinfecção Indicador de eficiência no processo de remoção de oocistos de Protozoários. Sua positividade em relação a norma vigente tem o efeito de apontar indiretamente o aumento da probabilidade da presença de Protozoários.	Depende da frequência de não conformidade	(Turbidímetro). Em média o teste completo leva cerca de 10 minutos ou menos.	$R = S \times D \times O$ $R = 3 \times 2 \times O$ $R = 6 \times O$
	Escore: 3		Escore: 2	
Coliformes Totais	Parâmetro usado como contraprova para os parâmetros sentinelas Turbidez e Cloro Residual Livre		Teste complexo, demanda pessoal especializado, demora mais de um dia para execução completa	
	Indicador de eficiência da remoção bacteriológica Sua positividade em relação a norma vigente tem o efeito de apontar o aumento da probabilidade da presença de microrganismos patogênicos	Depende da frequência de não conformidade		$R = S \times D \times O$ $R = 3 \times 3 \times O$ $R = 9 \times O$
	Escore: 3		Escore: 3	
Coliformes Fecais (Escherichia Coli)	Pode causar problema significativo a saúde humana.		Teste complexo, demanda pessoal especializado, demora mais de um dia para execução completa	
	Comprova o comprometimento da qualidade da água para consumo humano Indicador de contaminação fecal	Depende da frequência de não conformidade		$R = S \times D \times O$ $R = 3 \times 3 \times O$ $R = 9 \times O$
	Escore: 3		Escore: 3	

Fonte (adaptado): (Ogata, 2011)

Tabela 10 - Formulário de explicação das severidades, ocorrências e detecções para saída do tratamento

Parâmetro	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Detecção (D)	Risco
Cloro Residual livre	Pode causar problema significativo à saúde humana devido a sua exposição em altas concentrações	Depende da frequência de não conformidade	A análise de CRL é feita através de equipamento simples. (Fotocolorímetro)	$R = S \times D \times O$
	Pode aumentar a probabilidade da presença de microrganismos patogênicos devido à ausência de residuais na água		Em média o teste completo leva cerca de 10 minutos ou menos.	$R = 3 \times 2 \times O$ $R = 6 \times O$
Escore: 3			Escore: 2	
Turbidez	Pode interferir na eficiência do residual de cloro	Depende da frequência de não conformidade	A análise de turbidez é feita através de equipamento simples. (Turbidímetro).	$R = S \times D \times O$
	A não conformidade está relacionada a medir apenas aspectos organolépticos		Em média o teste completo leva cerca de 10 minutos ou menos.	$R = 2 \times 2 \times O$ $R = 4 \times O$
Escore: 1			Escore: 2	
Coliformes Totais	Parâmetro usado como contraprova para os parâmetros sentinelas Turbidez e Cloro Residual Livre	Depende da frequência de não conformidade	Teste complexo, demanda pessoal especializado, demora mais de um dia para execução completa	$R = S \times D \times O$
	Indicador de eficiência da remoção bacteriológica		$R = 2 \times 3 \times O$	
	Sua positividade em relação a norma vigente tem o efeito de apontar o aumento da probabilidade da presença de microrganismos patogênicos			$R = 9 \times O$
Escore; 3			Escore: 3	
Coliformes Fecais (Escherichia Coli)	Pode causar problema significativo a saúde humana.	Depende da frequência de não conformidade	Teste complexo, demanda pessoal especializado, demora mais de um dia para execução completa	$R = S \times D \times O$
	Comprova o comprometimento da qualidade da água para consumo humano		$R = 3 \times 3 \times O$	
	Indicador de contaminação fecal			$R = 9 \times O$
Escore: 3			Escore: 3	

Fonte (adaptado): (Ogata, 2011)

A Tabela 11 a seguir, resume os valores de referência adotado para a avaliação qualitativa dos indicadores de desempenho.

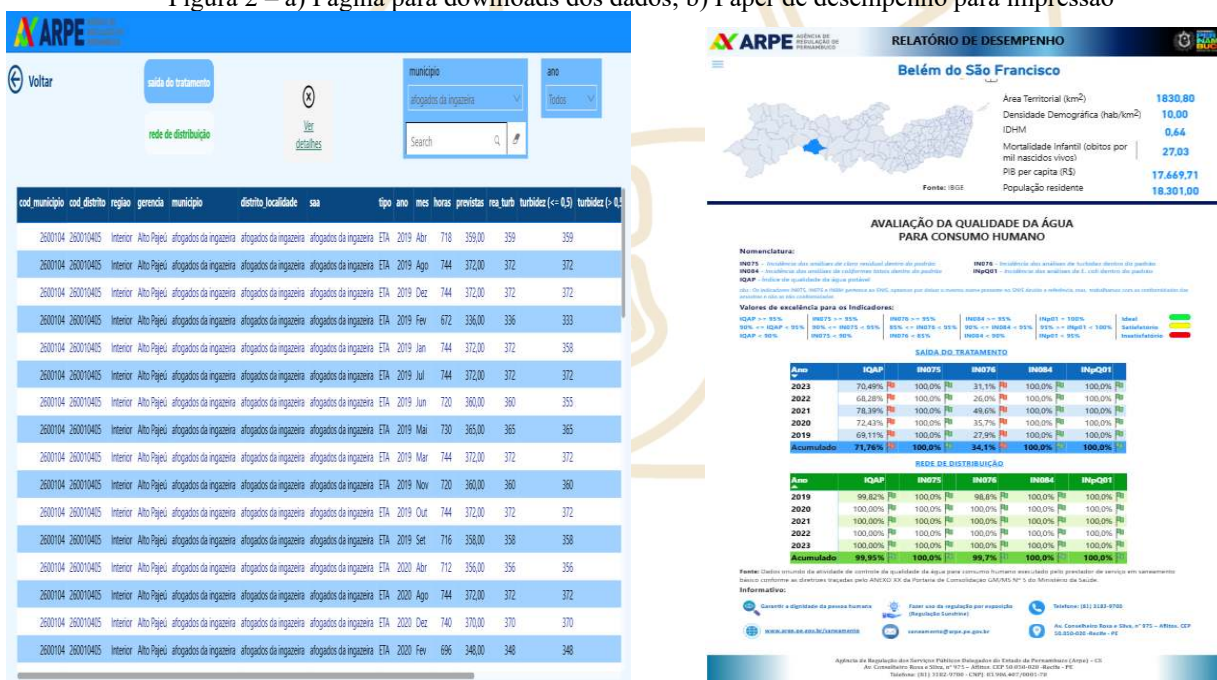
Tabela 11 - Valores de referência para os indicadores de desempenho

Valores de referência			
Indicadores de desempenho	Ideal	Satisfatório	Insatisfatório
IQAp	IQAp >= 95%	90% <= IQAp < 95%	IQAp < 90%
IN075	IN075 = 100%	-	IN075 < 100%
IN076	IN076 >= 95%	85% <= IN076 < 95%	IN076 < 85%
Nível I - 02	Nível I - 02 >= 95%	-	Nível I - 02 < 95%
INpQ01	INpQ01 = 100%	-	INpQ01 < 100%

Fonte: Elaboração própria (2025)

Na etapa de avaliação, um processo de ETL (Extração, Transformação e Carga) dos dados foi utilizado de maneira a se obter um melhor ajuste dos dados. A interação com usuários e gestores é realizada através de um painel de desempenho, que permite, além da visualização dos indicadores em tabelas e gráficos com elementos pictóricos, a impressão de *paper* de desempenho por município. A Figura 2 apresenta a página de *download* dos dados e o relatório de desempenho dos indicadores. O usuário pode acessar e imprimir os resultados dos indicadores municipais em uma série histórica dos últimos cinco anos, acompanhados de uma avaliação qualitativa baseada na classificação por faixas de valores de referência.

Figura 2 – a) Página para downloads dos dados; b) Paper de desempenho para impressão



(a)

(b)

Fonte: Elaboração própria (2025)

Esta metodologia permitiu uma compreensão aprofundada da aplicação prática do sistema de avaliação e sua efetividade na detecção de problemas e na promoção de melhorias na qualidade da água, contribuindo para o aprimoramento das práticas de regulação. No que se refere aos objetivos desta metodologia, três foram identificados como essenciais: (a) Avaliar a qualidade da água para

consumo humano oriunda das Estações de Tratamento de Água (ETA) através de um sistema de indicadores de desempenho, (b) Propiciar um meio de auxílio na tomada de decisões e (c) Aplicar ferramenta de *business intelligence* para uso na regulação por exposição.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

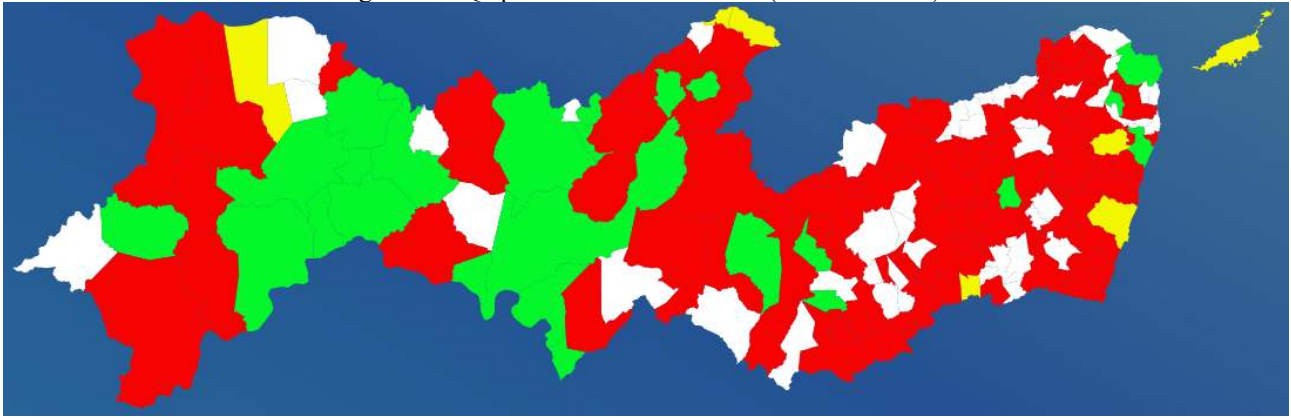
A análise dos arquivos da agência permitiu identificar que as fontes de dados do sistema vêm da função de controle da água para consumo humano que é definida pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde e que tem como executor o operador do sistema de abastecimento de água. Recebe-se um dado estatístico que é passado por um processo de extração, transformação e carga para posterior cálculo dos indicadores. Nos painéis de desempenho os indicadores são visualizados com valores quantitativo e com elementos qualitativos classificados conforme faixa ou valores de referência.

Para exemplificar o resultado da avaliação de desempenho da qualidade da água para consumo humano em relação à prestação de serviço de saneamento básico no estado de Pernambuco, foi considerado o ano-base de 2024 e os dados extraídos são oriundos do Painel de desempenho da Agência de Regulação de Pernambuco – Arpe sobre qualidade da água potável.

Optamos por mostrar e analisar o resultado dos indicadores em mapas qualitativos do estado de Pernambuco por questões técnicas de visualização e compreensão espacial das não conformidades. Cabe salientar que a ausência de dados, representada pela cor branca nos mapas para certos municípios é justificada por três fatores: questões técnicas, municípios que não faziam parte do quadro regulacional da agência no ano-base ou pela metodologia dos indicadores, na qual municípios que não possuem Estações de Tratamento de Água não geram dados na saída do tratamento.

De início, apresentamos os resultados do indicador IQAp que tem a função de resumir os resultados dos outros quatro indicadores em única informação para tomada de decisão. Conforme visto na Figura 3, que relata o IQAp na saída do tratamento, observa-se que a maioria dos municípios possuem sua classificação de IQAp em insatisfatório (vermelho), o que provavelmente pode evidenciar algum problema sistêmico em assegurar o padrão estabelecido pelo Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 GM/MS em relação a um dos quatro indicadores que o compõe.

Figura 3 – IQAp na saída do tratamento (ano-base 2024)

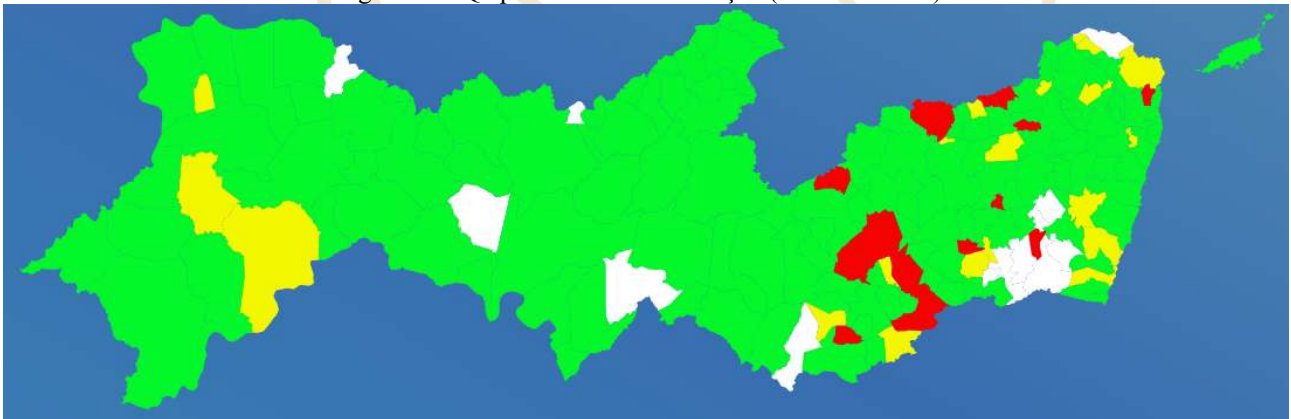


Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

A Figura 4 apresenta o resultado do IQAp para rede de distribuição, demonstrando um contraste bem diferente em relação a saída do tratamento. A maioria dos municípios possuem o IQAp classificado como ideal (verde), relatando apenas alguns casos isoladamente com a classificação de insatisfatório.

Detalhando a análise para os indicadores que compõe o IQAp, sendo o primeiro IN075, indicador de conformidade de cloro residual conforme o padrão do Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 GM/MS.

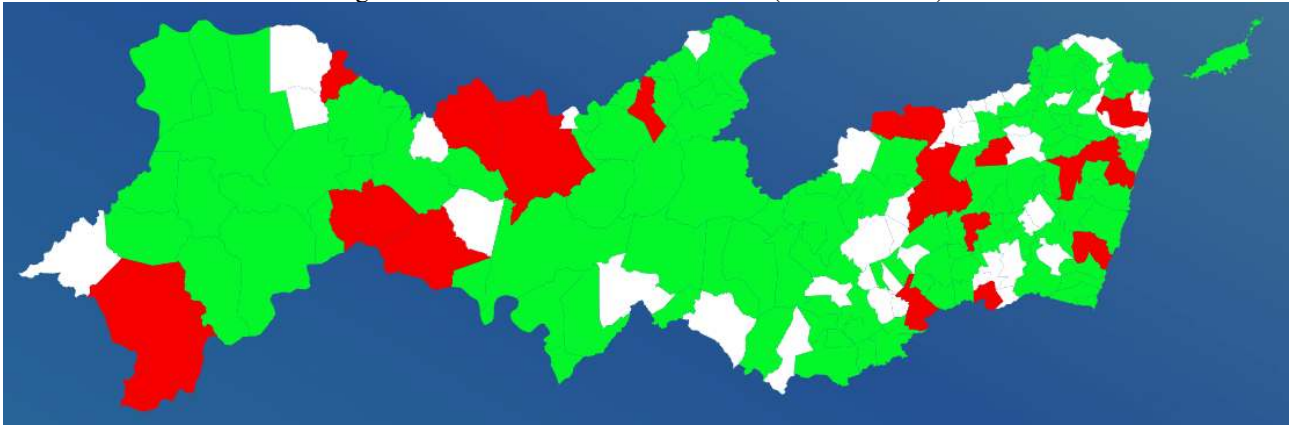
Figura 4 – IQAp na rede de distribuição (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

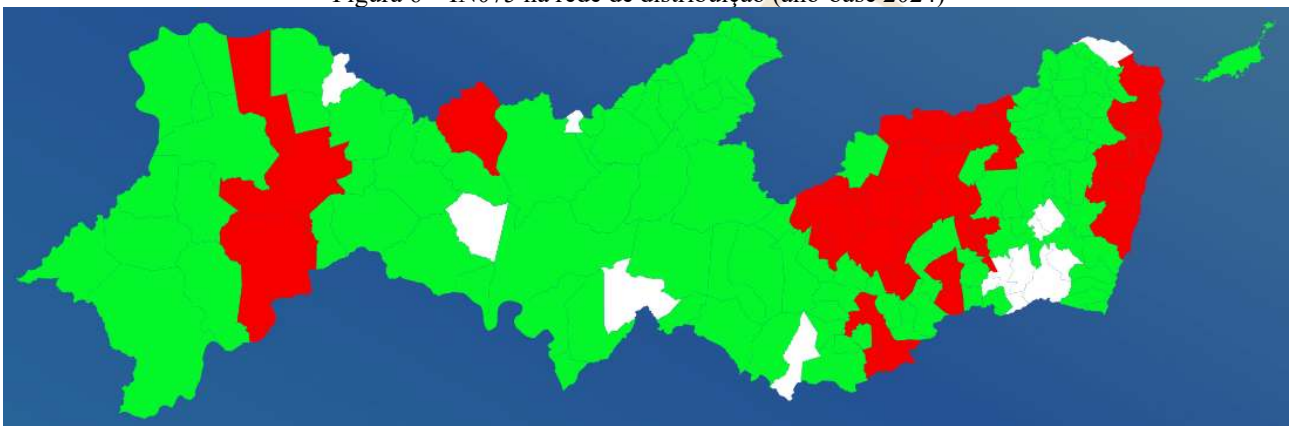
Através da Figura 5, verifica-se que para este indicador sua classificação qualitativa foi de ideal (verde) na saída do tratamento para a maioria dos municípios operados pelo prestador de serviço em saneamento básico. Enquanto na rede, Figura 6, a generalidade dos municípios também obteve a classificação qualitativa de ideal, mas com pontos mais aglomerados de municípios com classificação de insatisfatório. Dependendo do valor quantitativo do indicador, esses municípios podem ser passíveis de uma fiscalização direta (*in loco*) para averiguação do sistema de cloração das ETAs e garantia da qualidade do produto em relação às metas Contratuais e do PMSB.

Figura 5 – IN075 na saída do tratamento (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

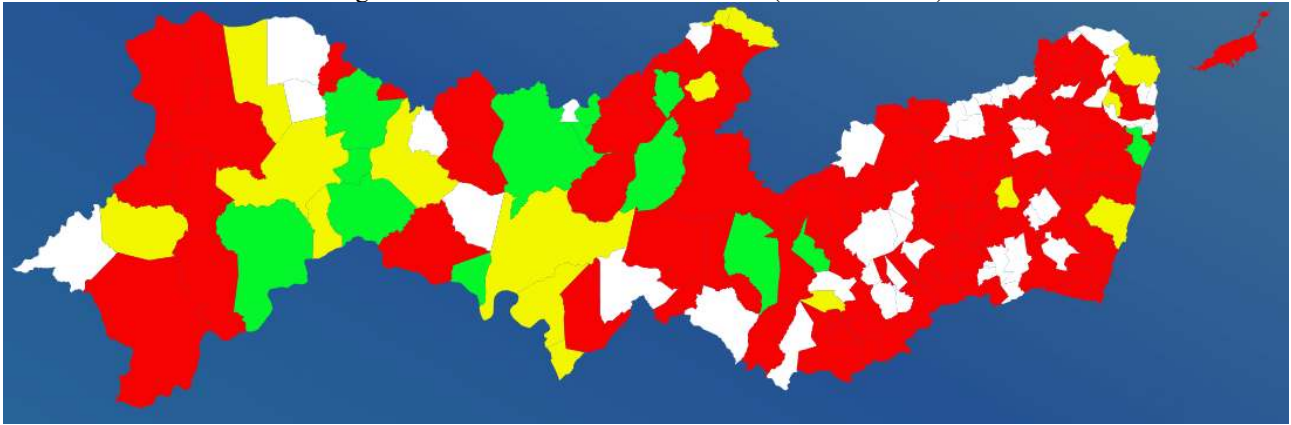
Figura 6 – IN075 na rede de distribuição (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

Analisando o indicador IN076 para conformidade de turbidez conforme o Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 GM/MS, verifica-se que na saída do tratamento, Figura 7, a maioria dos municípios possuem sua classificação como insatisfatório e que o mapa colorimétrico é bem semelhante ao gráfico da Figura 3. Fica notável que a deficiência do IQAp vem da maior parte do indicador IN076, que possui baixos rendimentos de conformidade nos municípios do estado. Atingir o padrão de potabilidade para turbidez da água após filtração, 0,5 NTU em 95% das amostras e os 5% restante até 1 NTU, é um desafio grande.

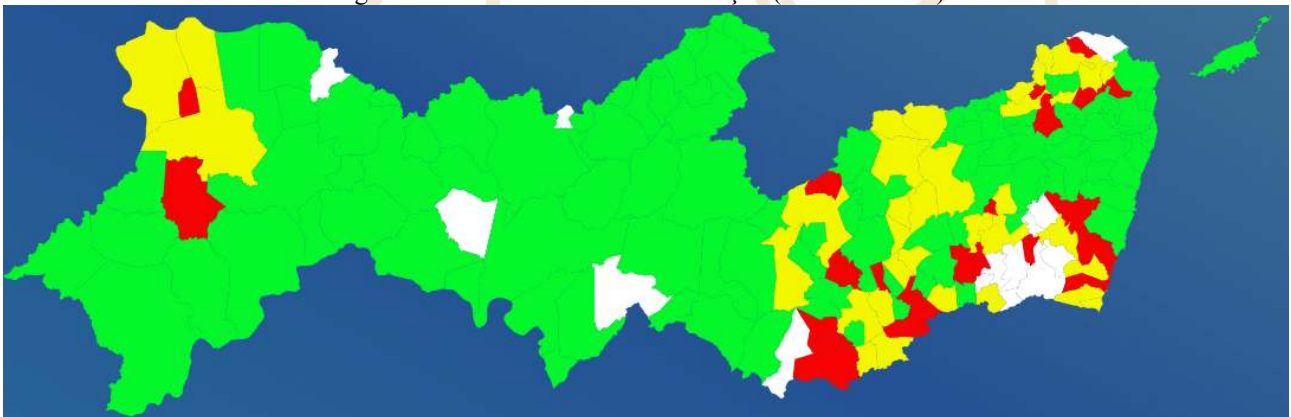
Figura 7 – IN076 na saída do tratamento (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

A Figura 8 ilustra o indicador IN076 na rede de distribuição, onde pode-se visualizar um panorama bem diferente da saída do tratamento, a maioria dos municípios possuem classificação do IN076 em ideal, o que é justificável devido ao padrão de potabilidade ser organoléptico, valor máximo permitido até 5 NTU, enquanto na saída do tratamento ele é bem mais restritivo porque está ligado a questões de eficiência na eliminação de cisto e oocistos de Protozoários no processo de filtração.

Figura 8 – IN076 na rede de distribuição (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

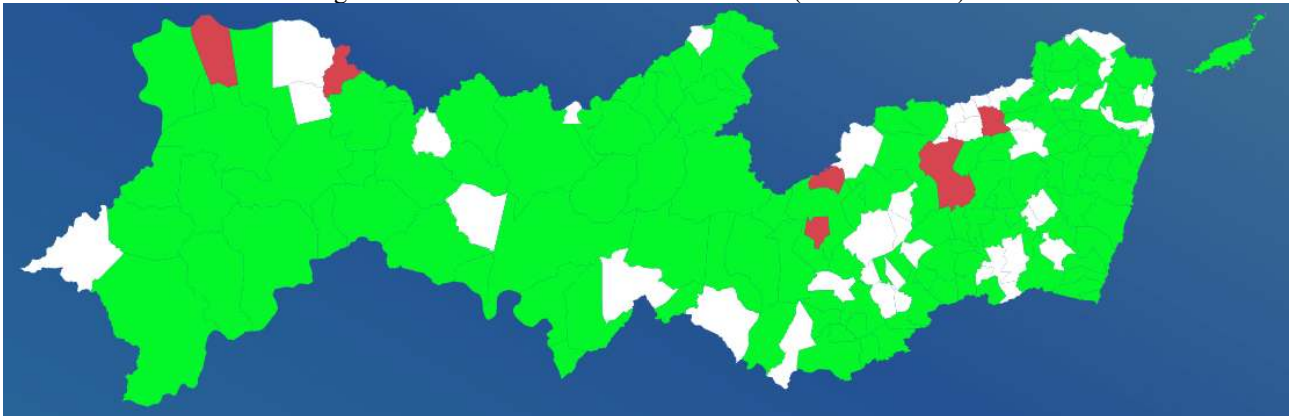
O rendimento deste indicador é impactado muitas vezes por uma série de desafios, como a degradação da qualidade da água nos mananciais e a crise hídrica, que provoca o esgotamento e colapso dessas fontes. Soma-se a isso o problema das Estações de Tratamento de Água (ETAs) subdimensionadas, seja por concepção inadequada ou pela incapacidade de acompanhar o aumento da demanda populacional, a consequência é a priorização da quantidade de água produzida, em detrimento da qualidade e eficiência do tratamento. Todos esses aspectos vêm contribuindo para o desempenho deste indicador ficar muitas vezes comprometido.

Atingir o padrão de potabilidade para o indicador IN076 na saída da filtração é uma deficiência sistêmica para a maioria das ETAs dos municípios de Pernambuco, com exceção daquelas que possuem

sua captação em mananciais com boa qualidade da água, como por exemplo o Rio São Francisco, ou as que possuem seu sistema de tratamento bastante robusto.

O indicador de Nível I -2 encontra-se na norma de referência N° 09 da ANA e mede a conformidade das amostras de coliformes totais em relação aos padrões estabelecidos no Anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5 GM/MS, estando relacionado com a eficiência do tratamento e é utilizado para verificação da mesma.

Figura 9 – Nível I - 2 na saída do tratamento (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

Figura 10 – Nível I - 2 na rede de distribuição (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

A Figura 9 acima, mostra as positivities desse indicador no ano-base, o que implica em deficiência do tratamento de água para poucos municípios do estado em relação à saída do tratamento e deverá ser analisado de forma também quantitativa para planejamento das fiscalizações diretas. Para rede de distribuição, a Figura 10 também apresenta escassos municípios com a classificação de insatisfatório, o que nos leva a inferir que para o ano de 2024 a maioria dos municípios apresentaram bons rendimentos em seu sistema de tratamento e proteção microbiológica da rede.

O indicador INpQ01 aponta a contaminação fecal da água, não devendo apresentar positividade de forma alguma no sistema de tratamento, mas ainda assim, encontramos em nosso estado, principalmente devido a três fatores que refletem na ineficiência do sistema de tratamento: manancial

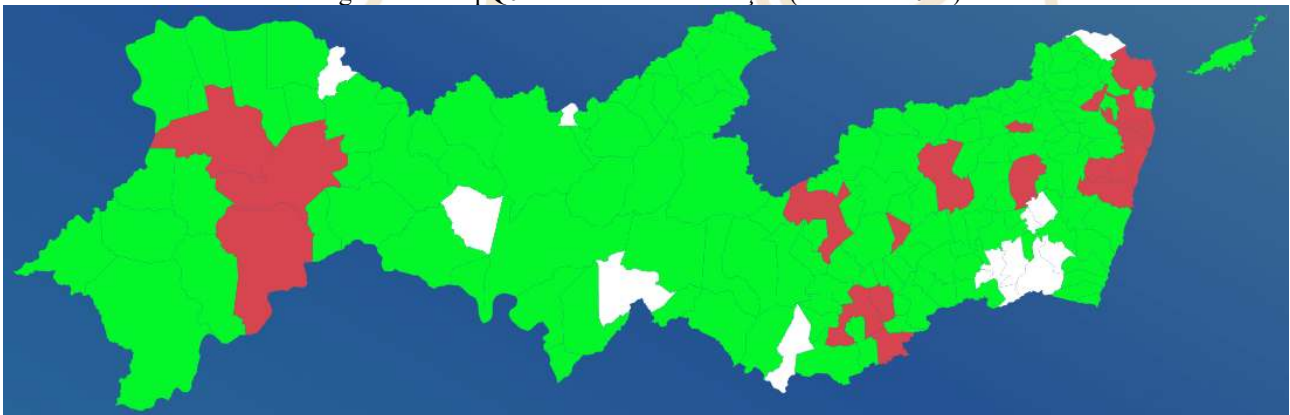
de péssima qualidade da água, Estações de Tratamento de Água subdimensionadas e redes de distribuição antigas. Como pode ser visto através das Figuras 11 e 12, alguns municípios apresentaram positividade para *Escherichia coli* na saída do tratamento e na rede de distribuição. Tanto o indicador Nível I - 2 como o INpQ01 são os principais ponteiros utilizados pela Agência em relação a qualidade do produto para direcionar a fiscalização direta.

Figura 11 – INpQ01 na saída do tratamento (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

Figura 12 – INpQ01 na rede de distribuição (ano-base 2024)



Fonte: Dashboard de qualidade da água - Arpe (2025)

A análise realizada foi explicada de forma qualitativa de modo a mostrar sua facilidade de interpretação, sendo passível de análise pelos usuários do serviço e principais *stakeholders* da gestão do setor de saneamento básico. Foi possível compreender como a aplicação de técnicas de *business intelligence* empregada na avaliação e análise da qualidade da água é uma ferramenta útil principalmente no que condiz a regulação por exposição, e não apenas uma ferramenta que apontasse o problema e pudesse direcionar uma tomada de decisão.

4 CONCLUSÃO

O modelo apresentou bons resultados tanto para apontar problemas pontuais referentes a qualidade da água como a problemas mais generalizados, sempre relacionado com a formulação sistêmica dos indicadores.

O sistema de indicadores de desempenho para avaliação da qualidade da água para consumo humano aliados a ferramentas de *business intelligence* mostrou-se um recurso interessante no trabalho desenvolvido pela Arpe, permitindo não apenas a avaliação de desempenho para tomada de decisão, como também, ofertar instrumentos que permitam uma melhor divulgação dos indicadores. A disponibilização de um *paper* de desempenho que permitisse ao usuário imprimir os dados dos indicadores por município, de modo acessível foi um aspecto positivo em prol da transparência ativa.

Os mecanismos da regulação por exposição proporcionados pelo modelo apresentado neste trabalho, favorecendo a divulgação dos indicadores de desempenho ao usuário ou gestores do saneamento básico, direcionam a atuação do regulador rumo à efetividade no acompanhamento da qualidade da água ofertada a população.

REFERÊNCIAS

Presidência da República. Casa Civil. Lei Nº 11.445. Brasília. 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/L11445compilado.htm. Acesso em: 25 mai. 2025.

Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Anexo XX da Portaria de Consolidação Nº 05. Brasília. 2017. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html#ANEXOXX. Acesso em: 28 jan. 2025.

Câmara Técnica de Saneamento (ABAR). Saneamento Básico Regulação 2017. Documento de Referência. Atuação das Agências Reguladoras na Fiscalização da Qualidade da Água. Brasília. 2017.

Rodrigues, A. B. Avaliação de Risco da Qualidade da Água de Abastecimento de um Hospital Público Regional de Urgência e Emergência. Dissertação de Mestrado. Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande. 2014

Ogata, I. S. Avaliação de risco da Qualidade da Água Potável do Sistema de Abastecimento da Cidade de Campina Grande (PB). Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade estadual da Paraíba. Campina Grande (2011)

Agência de Regulação de Pernambuco. Dashboard de Qualidade da Água para Consumo Humano. Recife. 2025. Disponível em <https://www.arpe.pe.gov.br/saneamento2/metas-e-indicadores-de-desempenho>.