R&THI Revista Eletrônica de Tecnologia, Humanidades e Inovação
ISSN: 3086-4135

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE RASTREABILIDADE PARA REGISTRO DE MANUTENÇÕES EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

DEVELOPMENT OF A TRACEABILITY SYSTEM FOR RECORDING MAINTENANCE IN WATER SUPPLY SYSTEMS

Anna Laryssa Madeira de Carvalho Santos Pereira[1], Liriane Gonçalves Barbosa[2]

[1] Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão – São Luís, MA – Brasil;
[2] Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL - Imperatriz, MA – Brasil;

Email: annalaryssa.eng@gmail.com; https://lattes.cnpq.br/0669743249241649[1];
Email: liriane.barbosa@uemasul.edu.br; http://lattes.cnpq.br/4515605177734618[2]

DOI: https://doi.org/00000000000

Resumo

A gestão eficiente das manutenções em sistemas de abastecimento de água depende da disponibilidade de informações técnicas confiáveis que permitam acompanhar o histórico das intervenções realizadas e subsidiar a tomada de decisões operacionais. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo desenvolver um sistema simplificado de rastreabilidade para registro das manutenções realizadas em sistemas de abastecimento de água operados pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA). A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com abordagem qualitativa, fundamentada na observação da rotina operacional, na análise dos procedimentos de manutenção e na identificação das limitações dos registros atualmente utilizados. A partir do diagnóstico realizado, foram desenvolvidos modelos padronizados de relatórios pré e pós-manutenção, bem como um aplicativo para registro das informações técnicas em campo. A solução proposta possibilita o registro estruturado de dados relacionados à ocorrência, aos serviços executados, aos materiais utilizados e à condição final do sistema após a intervenção. Os resultados demonstraram potencial para melhorar a organização das informações, ampliar a rastreabilidade das manutenções e fortalecer a construção do histórico técnico dos sistemas de abastecimento de água. Além disso, a proposta contribui para a redução da perda de informações operacionais, favorecendo o planejamento das atividades de manutenção e o apoio à tomada de decisão. Conclui-se que a integração entre procedimentos padronizados de registro e ferramentas digitais constitui uma alternativa viável para o aprimoramento da gestão operacional em serviços de saneamento.

Palavras-chave: Abastecimento de Água, Manutenção, Rastreabilidade, Saneamento, Gestão Operacional.

Abstract

Efficient maintenance management in water supply systems relies on the availability of reliable technical information that allows for tracking the history of interventions and supports operational decision-making. In this context, this study aimed to develop a simplified traceability system to record maintenance activities in water supply systems operated by the Environmental Sanitation Company of Maranhão (CAEMA). The research is characterized as applied and qualitative, based on the observation of operational routines, the analysis of maintenance procedures, and the identification of limitations in current record-keeping methods. Based on the diagnosis, standardized pre- and post-maintenance report templates were developed, along with a mobile application for recording technical data in the field. The proposed solution enables the structured recording of data regarding the incident, services performed, materials used, and the system's final condition following the intervention. The results demonstrated the potential to improve information organization, enhance maintenance traceability, and strengthen the technical history of water supply systems. Furthermore, the proposal helps reduce the loss of operational information, thereby facilitating maintenance planning and supporting decision-making. It is concluded that integrating standardized recording procedures with digital tools offers a viable alternative for improving operational management in sanitation services.

Keywords: Water Supply, Maintenance, Traceability, Sanitation, Operational Management.

1. Introdução

Os sistemas de abastecimento de água desempenham papel fundamental na promoção da saúde pública, no desenvolvimento socioeconômico e na melhoria da qualidade de vida da população. No Brasil, o abastecimento de água integra os serviços de saneamento básico regulamentados pela Lei nº 11.445/2007, que estabelece diretrizes para a prestação adequada, contínua e eficiente desses serviços (Brasil, 2007). Nesse contexto, a operação e a manutenção dos sistemas de abastecimento tornam-se atividades indispensáveis para garantir a regularidade do fornecimento de água e a confiabilidade das infraestruturas envolvidas.

A literatura especializada destaca que a eficiência dos sistemas de abastecimento depende não apenas do correto dimensionamento das estruturas hidráulicas, mas também da adoção de práticas adequadas de operação e manutenção (Tsutiya, 2004). Falhas em redes de distribuição, reservatórios, estações elevatórias e equipamentos eletromecânicos podem comprometer a continuidade do abastecimento e gerar impactos econômicos e operacionais significativos para as companhias de saneamento.

Nas últimas décadas, diversos estudos têm enfatizado a importância da gestão da manutenção como estratégia para aumentar a confiabilidade dos sistemas e otimizar recursos operacionais. Segundo Kardec e Nascif (2013), a manutenção moderna deve ser compreendida como uma função estratégica capaz de contribuir para a preservação dos ativos e para a melhoria do desempenho organizacional. Nesse cenário, o registro sistemático das intervenções realizadas constitui um elemento essencial para subsidiar o planejamento, o monitoramento e a tomada de decisões relacionadas à manutenção.

Entretanto, um dos desafios ainda presentes em organizações de saneamento refere-se à rastreabilidade das intervenções executadas em campo. Em muitos casos, as informações técnicas são registradas de forma parcial ou dispersa, dificultando a construção de históricos confiáveis das ocorrências e limitando a identificação de falhas recorrentes. A ausência de registros padronizados compromete o acompanhamento das manutenções realizadas e reduz o potencial de utilização dos dados como ferramenta de gestão.

Com o avanço das tecnologias digitais, surgem novas possibilidades para o aprimoramento dos processos operacionais. Ferramentas computacionais e aplicativos móveis têm sido utilizados em diferentes setores para apoiar a coleta, o armazenamento e a recuperação de informações em tempo real, contribuindo para a melhoria da organização dos dados e para o aumento da eficiência operacional. No setor de saneamento, essas tecnologias apresentam potencial para fortalecer a rastreabilidade das manutenções e ampliar a disponibilidade de informações para apoio à gestão.

No âmbito da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA), observou-se a necessidade de aperfeiçoar os mecanismos de registro das manutenções realizadas nos sistemas de abastecimento de água. Embora a Ordem de Serviço represente importante instrumento administrativo e operacional, sua utilização isolada nem sempre possibilita o registro detalhado das informações técnicas necessárias para a construção de um histórico estruturado das intervenções realizadas.

Diante desse contexto, o presente trabalho justifica-se pela necessidade de desenvolver mecanismos que contribuam para a organização das informações operacionais, ampliem a rastreabilidade das manutenções e apoiem a gestão dos sistemas de abastecimento de água. Além de favorecer o controle das intervenções realizadas, a proposta busca contribuir para a melhoria do planejamento das atividades de manutenção e para a utilização mais eficiente das informações técnicas produzidas em campo.

Portanto, o objetivo deste estudo consiste em desenvolver um sistema simplificado de rastreabilidade para registro das manutenções realizadas em sistemas de abastecimento de água, por meio da padronização dos registros operacionais e do desenvolvimento de uma ferramenta digital destinada ao acompanhamento das intervenções executadas em campo.

2. Materiais e Métodos

A presente pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem qualitativa e natureza descritiva, uma vez que buscou compreender um problema existente no contexto operacional dos sistemas de abastecimento de água e desenvolver uma solução voltada à melhoria dos processos de registro das manutenções. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada tem como finalidade gerar conhecimentos destinados à solução de problemas específicos, enquanto a abordagem qualitativa permite compreender fenômenos inseridos em contextos reais e analisar aspectos relacionados às práticas desenvolvidas pelos sujeitos envolvidos (Minayo, 2014). Quanto aos objetivos, o estudo é classificado como descritivo, pois procurou analisar as características do processo de manutenção adotado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) e identificar limitações relacionadas à rastreabilidade das intervenções realizadas, conforme classificação proposta por Gil (2022).

O estudo foi desenvolvido na Regional da CAEMA localizada no município de São João dos Patos, Maranhão, unidade responsável pela operação e manutenção dos sistemas de abastecimento de água da região. A condução da pesquisa ocorreu a partir da observação direta das atividades relacionadas ao processo de manutenção, abrangendo desde a identificação das ocorrências até o encerramento das Ordens de Serviço. A observação direta possibilitou compreender a dinâmica operacional adotada pela companhia, permitindo identificar os fluxos de informação, os instrumentos utilizados para registro das intervenções e as principais dificuldades relacionadas à organização dos dados. De acordo com Marconi e Lakatos (2021), a observação constitui uma importante técnica de coleta de dados, especialmente quando o pesquisador busca compreender fenômenos em seu ambiente natural de ocorrência.

Além da observação das atividades operacionais, realizou-se a análise documental de Relatórios de Atendimento (RA), Ordens de Serviço (OS) e demais registros utilizados pela companhia para acompanhamento das manutenções. Essa etapa permitiu identificar quais informações eram efetivamente registradas durante as intervenções e quais lacunas comprometiam a construção de um histórico técnico confiável das ocorrências. A análise dos documentos possibilitou verificar a ausência de padronização em determinadas informações e evidenciou limitações relacionadas à rastreabilidade das manutenções executadas.

Com base nos dados obtidos durante a fase de diagnóstico, foram definidos os requisitos considerados essenciais para garantir maior controle das informações técnicas geradas durante as intervenções. A partir desses requisitos, foram elaborados modelos de Relatório Pré-Manutenção e Relatório Pós-Manutenção, estruturados para registrar informações relacionadas à ocorrência, aos serviços executados, aos materiais utilizados, à equipe responsável e à condição final do sistema após a intervenção. A construção desses instrumentos buscou atender às necessidades identificadas na rotina operacional da companhia, priorizando a simplicidade de preenchimento e a padronização dos registros.

Posteriormente, foi desenvolvido um aplicativo para dispositivos móveis destinado ao registro digital das manutenções realizadas em campo. O desenvolvimento da solução foi orientado pelos princípios da Design Science Research (DSR), abordagem metodológica voltada à criação de artefatos capazes de solucionar problemas identificados em contextos organizacionais (Dresch; Lacerda; Antunes Júnior, 2015). A ferramenta foi desenvolvida em ambiente Python e estruturada de acordo com os formulários elaborados durante a pesquisa, permitindo o registro padronizado das

informações operacionais, o armazenamento dos dados e a recuperação dos históricos das intervenções realizadas.

A avaliação da proposta ocorreu por meio da análise comparativa entre o fluxo operacional utilizado pela companhia e o fluxo proposto neste estudo. Foram considerados aspectos relacionados à organização das informações, padronização dos registros, rastreabilidade das intervenções e potencial de utilização dos dados para apoio ao planejamento e à tomada de decisão. Essa análise permitiu verificar a viabilidade da solução desenvolvida e sua contribuição para o aprimoramento dos processos de manutenção em sistemas de abastecimento de água.

3. Resultados e Discussões

A análise da rotina operacional da Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão (CAEMA) permitiu identificar limitações relacionadas ao registro das informações técnicas das manutenções realizadas em sistemas de abastecimento de água. Observou-se que, embora a Ordem de Serviço constitua um importante instrumento administrativo para controle das intervenções, sua utilização isolada não assegura o registro padronizado de informações fundamentais para a construção de um histórico técnico das ocorrências. Entre as principais fragilidades identificadas destacam-se a ausência de detalhamento sobre as causas das falhas, os materiais empregados, os componentes substituídos e as condições operacionais encontradas durante a execução dos serviços.

A partir desse diagnóstico, foi proposta uma nova estrutura de rastreabilidade das manutenções, baseada na utilização integrada de relatórios pré e pós-manutenção associados ao registro digital das informações. Observa-se que a inclusão de etapas específicas de registro contribui para maior organização das informações e favorece a consolidação de um histórico técnico das intervenções realizadas.

A elaboração dos formulários pré e pós-manutenção constituiu um dos principais resultados da pesquisa. Os instrumentos desenvolvidos permitiram estruturar o registro das informações operacionais de forma padronizada, contemplando dados referentes à ocorrência, descrição dos serviços executados, materiais utilizados, equipe responsável e condição final do sistema após a intervenção. A utilização desses formulários contribui para reduzir a perda de informações e ampliar a capacidade de acompanhamento das atividades de manutenção.

Outro resultado relevante foi o desenvolvimento do aplicativo destinado ao registro digital das manutenções em campo. A ferramenta foi estruturada com base nos requisitos identificados durante a fase de diagnóstico e organizada de forma compatível com a rotina operacional da companhia. O sistema permite registrar informações diretamente em dispositivos móveis, reduzindo a dependência de registros informais e facilitando o armazenamento e a recuperação dos dados.

Os resultados obtidos evidenciam que a utilização de ferramentas digitais associadas à padronização dos procedimentos de registro pode contribuir significativamente para o aprimoramento da gestão das manutenções. Segundo Kardec e Nascif (2013), a disponibilidade de informações confiáveis constitui um dos elementos centrais para o planejamento eficiente das atividades de manutenção e para a tomada de decisões fundamentadas em evidências operacionais. Nesse sentido, a solução proposta apresenta potencial para fortalecer a gestão dos ativos e aumentar a confiabilidade dos sistemas de abastecimento de água.

Tabela 1 – Comparação entre o processo atual e o processo proposto de registro das manutenções.

Aspecto	Situação Atual	Situação Proposta
Registro técnico	Incompleto	Padronizado
Organização dos dados	Dispersa	Estruturada

Rastreabilidade	Limitada	Ampliada
Apoio à decisão	Baixo	Maior

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados apresentados corroboram a literatura especializada ao demonstrar que a padronização dos registros favorece a construção de históricos técnicos mais consistentes e amplia a capacidade de monitoramento das intervenções realizadas. De acordo com a FUNASA (2019), a organização das informações operacionais representa um elemento fundamental para o planejamento das ações de manutenção e para a melhoria da eficiência dos sistemas de saneamento. Da mesma forma, os princípios estabelecidos pela ABNT NBR 5462 (1994) ressaltam a importância da documentação das intervenções para a gestão da confiabilidade e mantenabilidade dos ativos.

Apesar dos avanços proporcionados pela solução desenvolvida, algumas limitações devem ser consideradas. O aplicativo foi avaliado em contexto operacional específico e ainda não passou por implementação em larga escala. Além disso, a integração da ferramenta aos sistemas corporativos já utilizados pela companhia não foi realizada nesta etapa da pesquisa. Essas limitações indicam a necessidade de estudos complementares voltados à validação operacional da solução em diferentes unidades de saneamento e à avaliação de seu desempenho em longo prazo.

Portanto, como perspectiva para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de testes piloto em ambientes operacionais distintos, bem como o desenvolvimento de mecanismos de integração com bancos de dados corporativos e sistemas de gestão da manutenção. Também se sugere investigar a utilização de tecnologias associadas à Internet das Coisas (IoT), georreferenciamento e análise de dados para ampliar as funcionalidades do sistema e fortalecer os processos de tomada de decisão no setor de saneamento.

Além dos benefícios relacionados à organização das informações, a solução proposta apresenta potencial para contribuir com a transição de uma gestão predominantemente reativa para uma gestão mais estratégica das atividades de manutenção. Segundo Kardec e Nascif (2013), a disponibilidade de registros históricos confiáveis constitui um dos pilares para o planejamento eficiente das intervenções e para a definição de estratégias de manutenção preventiva e preditiva. Nesse sentido, a sistematização dos dados gerados durante as ocorrências possibilita identificar padrões de falhas, subsidiar análises técnicas e apoiar a tomada de decisões fundamentadas em evidências operacionais.

Sob a perspectiva da gestão de ativos, os resultados obtidos demonstram que a rastreabilidade das intervenções pode contribuir para a construção de bases históricas capazes de subsidiar decisões relacionadas à manutenção preventiva e ao gerenciamento do ciclo de vida dos equipamentos. Segundo Kardec e Nascif (2013), organizações que registram sistematicamente suas intervenções possuem maior capacidade de identificar falhas recorrentes, otimizar recursos e reduzir custos associados a manutenções corretivas emergenciais. Nesse contexto, a solução desenvolvida amplia o potencial de utilização das informações operacionais como instrumento estratégico para a gestão dos sistemas de abastecimento de água.

Os resultados também dialogam com as recomendações da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2019), que destaca a importância do monitoramento contínuo dos sistemas de saneamento para garantir maior eficiência operacional e sustentabilidade dos serviços prestados. A disponibilidade de registros estruturados favorece a identificação de pontos críticos da infraestrutura, permitindo que gestores adotem ações preventivas antes que falhas de maior magnitude comprometam a continuidade do abastecimento.

Adicionalmente, a proposta desenvolvida está alinhada às tendências de transformação digital observadas nos serviços de infraestrutura. Conforme apontam Davenport e Prusak (1998), a geração, o armazenamento e a utilização eficiente das informações constituem elementos centrais para organizações que buscam aprimorar seus processos de gestão. Dessa forma, a digitalização dos registros de manutenção não representa apenas uma mudança tecnológica, mas também uma oportunidade para fortalecer a cultura organizacional baseada em dados e evidências, ampliando a capacidade de planejamento e tomada de decisão.

Os resultados também evidenciam a importância da rastreabilidade como instrumento de gestão do conhecimento organizacional. Conforme destacam Davenport e Prusak (1998), a capacidade de registrar, armazenar e recuperar informações representa um elemento estratégico para organizações que dependem da circulação de conhecimentos técnicos para a execução de suas atividades. Dessa forma, a proposta desenvolvida não apenas contribui para o controle das manutenções realizadas, mas também fortalece a preservação do conhecimento operacional acumulado ao longo do tempo, reduzindo riscos associados à perda de informações e favorecendo a continuidade dos processos institucionais.

4. Conclusão

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um sistema simplificado de rastreabilidade para registro das manutenções realizadas em sistemas de abastecimento de água, por meio da padronização dos registros operacionais e do desenvolvimento de uma ferramenta digital voltada ao acompanhamento das intervenções executadas em campo. Os resultados obtidos demonstraram que a proposta desenvolvida atende ao objetivo estabelecido, contribuindo para a organização das informações técnicas e para o fortalecimento dos processos de gestão da manutenção.

A análise da rotina operacional permitiu identificar limitações relacionadas ao registro das intervenções, especialmente quanto à ausência de padronização das informações e à dificuldade de construção de um histórico técnico confiável das ocorrências. A partir desse diagnóstico, foram elaborados instrumentos de registro pré e pós-manutenção e desenvolvido um aplicativo para coleta e armazenamento das informações operacionais, possibilitando maior controle e rastreabilidade das atividades executadas.

Os resultados indicaram que a solução proposta apresenta potencial para reduzir perdas de informação, ampliar a disponibilidade dos dados operacionais e apoiar a tomada de decisão relacionada ao planejamento e à execução das atividades de manutenção. Além disso, a integração entre procedimentos padronizados e ferramentas digitais mostrou-se uma alternativa viável para o aprimoramento da gestão dos sistemas de abastecimento de água, favorecendo a organização dos registros e a melhoria da eficiência operacional.

Como contribuição prática, o estudo disponibiliza uma proposta aplicável ao contexto das companhias de saneamento, especialmente em ambientes que necessitam fortalecer seus mecanismos de controle e documentação das intervenções realizadas em campo. Do ponto de vista científico, a pesquisa amplia as discussões sobre rastreabilidade, gestão da manutenção e utilização de tecnologias digitais no setor de saneamento.

Entretanto, destaca-se que a solução foi desenvolvida e avaliada em contexto específico, sendo recomendada a realização de estudos futuros voltados à sua implementação em larga escala, integração com sistemas corporativos e avaliação de desempenho em diferentes realidades operacionais. Também se sugere a incorporação de novas funcionalidades, como georreferenciamento, análise de indicadores de manutenção e integração com tecnologias

associadas à Internet das Coisas (IoT), visando ampliar o potencial de utilização da ferramenta desenvolvida.

Portanto, conclui-se que a proposta apresentada constitui uma alternativa tecnicamente viável para aprimorar a rastreabilidade das manutenções em sistemas de abastecimento de água, contribuindo para a modernização dos processos operacionais e para o fortalecimento da gestão dos serviços de saneamento.

5. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e mantenabilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BRASIL. [Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007]. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Brasília, DF: Presidência da República, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 2 fev. 2026.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antônio Valle. **Design Science Research**: método de pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DAVENPORT, Thomas H.; PRUSAK, Laurence. **Conhecimento empresarial**: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de saneamento**. 5. ed. Brasília: FUNASA, 2019. Disponível em: https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506. Acesso em: 2 fev. 2026.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de saneamento. 5. ed. Brasília: FUNASA, 2019. Disponível em: https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/506. Acesso em: 2 fev. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. Barueri: Atlas, 2022.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento**: pesquisa qualitativa em saúde. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Abastecimento de água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2004.