

BUSINESS INTELLIGENCE IN DECISION-MAKING IN A WATER TREATMENT SYSTEM

BUSINESS INTELLIGENCE NA TOMADA DE DECISÃO EM UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA

SARAH FERNANDA ARAUJO FERREIRA

<https://orcid.org/0000-0003-0028-5344/saraharaujofer@gmail.com>
Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

ALAN RODRIGUES

<https://orcid.org/0009-0002-9958-1783/alangrb@hotmail.com>
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil



Recebido em: 23/04/2026

Aprovado em: 20/07/2026

Publicado em: 20/07/2026

ABSTRACT

This study aims to develop a decision support tool based on BI techniques, designed to optimize the management of the Water for Injection (WFI) treatment system in a pharmaceutical industry, aligned with business rules that guarantee the quality, traceability, and compliance of the process. The methodology adopted is structured in five main stages: acquisition of operational data; development of a digital tool for standardized data entry; storage and consolidation of information; dynamic visualization through dashboards; and analysis of performance indicators to support decision-making. As a practical solution, a UserForm® in Microsoft Excel® and a form in Microsoft Forms® were created for field data collection, which optimized the capture of operational readings. The data were processed using Power Query® and presented in Power BI®, which allowed for automation in the cleaning, filtering, and validation stages regarding integrity and consistency. Among the main products generated were indicators of temperature, conductivity, flow rate, and water consumption, which operated as essential information services for management. These indicators enable the early identification of deviations, rapid responses to non-conformities, and the promotion of continuous improvement. The application of this methodology has yielded gains in operational efficiency and reliability. For the production sector, the direct consumer of the service, the benefits include the safety and quality of the input, ensuring compliance with the regulatory standards in the pharmaceutical sector.

Keywords: Business Intelligence; Decision-making; Efficiency; Pharmaceutical industry; Process.

RESUMO

Este estudo tem como objetivo desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão baseada em técnicas de BI, projetada para otimizar a gestão do sistema de tratamento de água *Water for Injection* [WFI] em uma indústria farmacêutica, alinhada às regras do negócio, que garantem a qualidade, rastreabilidade e conformidade do processo. A metodologia adotada está estruturada em cinco etapas principais: aquisição de dados operacionais; desenvolvimento de ferramenta digital para inserção padronizada de dados; armazenamento e consolidação das informações; visualização dinâmica por meio de *dashboards*; análise de indicadores de desempenho para suporte à tomada de decisão. Como solução prática, foram criados um *UserForm*® em *Microsoft Excel*® e um formulário em *Microsoft Forms*® para coleta em campo, o que otimizou a captura das leituras operacionais. Os dados foram tratados com *Power Query*® e apresentados em *Power BI*®, o que permitiu automações nas etapas de limpeza, filtragem e validação quanto à integridade e consistência. Entre os principais produtos gerados estavam os indicadores de temperatura, condutividade, vazão e consumo de água, os quais operavam como serviços de informação essenciais para a gestão. Esses indicadores possibilitam a identificação precoce de desvios, respostas rápidas a não conformidades e a promoção da melhoria contínua. A aplicação desta metodologia proporcionou ganhos na eficiência operacional e na confiabilidade. Para o setor produtivo, consumidor direto do serviço, os benefícios incluem a segurança e qualidade do insumo, o que assegura conformidade com os padrões regulatórios do setor farmacêutico.

Palavras-chave: *Business intelligence*; *Decision-making*; Eficiência; Indústria farmacêutica; Processos.

1 INTRODUÇÃO

No contexto das indústrias farmacêuticas, a rastreabilidade e a conformidade com as normas regulatórias são fundamentais para garantir a segurança e a qualidade dos produtos (Patil et al., 2024). A habilidade de monitorar cada etapa do processo produtivo e assegurar que todos os procedimentos estejam alinhados com as regulamentações vigentes é indispensável, além de estarem coordenadas aos requisitos estabelecidos pelas farmacopeias e pelas normas técnicas de Boas Práticas de Fabricação [BPF] (Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, 2013).

Neste contexto, a água desempenha um papel essencial na produção farmacêutica, utilizada em várias fases do processo, desde a manipulação dos medicamentos, limpeza de áreas e esterilização de materiais até a solubilização de agentes sanitizantes (McCormick, 2002). Por isso, a qualidade da água destinada ao uso farmacêutico é um fator crítico para garantir a segurança dos produtos (McCormick, 2002).

Dessa forma, as indústrias farmacêuticas buscam empregar águas altamente purificadas, como a água para injetáveis ou *Water for Injection* [WFI], em seus processos de produção, sendo o resultado de um processo rigoroso de purificação, cujo objetivo é garantir a qualidade e a pureza, para não comprometer a segurança ou a eficácia do produto. Sua produção geralmente envolve uma série de etapas de tratamento, como filtração, deionização, osmose reversa (Carregari e

Cavichioli, 2018) e destilação (Zoccolante, 2007) para remoção eficiente de impurezas. Assim, se faz necessário o recolhimento e o uso estratégico das informações para a criação de um processo estruturado de tomada de decisões e a administração das informações (Citroën, 2011). Contudo, muitas empresas do setor ainda enfrentam desafios para gerir e acessar eficientemente os dados relacionados a esse tratamento (Marques e Pedro, 2021).

Esse processo requer dados internos confiáveis, passíveis de interpretação por meio de ferramentas que possibilitam a análise, os quais geralmente são registrados em livros de registro para garantir a rastreabilidade e a conformidade com as normas regulatórias da indústria farmacêutica (Patil et al., 2024). Uma das abordagens utilizadas para resolver esta questão é o uso de *Business Intelligence* [BI], que permite às organizações identificar tendências e padrões significativos, o que proporciona uma base sólida para decisões fundamentadas (Ramos e Santos, 2006; Griebeler e Justen, 2025).

BI refere-se a um conjunto de estratégias, tecnologias e sistemas de informação voltados à extração de conhecimento de grandes e variados volumes de dados (Moss, 2003). Esses recursos são essenciais para apoiar decisões estratégicas nas organizações (Muntean, 2018; Funo e Rodrigues, 2025). Trata-se de um processo estruturado que envolve a coleta, organização, análise, interpretação e apresentação de informações (Larson e Chang, 2016). A relação entre o BI e a tomada de decisão é fundamental para proporcionar às empresas uma compreensão abrangente do ambiente operacional (Moss, 2003).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver uma ferramenta de apoio à decisão baseada em técnicas de BI, projetada para otimizar a gestão do sistema de tratamento de água. Assim, buscou-se responder à seguinte questão de pesquisa: *como a implementação de uma solução em BI pode aprimorar a administração de dados e otimizar os processos decisórios associados ao tratamento de água em empresas farmacêuticas?* Essa abordagem representa uma contribuição tanto para o avanço do conhecimento na área quanto para a melhoria dos processos industriais farmacêuticos.

2 PERCURSO METODOLÓGICO

Diante do objetivo desta pesquisa, adotou-se uma abordagem qualitativa e quantitativa por meio de um estudo de caso pela natureza do fenômeno investigado. O estudo de caso é

amplamente reconhecido como uma estratégia de pesquisa eficaz para compreender fenômenos complexos em seus contextos reais (Fontanella et. al., 2011), especialmente quando se busca explorar a dinâmica entre variáveis que não podem ser dissociadas do ambiente em que ocorrem. Neste sentido, essa estratégia mostrou-se a mais adequada para a investigação dos sistemas de tratamento de água para injetáveis em uma indústria farmacêutica, uma vez que permite um exame aprofundado das práticas, desafios e interações que caracterizam esses processos. (Yin, 2001).

A abordagem qualitativa foi escolhida por sua capacidade de proporcionar uma compreensão abrangente e detalhada dos processos em estudo permitindo investigar percepções, atitudes e experiências dos envolvidos, fatores essenciais para compreender a complexidade dos sistemas operacionais estudados, enquanto a abordagem quantitativa, se concentra na mensuração objetiva e estatística das variáveis (Creswell e Creswell, 2021).

Conforme destacado por Yin (2001), o estudo de caso é uma estratégia que combina múltiplas fontes de dados, o que facilita a triangulação das informações e a análise aprofundada do fenômeno investigado. A triangulação metodológica, no contexto desta pesquisa, incluiu a revisão de documentos técnicos, a observação direta das operações e a análise de registros manuais dos sistemas. O foco foi direcionado a dois sistemas de tratamento de água WFI numa indústria farmacêutica, identificados como STA-1 e STA-2. As etapas do sistema de tratamento analisado foram definidas com base nos padrões adotados na região do estudo, considerando a qualidade da água bruta captada. O processo consistiu nas seguintes etapas:

1. Abrandamento responsável pela eliminação dos sólidos dissolvidos, por troca iônica, ou seja, fez a remoção da dureza da água potável (Marques e Pedro, 2021);
2. Posteriormente, houve a filtração de endotoxinas na etapa de ultrafiltração, como uma etapa intermediária, o que resultou na produção da água pré-tratada (Marques e Pedro, 2021);
3. A seguir, iniciou-se a recloração, na qual se faz um reforço da dosagem de cloro, para garantir que não haja contaminação na água durante a estocagem na reserva de água reclorada (Carregari e Cavichioli, 2018);
4. Em seguida, para iniciar o processo de osmose reversa que iria remover os sais dissolvidos (Borsani et al., 1997) e tornar a água WFI, fez-se necessária a remoção do cloro (decloração), para não danificar as membranas de osmose reversa, muitas vezes com o reagente

Metabissulfito de sódio e a regulação do pH, com o reagente Hidróxido de Sódio (Braile et al., 1993);

5. Por fim, o produto da osmose reversa – a água para injetáveis WFI – foi estocado e distribuído às linhas produtivas, por um bombeamento sanitário, em circuito fechado, denominado de “loop” (Mendonça et al., 2025).

2.1 Ferramentas

Base de dados: planilhas do *Microsoft Excel*® foram utilizadas como base para o registro e armazenamento das informações relativas ao processo de tratamento de água WFI, como os controles físico-químicos.

Ferramentas de coleta de dados: para a coleta de dados operacionais foram utilizadas ferramentas como o *Microsoft Forms*® e a linguagem *Visual Basic for Applications*® [VBA], por meio das quais foram desenvolvidos formulários com funcionalidades de inserção, edição e tratamento dos dados.

2.2 Aquisição dos dados – “Data Operational”

A coleta de dados foi definida a partir de reuniões com a gestão do setor, com o intuito de alinhar as fontes e ferramentas necessárias. As informações obtidas na tela de operação Interação Humano-Computador [IHM] e nos livros de registro foram transcritas manualmente para planilhas no *Microsoft Excel*®. Os dados coletados durante as rondas operacionais, que exigiam deslocamento físico, foram digitalizados por meio de formulários no *Microsoft Forms*®, uma vez que esses dados estavam disponíveis apenas em formato manual, sem histórico digital acessível.

Para complementar a coleta de dados, realizaram-se entrevistas semiestruturadas com profissionais-chave da operação. Primeiramente, foi entrevistado o responsável pelo processo, com o objetivo de entender as dificuldades enfrentadas na tomada de decisão e os desafios de gestão dos sistemas de tratamento de água para injetáveis. Esse contato inicial ajudou a identificar as lacunas de informação no processo de gestão.

Em seguida, as entrevistas foram ampliadas para incluir os operadores do setor, a fim de compreender quais informações careciam de visibilidade no cotidiano das operações. Essas conversas forneceram *insights* importantes sobre as dificuldades na comunicação e nas

informações necessárias para uma tomada de decisão eficiente e incluídas nos *dashboards* do BI. Ao longo de seis meses, a pesquisa foi acompanhada por reuniões periódicas de alinhamento.

2.3 Desenvolvimento de ferramenta para inserção de dados – “Data Source”

Com a estratégia de coleta dos dados definida, foram desenvolvidas duas ferramentas para a inserção das informações. A primeira, criada no *Microsoft Excel®* com uso de VBA, teve como objetivo garantir a integridade e precisão dos dados utilizados nas análises de vazão, condutividade, pH e Carbono Orgânico Total [TOC]. A segunda foi um formulário desenvolvido no *Microsoft Forms®*, voltado ao uso pelo time operacional, durante a leitura dos hidrômetros e horímetros dos poços semi artesianos de captação de água bruta, bem como dos hidrômetros setorizados nas áreas consumidoras.

2.4 Armazenamento de dados – “Data Warehouse”

Os dados processados serviram como fonte para a criação de um repositório centralizado, e foram armazenados de forma estruturada na ferramenta *Power Query®* para a etapa de transformação. Nessa fase, foram realizadas atividades como limpeza, filtragem e outras adaptações necessárias para atender às demandas do projeto. Em seguida, foram estabelecidos critérios para verificar a integridade, consistência e qualidade das informações, o que assegurou a confiabilidade das análises e relatórios.

2.5 Visualização de dados – “Data Visualization”

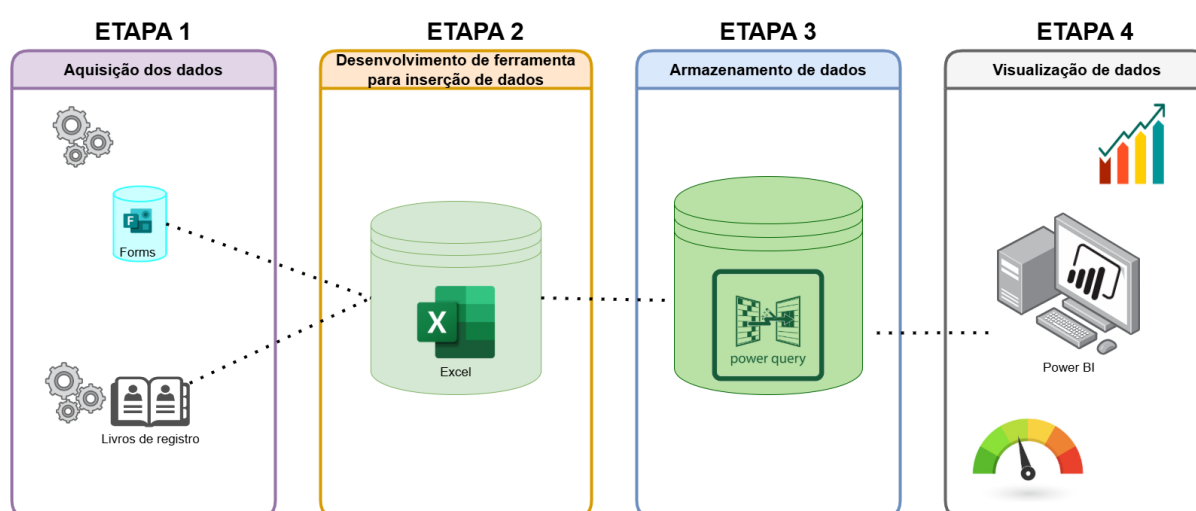
Para comunicar os *insights* de forma clara, foram desenvolvidas representações visuais – como gráficos e *dashboards* em *Power BI®* - com elementos interativos que possibilitaram aos gestores explorar os dados de forma detalhada e intuitiva. Após a implementação, os resultados foram integrados de volta aos processos de negócios para influenciar decisões e estratégias. O desempenho das soluções em BI foi monitorado continuamente, com ajustes realizados quando necessário para garantir o alcance dos objetivos estabelecidos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir os resultados obtidos com a implementação de BI, com foco na centralização dos indicadores operacionais do setor de tratamento de água em uma indústria farmacêutica. A análise buscou evidenciar o impacto direto do BI na melhoria da tomada de decisão, alinhando-se ao

entendimento de Citroën (2011) sobre a importância da coleta e do gerenciamento estratégico das informações para estruturar tomadas de decisão eficazes, especialmente para monitorar a qualidade da água e detectar eventuais irregularidades, conforme ressaltado por McCormick (2002). A implementação seguiu quatro etapas descritas – aquisição dos dados, desenvolvimento de ferramentas para inserção de dados, armazenamento de dados e visualização de dados (Figura 1):

Figura 1 – Representação esquemática das etapas de implementação do BI



Fonte: Dos autores (2024)

3.1 Aquisição dos dados – “Data Operational”

Para a etapa de aquisição dos dados, foram avaliados os métodos de registro utilizados no setor de tratamento de água. No cenário atual, a responsabilidade pelos registros do processo era do time operacional, que os armazenava em livros de registro manuais. No entanto, conforme apontam Marques e Pedro (2021), muitas empresas do ramo ainda apresentam dificuldades na gestão e no acesso eficiente aos dados relacionados ao tratamento de água. Diante desse cenário, a gestão do setor decidiu, após diversas reuniões, migrar o registro dos parâmetros de vazão, condutividade, pH e Carbono Orgânico Total [TOC] para planilhas eletrônicas no *Microsoft Excel*®, com início em abril de 2024. Essa decisão foi tomada devido à ausência de um histórico digital, uma vez que os registros anteriores existiam apenas em documentação física. Para garantir a precisão e a consistência dos dados, foi definido um protocolo de coleta de amostras: diariamente, três

coletas de cada parâmetro eram realizadas em cada um dos dez pontos de medição, o que totalizava 30 resultados por dia.

Em relação aos parâmetros de consumo e captação de água, as informações eram obtidas por meio da leitura dos hidrômetros e horímetros durante as rondas operacionais. Esses dados foram registrados por meio de formulários no *Microsoft Forms*®, com uma coleta diária em cada um dos onze pontos de medição, o que gerava onze resultados por dia. Nas reuniões, decidiu-se que os parâmetros de consumo de água, anteriormente registrados em livros de registro, passariam a ser inseridos no formulário a partir de janeiro de 2024.

A digitalização dos dados, como ressaltado por Ramos e Santos (2006), tem como objetivo transformar informações brutas em uma base sólida para a tomada de decisões, por meio de ferramentas de BI. Essa mudança permitiu uma organização mais eficiente dos dados, o que, por sua vez, possibilitou sua análise posterior com o uso de ferramentas adequadas. A implementação de um sistema digital representou, portanto, um passo crucial para aprimorar a gestão e otimizar o processo decisório.

Para assegurar a confiabilidade e a relevância dos dados coletados, estabeleceu-se uma interação indireta com os participantes do estudo, por meio da utilização de registros arquivados e dados atuais. Este procedimento visou integrar um histórico consistente de informações, o que permitiu uma análise mais abrangente e precisa dos parâmetros relacionados ao tratamento de água ao longo do tempo.

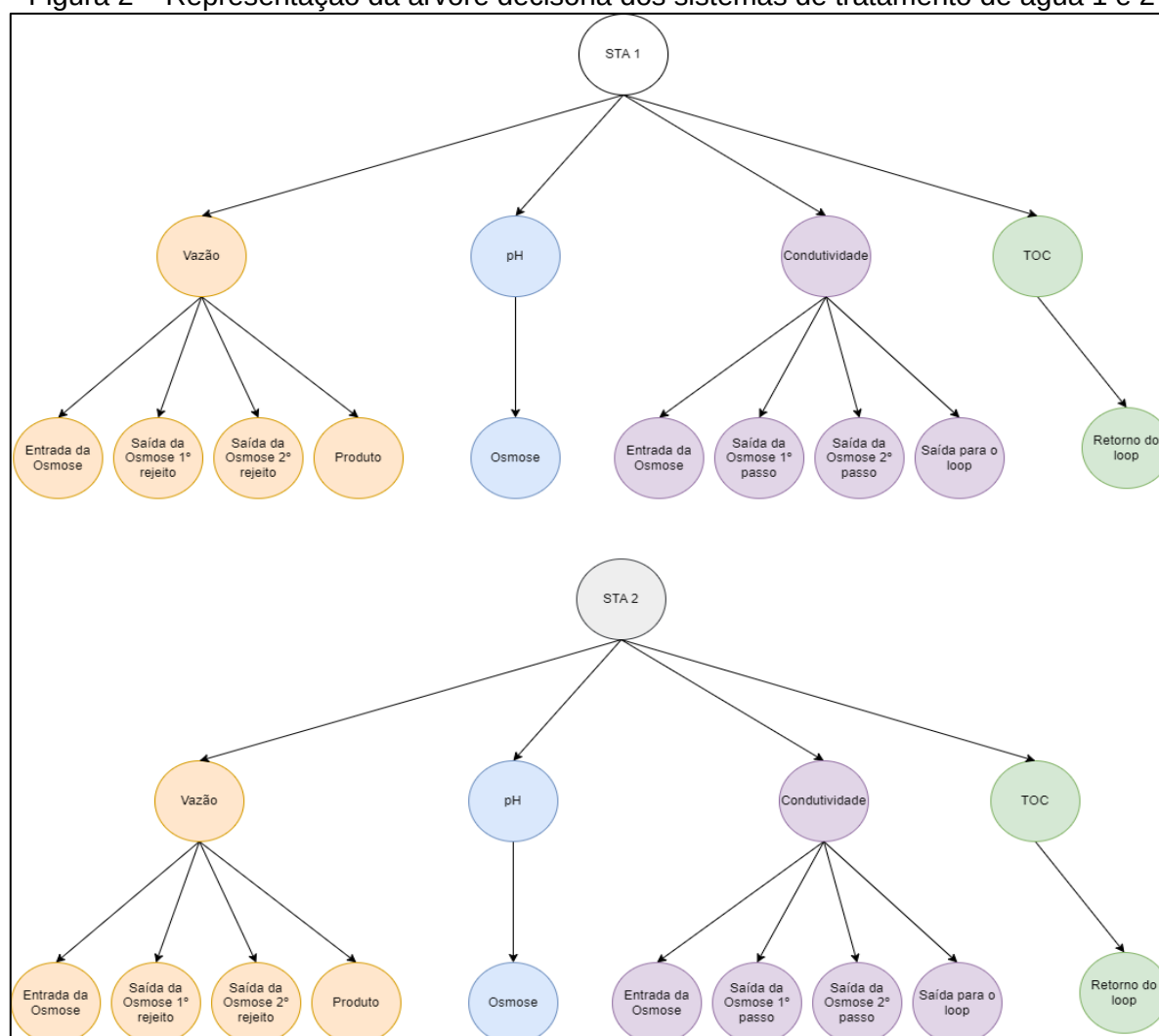
3.2 Desenvolvimento de ferramenta para inserção de dados – “Data Source”

Após a definição da estratégia de coleta dos dados, o desenvolvimento da ferramenta para inserção de informações foi dividido em: Parâmetros, referentes aos dados anteriormente registrados em livros de registro e que seriam digitados manualmente no *Microsoft Excel*®, como os valores de vazão, condutividade, pH e Carbono Orgânico Total [TOC]; e consumo, composto por informações coletadas *in loco* durante as rondas operacionais, que exigiam deslocamento e seriam digitalizadas por meio de formulários no *Microsoft Forms*®. Nessa categoria, incluem-se as leituras de hidrômetros e horímetros, utilizadas para o cálculo do consumo diário de água da fábrica.

Para os itens considerados como Parâmetros, foram criadas duas árvores decisórias referentes aos parâmetros monitorados nos sistemas de tratamento de água 1 e 2. A estrutura foi

elaborada com base no processo e nas etapas do sistema, para fornecer uma navegação clara e organizada ao usuário durante o desenvolvimento das ferramentas de inserção de dados. Essa organização lógica visa orientar o usuário pelas opções disponíveis (Figura 2):

Figura 2 – Representação da árvore decisória dos sistemas de tratamento de água 1 e 2



Fonte: Dos autores (2024)

Nota: Sistema de tratamento de água 1 [STA 1]; Sistema de tratamento de água 2 [STA 2]; Potencial hidrogeniônico [pH]; Carbono Orgânico Total [TOC]

Com base na árvore decisória, foi desenvolvido, em VBA®, um Userform® no Microsoft Excel®, para facilitar o acesso e reduzir a ocorrência de erros durante o lançamento pelo time

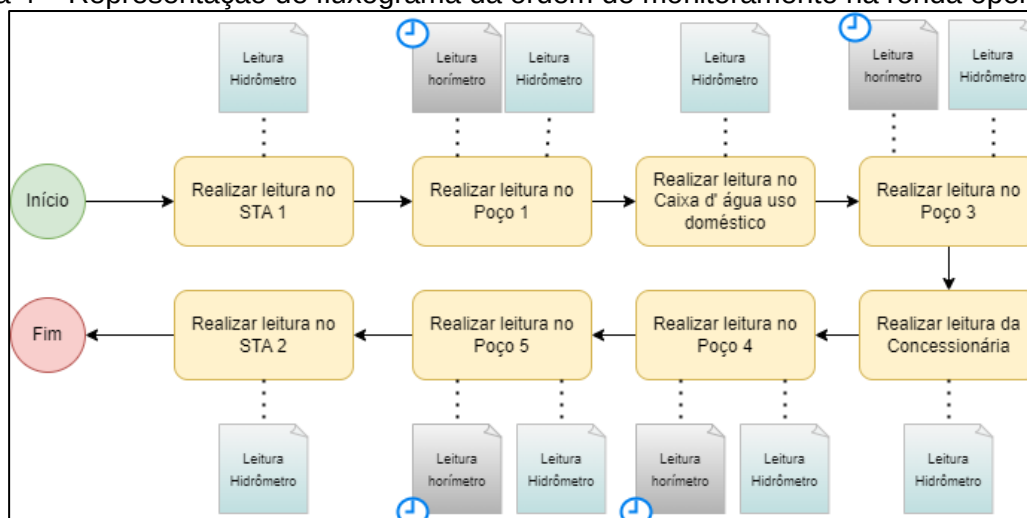
operacional (Figura 3). O *Userform®* permitia a seleção do setor e do parâmetro desejado, e, com base nas decisões anteriores, disponibilizava os campos necessários para o registro dos resultados em cada ponto de medição. Para garantir a segurança das informações, o acesso ao banco de dados foi protegido por senha, disponibilizada apenas ao gestor da área, o que evitou qualquer alteração ou modificação por usuários do nível operacional.

Figura 3 – *UserForm®* para lançamento dos dados – Dados gerais

Fonte: Dos autores (2024)

Para os itens considerados como Consumo, foi criado um fluxograma da ordem de monitoramento durante a ronda operacional que exigia deslocamento (Figura 4). Esse fluxograma foi desenvolvido para fornecer uma estrutura clara e sequencial no formulário para preenchimento.

Figura 4 – Representação de fluxograma da ordem de monitoramento na ronda operacional



Fonte: Dos autores (2024)

Com base no fluxograma, foi elaborado, no *Microsoft Forms®*, um formulário digital correspondente à ronda operacional realizada na fábrica. O objetivo do formulário foi otimizar e padronizar a coleta de dados, com a finalidade de assegurar a precisão e a consistência das informações registradas, conforme ressaltam Larson e Chang (2016).

O formulário iniciou com campos destinados ao registro das informações básicas da coleta, como o nome do responsável, a data e o horário da medição, o que assegura a rastreabilidade e a responsabilização pelos dados inseridos. Em seguida, apresentou um procedimento padrão para a leitura dos hidrômetros, acompanhado de imagens explicativas que auxiliaram na correta execução da tarefa. Esse procedimento padronizado visou minimizar erros e garantir que todas as leituras sejam realizadas de maneira uniforme, independentemente do operador.

Essa padronização e digitalização da coleta de dados estavam alinhadas com o conceito de BI, conforme discutido por Larson e Chang (2016), que ressaltam a importância de organizar e estruturar informações para facilitar a tomada de decisões informadas. A utilização do formulário digital para padronizar as medições e garantir a precisão dos dados reflete a aplicação de práticas de BI, cujo objetivo foi transformar dados brutos em informações úteis e acessíveis, o que resultou em um melhor entendimento e controle dos processos operacionais.

Após a apresentação do procedimento padrão, o formulário solicitou as leituras dos hidrômetros. Os campos para inserção dessas leituras foram definidos como obrigatórios e organizados conforme a ordem estabelecida no fluxograma da ronda. Essa abordagem ordenada facilitou o trabalho dos operadores e assegurou que todas as medições necessárias fossem realizadas e registradas (Figura 5).

Figura 5 – Exemplificação do formulário – Tela inicial e dados da ronda

The figure displays four sequential smartphone screens from a mobile application. The first screen, titled 'Monitoramento do consumo diário de água', features a line graph and a 'Iniciar agora' button. The second screen, labeled '1', prompts the user to 'Insira a data da realização da ronda' with a date picker. The third screen, labeled '2', asks for the 'Insira o horário da realização da ronda' (15:30 to 17:00) and a 'Responsável'. The fourth screen, labeled '3', shows a 'SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA 1' section with a photo of a water meter and a field for 'Insira a medição do hidrômetro'. A fifth screen, labeled '4', shows a 'SISTEMA DE TRATAMENTO DE ÁGUA 1' section with a photo of a water meter and a field for 'Insira a medição do hidrômetro'.

Fonte: Dos autores (2024)

Essas abordagens proporcionaram uma interface intuitiva e eficiente para o lançamento de dados, o que resultou em maior agilidade e precisão nas atividades operacionais relacionadas ao monitoramento e controle dos processos. Desse modo, todos os dados foram lançados e armazenados em planilhas *Microsoft Excel®*, disponibilizadas na rede da empresa para acesso do time de gestão do setor.

Essa prática de organização e armazenamento está alinhada aos princípios de BI, conforme destacado por Moss (2003), que afirma que o uso de ferramentas como planilhas digitais permite uma análise mais rápida e estratégica das informações, o que favorece a melhoria da tomada de decisões. O armazenamento dos dados em formato acessível e estruturado aumentou a transparência das informações e facilitou o acesso das equipes envolvidas, aspecto fundamental para a implementação de soluções de BI em ambientes corporativos.

3.3 Armazenamento de dados – “Data Warehouse” e visualização de dados – “Data Visualization”

Todos os dados coletados foram lançados e armazenados em planilhas no *Microsoft Excel®*, disponibilizadas na rede da empresa para acesso do time de gestão do setor, conforme alinhado nas reuniões. Para melhorar a visualização e a análise dos dados, foram desenvolvidas *dashboards* no *Power BI®*.

Para a estruturação do *Data Warehouse*, foram estabelecidos critérios voltados à seleção, padronização e organização das informações provenientes dos sistemas de tratamento de água. Esses critérios contemplaram a relevância dos dados para o monitoramento operacional, a consistência entre diferentes fontes, a eliminação de redundâncias, a padronização de nomenclaturas e unidades de medida, bem como a definição de uma estrutura que favorecesse consultas históricas e análises gerenciais. Tais procedimentos estão alinhados aos princípios de gestão da qualidade dos dados amplamente discutidos na literatura, como os atributos de consistência, completude, confiabilidade e acessibilidade, permitindo que as informações consolidadas ofereçam suporte efetivo às atividades de monitoramento e tomada de decisão.

Os *dashboards* foram organizados em três telas distintas. A primeira, intitulada STA 1 foi projetada para o acesso do time operacional e permitiu a avaliação dos parâmetros do setor de Tratamento de Água 1 [STA 1]. Sua interface foi intuitiva permitiu uma visualização clara e detalhada dos dados específicos deste setor, além de facilitar a identificação de tendências e possíveis anomalias (Figura 6):

Figura 6 – *Dashboard* em Power BI® - Visão sistema de tratamento de água 1



Fonte: Dos autores (2024)

STA 2: Similar à tela STA 1, esta foi desenvolvida para o time operacional do setor de Tratamento de Água 2 [STA 2]. Ela permitiu a avaliação detalhada dos parâmetros desse setor e assegurou à equipe um acesso rápido e eficiente às informações necessárias para a tomada de decisões e a manutenção dos processos (Figura 7):

Figura 7 – Dashboard em Power BI® - Visão sistema de tratamento de água 2



Fonte: Dos autores (2024)

Gestão: Esta tela reuniu os valores na visão mensal, direcionada ao monitoramento de evoluções e na identificação de *gaps*. A interface proporcionou uma visão macro dos dados coletados, o que facilitou o acompanhamento de tendências ao longo do tempo, o monitoramento de performance e a identificação de áreas com necessidades de melhorias (Figura 8):

Figura 8 – Dashboard em Power BI® - Visão Gestão



Fonte: Dos autores (2024)

Os dashboards do Power BI® foram desenvolvidos para serem interativos e dinâmicos, o que permitiu aos usuários filtrar e explorar os dados conforme a necessidade. Com isso, a equipe de gestão passou a monitorar com mais eficiência os processos, identificar rapidamente problemas e tomar decisões com base em dados concretos. Além disso, a integração das informações no Power BI® facilitou a comunicação entre os times operacional e de gestão, o que fortaleceu a cultura de transparência e colaboração dentro da empresa. A implementação dessas ferramentas foi fundamental para apoiar as decisões estratégicas da empresa, conforme ressaltado por Muntean (2018). Além disso, o processo estruturado de coleta, organização, análise e apresentação dos dados, descrito por Larson e Chang (2016), foi claramente observado na prática, refletindo-se na melhoria da qualidade das informações disponíveis para a tomada de decisão.

A criação do dashboard no Power BI® trouxe diversas vantagens significativas para a gestão e o monitoramento dos dados:

1. Acesso centralizado – os *dashboards* ficaram disponíveis na rede da empresa, o que assegurou que todos os membros das equipes de gestão e operação tivessem acesso rápido e eficiente às informações necessárias;
2. Visualização interativa – os *dashboards* permitiu a criação de visualizações que facilitam a exploração das informações. Os usuários puderam: Filtrar, detalhar e comparar dados de maneira dinâmica, o que melhorou a compreensão e a tomada de decisões;
3. Monitoramento contínuo – o aumento da visibilidade dos dados contribuiu para uma maior conscientização dos colaboradores sobre o desempenho dos processos; Identificação de tendências e problemas - a análise dos dados por meio dos *dashboards* permitiu a identificação proativa de padrões e falhas;
4. Interface acessível – a ferramenta apresentou uma interface amigável, adequada a usuários com diferentes níveis de habilidade técnica, o que possibilitou o aproveitamento pleno das capacidades analíticas da ferramenta.

A implementação dos *dashboards* no *Power BI*® aprimorou significativamente a eficiência do monitoramento das informações, ao mesmo tempo em que fortaleceu a cultura organizacional voltada para a melhoria contínua baseada em dados. Essa transformação digital está alinhada ao que Muntean (2018) descreve sobre o uso de *Business Intelligence*: uma estratégia que permite às organizações compreenderem melhor seu ambiente e tomar decisões fundamentadas com base em análises visuais e integradas. A adoção do *Power BI*®, portanto, consolidou-se como uma ferramenta de apoio com a melhoria contínua por meio de informações confiáveis e acessíveis.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o presente estudo desenvolveu uma ferramenta de apoio à decisão, baseada em técnicas de *Business Intelligence*, para otimizar a gestão do sistema de tratamento de água em uma indústria farmacêutica. A implementação de uma solução baseada em *Business Intelligence* no sistema de tratamento de água *Water for Injection* [WFI] consolidou avanços significativos não apenas na gestão dos indicadores operacionais, mas também na maturidade da inteligência de negócios aplicada ao contexto farmacêutico. A digitalização dos registros, anteriormente realizados de forma manual, por meio de ferramentas como *Microsoft Excel*® e *Microsoft Forms*® estabeleceu um marco na sistematização dos processos, o que evidencia os preceitos discutidos ao transformar dados operacionais brutos em ativos estratégicos de informação.

Sob a ótica das regras de negócio, a padronização dos fluxos de entrada, validação e análise de dados assegurou a integridade e rastreabilidade das informações, elementos críticos em ambientes regulados. Os *dashboards* construídos no *Power BI*®, com visualizações interativas e em tempo real, permitiram não apenas o monitoramento contínuo dos processos, mas também a antecipação de desvios e a resposta ágil a não conformidades, em consonância com os modelos de gestão orientada por dados.

A implementação do *Business Intelligence* promoveu melhorias significativas no processo de monitoramento do sistema de tratamento de água, sobretudo no que se refere à agilidade na obtenção e interpretação das informações. Antes da implantação, a análise dos dados dependia da consolidação manual de registros provenientes de diferentes fontes, tornando o processo mais demorado e sujeito a inconsistências. Com a centralização das informações em um único ambiente visual, os responsáveis passaram a acompanhar os indicadores em tempo real, reduzindo o tempo necessário para identificação de desvios e permitindo respostas mais rápidas às ocorrências operacionais.

Além da agilidade, observou-se um aumento na confiabilidade das análises realizadas. A automatização da coleta, organização e apresentação dos dados minimizou erros decorrentes da manipulação manual das informações, proporcionando maior consistência aos registros utilizados na tomada de decisão. A disponibilidade de históricos, gráficos e indicadores consolidados também favoreceu análises comparativas e o acompanhamento contínuo do desempenho do sistema, contribuindo para decisões mais fundamentadas e para um maior controle do processo de tratamento de água.

Embora este estudo tenha priorizado a concepção e a implementação da solução de *Business Intelligence*, sem a definição prévia de indicadores quantitativos para mensuração dos ganhos, os resultados evidenciam benefícios operacionais relacionados à melhoria da qualidade das informações, ao aumento da velocidade das análises e ao suporte à tomada de decisão. Como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se a utilização de métricas específicas, tais como tempo médio de consolidação dos dados, tempo de resposta a desvios, número de ocorrências identificadas preventivamente e indicadores de confiabilidade do processo, permitindo quantificar com maior precisão os impactos da ferramenta no desempenho operacional.

Além dos ganhos operacionais, a solução desenvolvida contribui para o fortalecimento das práticas de integridade dos dados no contexto do sistema de tratamento de água da indústria farmacêutica. A centralização das informações em um ambiente único de *Business Intelligence*, associada à atualização automatizada dos dados e à padronização dos indicadores, reduz a ocorrência de inconsistências decorrentes da manipulação manual das informações, favorecendo a rastreabilidade e a confiabilidade dos registros utilizados no monitoramento do processo. Esses aspectos são compatíveis com os princípios de boas práticas de fabricação (BPF), ao fornecerem maior transparência, consistência e disponibilidade das informações para análise e tomada de decisão.

Ressalta-se, contudo, que o *dashboard* não substitui os mecanismos formais de validação dos sistemas computadorizados exigidos pelos órgãos reguladores, nem constitui, isoladamente, um mecanismo de conformidade regulatória. Sua principal contribuição consiste em apoiar a gestão das informações por meio da consolidação, visualização e acompanhamento contínuo dos dados operacionais, criando um ambiente mais favorável ao atendimento dos requisitos de qualidade e integridade dos dados previstos nas normas aplicáveis ao setor farmacêutico. Assim, a utilização de ferramentas de *Business Intelligence* pode ser compreendida como um elemento de apoio às práticas de governança de dados, complementando os controles já existentes na organização.

Vale destacar que este estudo apresenta algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Primeiramente, trata-se de um estudo de caso único, desenvolvido em uma única empresa e aplicado a no caso específico de tratamento de água, o que limita a generalização dos resultados para outros contextos organizacionais. Além disso, a solução proposta não foi submetida a uma validação externa em outras organizações ou segmentos industriais, restringindo as evidências de sua aplicabilidade em diferentes cenários. Por fim, a implementação do *dashboard* baseou-se em ferramentas proprietárias do ecossistema *Microsoft*, o que pode representar limitações relacionadas a custos de licenciamento, compatibilidade tecnológica e replicação da solução em ambientes que utilizem outras plataformas.

O conjunto de indicadores operacionais monitorados pelo *dashboard*, incluindo parâmetros de qualidade da água, desempenho dos equipamentos, ocorrência de desvios e histórico das análises, demonstrou ser um importante instrumento para o acompanhamento contínuo do processo. A integração dessas informações em uma única plataforma ampliou a capacidade de

monitoramento, favorecendo decisões mais ágeis, maior rastreabilidade e suporte às práticas de gestão da qualidade no ambiente farmacêutico.

Para a empresa, os benefícios envolveram ganhos em eficiência, conformidade e tomada de decisão baseada em evidências. Os usuários do sistema, especialmente as equipes operacionais e gerenciais, passaram a atuar de forma mais integrada e estratégica. Para o consumidor final, representado pelo setor produtivo, o impacto se refletiu em maior segurança, qualidade e confiabilidade dos produtos, o que fortaleceu a reputação e a competitividade da organização no setor farmacêutico.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Guia de qualidade para sistemas de purificação de água para uso farmacêutico. Brasília, DF: ANVISA, 2013. p. 5-28.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTI, J. E. W. A.; CAVALCANTI, M. J.; SEVERINO, A.; PICOLO, I. T.; SILVA, J. A.; BOTELHO, M. H.; CLETO FILHO, O. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1993.
- BORSANI, R.; FAZIO, M.; FERRANDO, B. Industrial water production by utilization of a reverse osmosis and an evaporation plant. *Desalination*, v. 108, n. 1-3, p. 231-245, 1997.
- CARREGARI, D. A. G.; CAVICHIOLI, F. A. Projeto de reengenharia da osmose reversa duplo-passo UCBVet. *Revista Interface Tecnológica*, v. 15, n. 1, p. 447-459, 2018.
- CITROËN, C. The role of information in strategic decision-making. *International Journal of Information Management*, v. 31, n. 6, p. 493-501, 2011.
- CRESWELL, J. W.; CRESWELL, J. Projeto de pesquisa: Métodos qualitativos, quantitativos e misto. Penso, 5. Ed. Porto Alegre, 2021.
- FONTANELLA, B. J. B.; LUCHESI, B. M.; SAIDEL, M. G. B.; RICAS, J.; TURATO, E. R.; MELO, D. G. Amostragem em pesquisas qualitativas: proposta de procedimentos para constatar saturação teórica. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 27, n. 2, p. 388-394, 2011.
- FUNO, A. J.; RODRIGUES, A. Indústria 4.0: tecnologias implantadas no processo produtivo de uma indústria de máquinas agrícolas. *COLÓQUIO. Revista do Desenvolvimento Regional*, v. 22, n. 2, p. 258-276, 2025.
- GRIEBELER, D. D. F.; JUSTEN, G. C. Industrial Visual Management - A valuable technique in identifying failures in manufacturing processes. *Revista e-TECH: Tecnologias para Competitividade Industrial*, v. 18, n. 1, p. 1-21, 2025.

- LARSON, D.; CHANG, V. A review and future direction of agile, business intelligence, analytics and data science. *International Journal of Information Management*, v. 36, n. 5, p. 700-710, 2016.
- MARQUES, M. S.; PEDRO, M. A. M. Estudo de tratamentos de água utilizados na indústria farmacêutica e de cosméticos. *Revista Científica UNILAGO*, v. 1, n. 1, p. 8-23, 2021.
- McCORMICK, K. Water for pharmaceutical uses. *Pharmaceutical Engineering Quality*, v. 2, n. 13, p. 193-217, 2002.
- MENDONÇA, A. A. R.; OLIVEIRA, E. C. C. de; SILVA, J. C. da; SANTOS, S. E. B. dos; OLIVEIRA, C. M. S. de. Análise Comparativa de Técnicas de Purificação da Água para a Indústria Farmacêutica: Revisão Integrativa. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, v. 11, n. 4, p. 2654–2666, 2025.
- MUNTEAN, M. Business intelligence issues for sustainability projects. *Sustainability*, v. 10, n. 2, p. 335, 2018.
- MOSS, L. T. *Business intelligence roadmap: the complete project lifecycle for decision-support applications*. Boston: Addison-Wesley, 2003.
- PATIL, A. *et al.* Data integrity best practices in pharmaceutical quality assurance: a thorough review. *Research & Reviews: A Journal of Pharmaceutical Science*, v. 15, n. 2, p. 45-54, 2024.
- RAMOS, I.; SANTOS, M. Y. *Business intelligence: tecnologias da informação na gestão do conhecimento*. 2. ed. Lisboa: FCA Editora de Informática, 2006.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- ZOCCOLANTE, G. Métodos de produção de água para injeção. *Água Ultrapure*, v. 24, p. 16-20, 2007.