OS DESAFIOS DE COMUNICAÇÃO NA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS AMI MASSIVOS E A NECESSIDADE DE PADRONIZAÇÃO NO PROTOCOLO DE COMUNICAÇÃO

Francisco Davi de Carvalho Rebouças[1]
Engenheiro Eletricista pelo Centro Universitário Fanor Wyden (UniFanor Wyden). Estudou na Technische Universität Dresden pelo programa Ciências sem Fronteira no período de 2014-2015. Eletrotécnico formado pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE). Pós-graduado em Engenharia de Produção pela UNINASSAU.
Raimundo Furtado Sampaio[2]
Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Fortaleza (1991), mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (2002) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (2017). Professor da Universidade Federal do Ceará. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Medição, Controle, Correção e Proteção de Sistemas Elétricos de Potência,
Lucas Silveira Melo[3]
Possui Doutorado (2022) em Sistemas de Energia pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará com estágio sanduíche na Universidade Federal de Santa Catarina junto ao Laboratório de Planejamento Energético. Possui mestrado (2015) e graduação (2013) em Engenharia Elétrica também pela Universidade Federal do Ceará.É membro do Grupo de Redes Elétricas Inteligentes da UFC (GREI-UFC). Professor da Universidade Federal do Ceará.
Giovanni Cordeiro Barroso[4]
Professor Titular da Universidade Federal do Ceará. Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (1982), mestrado em Engenharia Elétrica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (1986) e doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal da Paraíba (1996). Experiência na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Controle Supervisório, redes de Petri coloridas, smart grids, algoritmos evolucionários, análise e modelagem de sistemas produtivos.
João Paulo dos Santos Silva[5]
Engenheiro Eletricista pela Universidade de Fortaleza (UNIFOR) e Técnico em Eletrotécnica. Possui especializações em Marketing pela FGV e Gestão Comercial, além de MBAs e relacionamentos estrategicos e pós-graduação na área elétrica e sistema de energia. Atua como Account Manager na Hexing Brasil / Eletra Energy.

Endereço[1]**:** Rua Damião Fernandes, 481- Parquelandia – Fortaleza – Ceará - CEP: 60455-600 - Brasil - Tel: +55 (85) 99975-4641 - e-mail: davi.reboucas91@gmail.com.

RESUMO

A expansão de sistemas de Infraestrutura de Medição Avançada (AMI) no setor de saneamento impõe desafios significativos relacionados à interoperabilidade, eficiência energética e integração de dados em larga escala. Este trabalho analisa os impactos da ausência de padronização na camada de aplicação em projetos massivos de hidrômetros inteligentes, tomando como referência o macroprojeto da SABESP com a Vivo para implantação de 4,4 milhões de medidores NB-IoT. A pesquisa discute os riscos associados ao uso de protocolos proprietários, como dependência tecnológica (*vendor lock-in*), aumento do custo total de propriedade (TCO) e complexidade de integração em sistemas HES/MDM. Como resposta tecnológica, apresenta-se o framework *Water Smart Meter Generic Companion Profile* (WSM GCP), publicado pela DLMS *User Association* em 2025, que estende o padrão DLMS/COSEM ao setor de água. O estudo demonstra que a combinação entre redes celulares NB-IoT, compressão SCHC e os perfis LPWAN do DLMS WSM permite reduzir o consumo energético e garantir interoperabilidade sem comprometer a autonomia dos hidrômetros. Conclui-se que a adoção de padrões abertos é essencial para assegurar sustentabilidade tecnológica, governança de dados e escalabilidade em projetos AMI no saneamento.

PALAVRAS-CHAVE: AMI; DLMS/COSEM; *Smart Meter*.

INTRODUÇÃO

A consolidação da Infraestrutura de Medição Avançada (*Advanced Metering Infrastructure* - AMI) no setor elétrico global e nacional estabeleceu um paradigma técnico de elevada maturidade operacional. A transição de redes de distribuição convencionais para as chamadas redes inteligentes (*Smart Grids*) amparou-se na descentralização da medição e na capacidade de comunicação de dados em tempo real. No ecossistema de energia elétrica, o amadurecimento das arquiteturas baseadas em *Representational State Transfer* (RESTful) e a gestão massiva de dispositivos atenuaram de forma consistente as fronteiras entre a infraestrutura tradicional de AMI e o ecossistema expandido da Internet das Coisas (IoT) (MYOUNG *et al*., 2023; WALINGO *et al*., 2026).

Apesar dessa convergência tecnológica com os protocolos de IoT, o protocolo padrão *Device Language Message Specification / Companion Specification for Energy Metering* (DLMS/COSEM) preservou seu papel predominante globalmente na indústria de medição inteligente. Ele funciona como o principal espelho estrutural para o gerenciamento de dados de outras matrizes de serviços públicos (*utilities*). No cenário brasileiro, a evolução dos medidores de energia migrou das rotinas de leitura puramente manuais para sistemas bidirecionais complexos de alta capilaridade, integrados de forma nativa a Sistemas de Gerenciamento de Dados de Medição (*Meter Data Management Systems* - MDMS). Esse processo de consolidação nacional foi fortemente impulsionado e balizado pelas Resoluções Normativas emanadas da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (MYOUNG et al., 2023; WALINGO et al., 2026).

Em contrapartida à maturidade tecnológica observada no setor elétrico, o segmento de saneamento básico e distribuição de água enfrenta um atraso histórico no que tange à automação e digitalização de seus parques de medição. Enquanto os sistemas de energia elétrica dispõem de alimentação contínua fornecida diretamente pela própria rede de distribuição, os hidrômetros operam sob severas restrições energéticas e físicas. Historicamente, o setor de água dependeu de hidrômetros mecânicos (baseados em princípios de velocidade ou volumétricos, como impulsores e pistões) associados a metodologias de coleta laboriosas e manuais. Essa dinâmica gera vulnerabilidades operacionais crônicas, distorções severas no faturamento das subcontas e custos operacionais elevados (*Operational Expenditure* - OPEX) relacionados à gestão de perdas comerciais (PALERMO *et al.,* 2022; WALINGO *et al*., 2026).

Mesmo com a chegada das primeiras ondas de telemetria de água, as soluções de engenharia adotadas concentraram-se em protocolos proprietários ou em redes de rádio de curtíssimo alcance, operando de forma unidirecional em topologias do tipo *walk-by* ou *drive-by*. Essa abordagem limitava a coleta de dados a frequências mensais ou quinzenais, falhando em fornecer a granularidade temporal necessária para a gestão ativa da demanda e detecção de anomalias. (PALERMO *et al.,* 2022; WALINGO *et al*., 2026).

A assinatura do projeto entre a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e a operadora de telecomunicações Vivo representa um divisor de águas histórico na infraestrutura urbana e no saneamento no Brasil. O projeto prevê um investimento estimado em R$ 3,8 bilhões para o *rollout* massivo e a substituição de 4,4 milhões de hidrômetros tradicionais por medidores eletrônicos inteligentes nas cidades de São Paulo e São José dos Campos. Do ponto de janeiro de 2026 a 2029, a iniciativa visa atingir 100% de digitalização em São José dos Campos ainda em 2026 e a conclusão da capital paulista no final do período estipulado (SODRÉ, 2026; INFOMONEY, 2026; VIVO MEU NEGÓCIO, 2026).

Os novos medidores possibilitarão o monitoramento do uso de água de hora em hora. A engenharia do projeto apoia-se na instalação de hidrômetros inteligentes operando com tecnologia celular de banda estreita (*Narrowband* IoT - NB-IoT), permitindo que o perfil de consumo dos usuários seja monitorado detalhadamente. Os dados de telemetria alimentam sistemas capazes de disparar alertas automatizados de consumo elevado e vazamentos via múltiplos canais digitais, além de integrar alarmes de antifraude e violação de ativos diretamente na carcaça do equipamento. (SODRÉ, 2026; INFOMONEY, 2026; VIVO MEU NEGÓCIO, 2026).

No entanto, embora a escolha técnica da rede celular NB-IoT solucione de forma definitiva a camada de transporte e conectividade em larga escala (garantindo capilaridade urbana através da rede de telecomunicações da operadora), emerge um gargalo crítico na camada de aplicação. Sem a utilização de um protocolo de aplicação padronizado, de domínio comum e semanticamente aberto, a concessionária assume um

risco técnico de alta gravidade: a criação de silos tecnológicos verticais e a dependência crônica de softwares proprietários para a tradução de dados de fabricantes distintos (*vendor lock-in*). A ausência de padronização na camada superior aumenta a complexidade de integração das informações nos sistemas centrais de coleta (*Head-End Systems* - HES) e nos barramentos de gestão de dados de medição (DEUSSOM DJOMADJI *et al*., 2022; QUISPE *et al*., 2025; SABESP, 2026a).

O restante deste trabalho está organizado de forma a detalhar a análise técnica proposta. A Seção 2 formaliza os objetivos gerais e específicos do estudo técnico. A Seção 3 estabelece os pilares metodológicos e o mapeamento dos conceitos de engenharia aplicados à infraestrutura de saneamento. A Seção 4 aprofunda a análise comparativa de protocolos e discute os cenários práticos e premissas do macroprojeto referencial da SABESP. A Seção 5 apresenta e analisa os resultados técnicos obtidos com foco no framework normativo do DLMS User Association e nos modelos matemáticos de consumo e eficiência de rádio. A Seção 6 traz a discussão sobre os impactos econômicos e a convergência de redes, enquanto a Seção 7 consolida as considerações finais e proposições regulatórias nacionais decorrentes do trabalho.

OBJETIVOS

GERAL

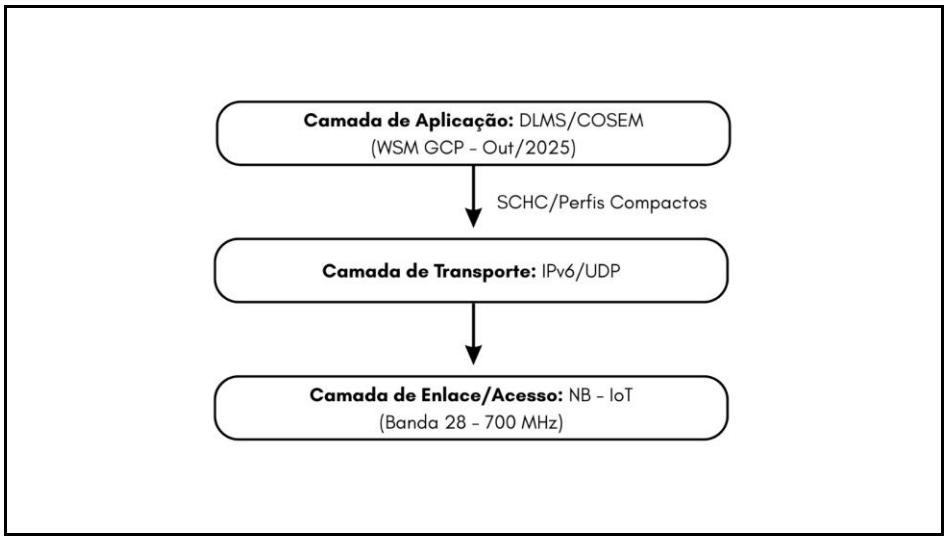
Analisar os desafios de comunicação associados à implementação de sistemas AMI em escala massiva no setor de saneamento, demonstrando a necessidade técnica de adoção de padrões abertos na camada de aplicação para assegurar a interoperabilidade e a sustentabilidade de ativos de longo prazo.

ESPECIFÍCOS

- Avaliar os impactos da ausência de padronização de protocolos na arquitetura de sistemas centrais (HES/MDM), com foco nos riscos de *vendor lock-in*, obsolescência tecnológica de ativos e elevação do custo total de propriedade (*Total Cost of Ownership* - TCO).
- Apresentar o framework tecnológico lançado pela *DLMS User Association* em outubro de 2025, o *Water Smart Meter (WSM) Generic Companion Profile*, detalhando como essa especificação estende e unifica a semântica e modelagem de dados para o setor de água.

METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa exploratória com abordagem de engenharia de protocolos, baseada em análise documental e no estudo de caso de um macroprojeto de saneamento. O embasamento metodológico e a coleta de dados técnicos foram estruturados de forma sistemática a partir de três pilares principais:



1. **A Assimetria de Infraestrutura entre Energia e Saneamento:** este pilar fundamenta e quantifica as restrições físicas e locais do saneamento básico em comparação com a rede elétrica tradicional. Enquanto os medidores inteligentes de energia dispõem de fornecimento elétrico contínuo e estabilizado a partir da própria rede que monitoram, os hidrômetros dependem exclusivamente de baterias internas encapsuladas, cuja autonomia contínua deve ser garantida por períodos iguais ou superiores a uma década. Adicionalmente, mapearam-se os cenários críticos de instalação aos quais os medidores de água estão submetidos. Hidrômetros são frequentemente instalados em subsolos, abrigos profundos (*deep indoor*), caixas de calçada metálicas ou poços de inspeção altamente propensos a inundações severas e oxidação. Essas condições impõem um nível de encapsulamento extremo (grau de proteção IP68), restringem o ciclo de trabalho (*duty cycle*) de comunicação e exigem tecnologias capazes de operar em condições marginais de recepção (DEUSSOM DJOMADJI *et al*., 2022; GARCÍA-MARTÍN *et al*., 2023; KOHOUT *et al*., 2023; PALERMO *et al*., 2022).

2. **O Papel Estrutural do DLMS/COSEM (IEC 62056):** analisa a engenharia de arquitetura de dados e modelagem semântica estabelecida pelo padrão internacional IEC 62056. O protocolo baseia-se na separação funcional estrita de duas camadas principais para alcançar a interoperabilidade:

    - COSEM *(Companion Specification for Energy Metering):* atua como a camada de modelagem de dados orientada a objetos. Ela normatiza as classes de interface e a estrutura de atributos das grandezas medidas através de códigos OBIS (*Object Identification System*). Essa modelagem garante que informações cruciais (como volume acumulado, vazão instantânea e alarmes) possuam idêntica estrutura lógica e significado semântico universal, independentemente do fabricante do *hardware* (MYOUNG *et al*., 2023; QUISPE *et al*., 2025; WALINGO *et al*., 2026; IEC 62056).
    - DLMS *(Device Language Message Specification):* funciona como a camada de aplicação responsável por ditar a sintaxe dos serviços de mensagens e o empacotamento seguro das requisições e respostas lógicas. Esta engenharia isola o significado conceitual e semântico do dado físico das camadas inferiores de infraestrutura de rede e transporte de dados, permitindo a independência tecnológica do sistema central HES (*Head-End System*) (MYOUNG *et al*., 2023; QUISPE *et al*., 2025; WALINGO *et al.*, 2026; IEC 62056).

3. **A Engenharia da Rede Celular NB-IoT (LPWAN):** explora as propriedades de telecomunicações baseadas no padrão *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) adotado no projeto de referência. A análise técnica centra-se no padrão celular NB-IoT (gerido globalmente pelo consórcio 3GPP nos *Releases* 13 e 14+) sob duas variáveis operacionais de alta relevância:

    - Elevado *Link Budget:* capacidade de manter a conectividade sob condições severas de atenuação de sinal no canal de rádio. O NB-IoT implementa técnicas de repetição de transmissão (*Coverage Enhancement* - CE), que agregam até 20 dB de ganho de

acoplamento em relação à rede celular convencional. Essa engenharia confere sensibilidades de recepção extremas de até 130 dBm, tornando-a ideal para transpor as barreiras de subsolos (DEUSSOM DJOMADJI *et al*., 2022; GARCÍA-MARTÍN *et al*., 2023; KOHOUT *et al*., 2023).

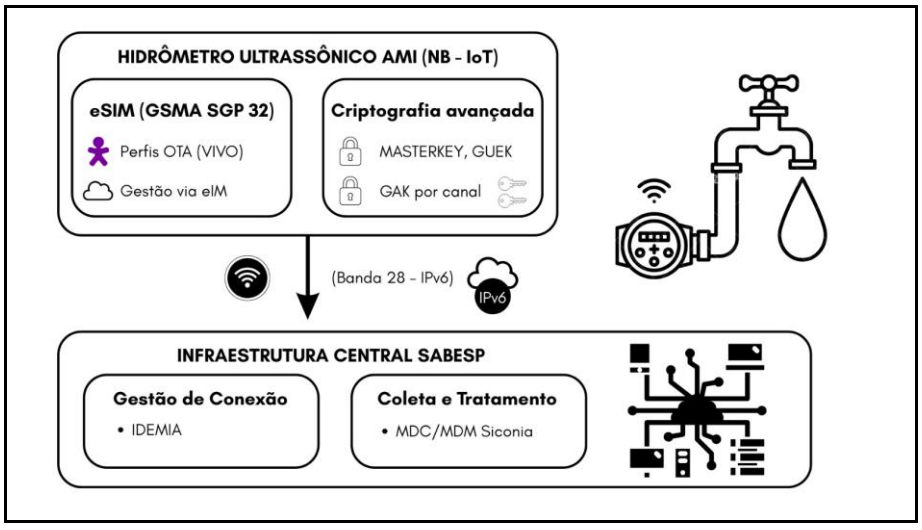
- Uso de Espectro Licenciado*:* operação em faixas exclusivas das operadoras de telecomunicações (com ênfase na frequência de 700 MHz - banda 28). Esse arranjo de rede garante imunidade a interferências eletromagnéticas, segurança fim a fim e planejamento de capacidade urbana, superando as limitações de redes de frequências ISM não licenciadas (DEUSSOM DJOMADJI *et al*., 2022; GARCÍA-MARTÍN *et al.*, 2023; KOHOUT *et al*., 2023).

ANÁLISE COMPARATIVA DE ENGENHARIA DE PROTOCOLOS E ESTUDO DE CASO

O ESTUDO DE CASO REFERENCIAL: PREMISSAS DO MACROPROJETO SABESP

A metodologia aplica os conceitos teóricos sobre o cenário real de modelagem técnica extraído dos requisitos técnicos consolidados na Nota Técnica Nº 001/KR/2026 e no Termo de Referência Complementar para Hidrômetros Ultrassônicos da SABESP. O projeto estabelece premissas estritas para o fornecimento massivo de hidrômetros com tecnologia eletrônica ultrassônica e conectividade integrada. (SABESP, 2026a; SABESP, 2026b).

Para suportar esse volume de ativos em ambiente multioperadora, os dispositivos devem incorporar obrigatoriamente módulos eSIM (*Embedded Subscriber Identity Module*) soldados diretamente na placa de circuito impresso do equipamento. Esses chips eletrônicos de identificação devem suportar o provisionamento remoto de perfis de rede (*Remote SIM Provisioning* - RSP) em conformidade com a nova norma internacional GSMA SGP.32, voltada especificamente para cenários restritos de IoT. A infraestrutura exige o acoplamento mandatório com os sistemas centrais de gerenciamento de dados de medição (*Meter Data Collection* - MDC e *Meter Data Management* - MDM) baseados na plataforma contratada pela SABESP (SABESP, 2026a; SABESP, 2026c).



A camada de segurança impõe que os arquivos de inicialização (*Shipment Files*) sejam assinados digitalmente por autoridades vinculadas à Infraestrutura de Chaves Públicas Brasileira (ICP-Brasil). O nível de segurança se basearia em chaves simétricas segregadas por dispositivo, conforme estabelecido no padrão internacional do livro azul da associação de utilizadores (DLMS USER ASSOCIATION, 2024).:

- ***MASTERKEY*:** Chave mestra individual do *hardware*, utilizada exclusivamente para procedimentos de atualização de segurança e rotação de chaves secundárias (DLMS USER ASSOCIATION, 2024).
- **GUEK (*Global Unicast Encryption Key*):** Chave dedicada a garantir o sigilo e a cifragem dos pacotes de dados de consumo transmitidos (DLMS USER ASSOCIATION, 2024).
- **GAK (*Global Authentication Key*):** Chave responsável por garantir a autenticidade e integridade da mensagem, prevenindo ataques de injeção de falsos dados (DLMS USER ASSOCIATION, 2024).

O padrão DLMS traz ainda a diversificação das chaves criptográficas (GUEK e GAK) a depender do canal físico de comunicação existente no hidrômetro. Isso estabelece a separação entre o canal de rádio NB-IoT e o canal local via porta óptica utilizado pelas equipes de campo, aplicando os critérios de segurança multiplataforma e gerenciamento de associações independentes previstos no padrão global do protocolo (SABESP, 2026; IEC 62056, 2023).

O GARGALO DA CAMADA DE APLICAÇÃO E OS LIMITES DAS ABORDAGENS HÍBRIDAS

A análise comparativa demostra que, embora as premissas de telecomunicações, segurança cibernética e gerenciamento de chips eSIM possam estar rigidamente especificadas, a ausência histórica de uma padronização universal para a camada de aplicação no mercado de saneamento, o força inicialmente a adotar soluções proprietárias e muitas vezes ineficientes, ao implantar medidores NB-IoT (MYOUNG et al., 2023; QUISPE et al., 2025; GARCÍA-MARTÍN et al., 2023).

RESULTADOS

A resposta tecnológica internacional para mitigar as ineficiências das abordagens híbridas foi consolidada através da publicação oficial, em outubro de 2025, do DLMS UA 1015-1 Edition 1 V2.0, que institui o *Water Smart Meter (WSM) Generic Companion Profile* (GCP) pela *DLMS User Association*. Essa normatização estendeu de forma o modelo semântico muito utilizado do DLMS/COSEM (historicamente restrito e otimizado para o setor elétrico) para a realidade física e operacional das concessionárias de saneamento e gás. O lançamento do protocolo perante o comitê técnico da *International Electrotechnical Commission* (IEC) preenche a lacuna de padronização na camada de aplicação aberta (QUISPE *et al.,* 2025; WALINGO *et al*., 2026; DLMS USER ASSOCIATION, 2025).

O novo perfil WSM normatiza a interoperabilidade em nível *plug-and-play* ao padronizar as classes de objetos COSEM e os identificadores OBIS para os principais Casos de Uso (*Use Cases* - UC) exigidos na operação das redes de distribuição de água:

- **Leitura sob Demanda (*On-Demand Reading* - UC3):** padronização das requisições síncronas de volumes e perfis de consumo diretamente pelo HES (QUISPE *et al*., 2025).
- **Gestão de Alertas e Alarmes Específicos (UC16):** mapeamento padronizado de objetos para a sinalização imediata de eventos críticos do saneamento, mitigando interpretações proprietárias para anomalias como fluxo reverso, indícios de vazamento interno na instalação do cliente, estouro de tubulação e tentativas de fraude magnética ou mecânica (QUISPE *et al*., 2025; SAGEMCOM, 2026).
- **Controle de Disponibilidade de Medidores (UC17):** mecanismos normatizados para execução de testes de conectividade (*ping* lógico) e comandos remotos de atuação, como o acionamento de válvulas integradas de corte e religa para a gestão de adimplência e controle de vazões operacionais (QUISPE *et al*., 2025).

O desafio de engenharia superado pelo framework WSM GCP (2025) reside na redução do *overhead* de comunicação do DLMS tradicional, que nativamente inviabilizaria hidrômetros operados a bateria devido à robustez excessiva de seus cabeçalhos. Para compatibilizar o protocolo com redes LPWAN celulares (NB-IoT), o framework incorporou a arquitetura de Perfis LPWAN e mecanismos avançados de compressão baseados em contexto estático, alinhados com o padrão internacional SCHC (*Static Context Header Compression*, definido pela IETF na RFC 8724) (DLMS USER ASSOCIATION, 2025).

O mecanismo SCHC atua reduzindo o tamanho dos cabeçalhos das camadas de rede e transporte (IPv6/UDP) e da própria camada de aplicação DLMS. Como as mensagens trocadas entre o hidrômetro e o HES possuem estruturas repetitivas, o SCHC substitui os campos fixos dos cabeçalhos por um identificador de contexto de

tamanho reduzido (geralmente de apenas 1 *byte*), transmitindo apenas os dados variáveis (*payload* útil de medição) (DLMS USER ASSOCIATION, 2025).

A reformulação do tamanho do *payload* permite que o medidor execute leituras estritamente orientadas a eventos ou envie logs consolidados e, imediatamente após a confirmação da rede, ordene ao modem celular a entrada instantânea nos modos de sono profundo nativos do NB-IoT, regulamentados pelo 3GPP:

- **PSM (*Power Saving Mode*):** modo no qual o dispositivo permanece registrado na rede celular, mas desliga completamente seus circuitos de recepção e transmissão, reduzindo a corrente consumida para níveis de *microamperes*, sem a necessidade de reexecutar procedimentos pesados de reconexão (*attach*) ao acordar (GARCÍA-MARTÍN et al., 2023; WALINGO et al., 2026).
- **eDRX (*extended Discontinuous Reception*):** mecanismo que amplia os intervalos em que o hidrômetro acorda para escutar a rede em modo dormente, permitindo janelas flexíveis de verificação de comandos que poupam a carga da bateria (GARCÍA-MARTÍN et al., 2023; WALINGO et al., 2026).

A aplicação combinada do DLMS WSM GCP com os modos PSM/eDRX facilita o cumprimento do requisito de longevidade energética estabelecido na Nota Técnica da SABESP, assegurando que a autonomia interna da bateria seja mantida por períodos de pelo menos 10 anos sem manutenção de campo (SABESP, 2026a).

ANÁLISE E DISCUSSÃO

A introdução do padrão unificado DLMS WSM (2025) altera profundamente a economia de custos operacionais de grandes projetos de saneamento como o da SABESP. Do ponto de vista operacional e de gestão, a padronização da camada de aplicação reduz a necessidade de desenvolvimento, teste e manutenção de plataformas customizadas para cada fabricante de medidor. (SABESP, 2026a).

O novo padrão reduz de forma estrutural o Custo Total de Propriedade (TCO) dos sistemas AMI. Com o DLMS/COSEM atuando como a linguagem comum e aberta de dados, a concorrência no fornecimento de hidrômetros eletrônicos torna-se puramente baseada em eficiência fabril, custos de *hardware*, qualidade metrológica e durabilidade de bateria, uma vez que a integração de novos lotes de equipamentos nos sistemas legados da concessionária passa a ocorrer de maneira otimizada. (SABESP, 2026a; DLMS USER ASSOCIATION, 2025).

Em análise, demonstra-se a viabilidade técnica da relação entre a camada de transporte celular NB-IoT (gerida por operadoras estruturadas como a Vivo) e a camada de aplicação inteligente baseada no framework estendido da DLMS UA. Enquanto a Vivo assegura o cumprimento de metas de capilaridade urbana, robustez de cobertura em ambientes de alta atenuação (*deep indoor*) e gestão segura de conectividade via perfis eSIM regulados pela norma GSMA SGP.32, o DLMS adaptado garante a inteligência semântica e a integridade de dados sem penalizar a vida útil da bateria. Esse alinhamento técnico demostra que o setor de saneamento possui as ferramentas tecnológicas para atingir os mesmos patamares de governança de dados, segurança da informação e nível de automação que consolidaram as redes inteligentes no setor elétrico mundial (SABESP, 2026a; VIVO MEU NEGÓCIO, 2026; DLMS USER ASSOCIATION, 2025).

CONCLUSÃO/RECOMENTAÇÕES

O sucesso de iniciativas massivas de AMI na matriz de saneamento básico, tendo como modelo de referência o projeto conduzido pela SABESP com a Vivo, não pode ter sua dependência atrelada exclusivamente à cobertura de infraestrutura de telecomunicações. A conectividade celular de longo alcance oferecida pelo NB-IoT realiza de forma eficaz a entrega física de pacotes em ambientes complexos, mas exige complementação lógica na camada superior. Um dos principais vetores de sustentabilidade e eficiência estaria na utilização de um ecossistema de dados normatizados e interoperáveis. A unificação promovida pelo lançamento do *Water Smart Meter Generic Companion Profile* pela *DLMS User Association* em outubro de 2025 atenua as vulnerabilidades de arquiteturas proprietárias e assegura a proteção aos investimentos de longo prazo realizados pelas *utilities*.

Neste trabalho foi apresentado um estudo focado nos desafios e na importância sobre a padronização da camada de aplicação para Infraestruturas de Medição Avançada (AMI) no saneamento, investigando os impactos da falta de padronização na camada de aplicação e analisando o perfil *Water Smart Meter* (WSM) do protocolo DLMS/COSEM como vetor de interoperabilidade. A partir dos resultados obtidos, conclui-se que:

- **A ausência de padronização na camada de aplicação impõe prejuízos severos às concessionárias:** A avaliação de engenharia realizada sobre abordagens baseadas em contêineres de texto ou *payloads* proprietários demonstrou que a falta de uma linguagem aberta comum resulta em um desperdício massivo de processamento no *Head-End System* (HES). Esse cenário eleva a complexidade de integração sistêmica e cria um risco crítico de *vendor lock-in*, o qual impacta no Custo Total de Propriedade (TCO) ao limitar financeiramente os investimentos.

- **O *framework Water Smart Meter* (WSM GCP) atua como uma solução para o desafio da interoperabilidade:** O lançamento de outubro de 2025 estendeu o DLMS/COSEM para as matrizes de água. A padronização de classes lógicas e códigos OBIS demonstrou viabilidade para unificar os principais casos de uso do saneamento — como leituras sob demanda, alarmes de fluxo reverso e gestão de corte/religa por válvulas integradas —, mitigando os silos de software multifornecedor.

Como desdobramento técnico e recomendação de engenharia para o cenário nacional, propõe-se que os órgãos reguladores e indutores do mercado brasileiro ajam de forma coordenada para consolidar essa inovação:

- **ABNT:** Recomenda-se a mobilização dos comitês técnicos especializados de saneamento e eletrônica para a tradução e nacionalização das especificações do padrão DLMS/COSEM WSM (GCP 2025).
- **Editais Públicos de Saneamento:** Defende-se que as especificações técnicas de novos editais de licitação e termos de referência formulados por companhias estaduais, municipais ou concessionárias privadas passem a exigir, de forma mandatória, a conformidade dos equipamentos ao perfil WSM do DLMS UA. Essa exigência técnica blinda as contratações públicas contra riscos de obsolescência tecnológica acelerada, assegura a soberania nacional sobre os dados gerados pelo saneamento e auxilia o avanço das cidades inteligentes no Brasil.

REFERÊNCIAS BILIOGRÁFICAS

1. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Nota Técnica Nº 001/KR/2026: Requisitos para Integração de Novos Hidrômetros AMI via Rede NB-IoT. São Paulo: SABESP, Diretoria de Proteção de Receitas, 2026a.

2. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Termo de Referência - Complemento Hidrômetros Ultrassônicos. São Paulo: SABESP, SSE Contratações Estratégicas, 2026b.

3. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). Especificação Técnica - Homologação de Conectividade para Hidrômetros AMI - N° 002. São Paulo: SABESP, Diretoria de Proteção de Receitas, 2026c.

4. DEUSSOM DJOMADJI, E. M.; CYRILLE, F.; DAVID, M.; SONE, M. E. *Design of an NB-IoT Smart Metering solution: Coverage and capacity planning: Case of Yaoundé and Douala. International Journal of Computer Applications*, v. 184, n. 2, Mar. 2022.

5. DLMS USER ASSOCIATION. AC Electricity Smart Meter GCP / Water Smart Meter Framework. DLMS UA 1015-1, Ed. 1, V2.0, Outubro de 2025.

6. DLMS USER ASSOCIATION. COSEM Architecture and Protocols: Blue Book. 15. ed. Geneva: DLMS UA, 2024.

7. GARCÍA-MARTÍN, J. P.; TORRALBA, A.; HIDALGO-FORT, E.; DAZA, D.; GONZÁLEZ-CARVAJAL, R. *IoT solution for smart water distribution networks based on a low-power wireless network, combined at the device-level: A case study. Internet of Things (Elsevier)*, v. 22, n. 100746, 2023.

8. IEC 62056. Electricity metering data exchange - The DLMS/COSEM suite. International Electrotechnical Commission (IEC).

9. INFOMONEY. **Sabesp e Vivo lançam projeto para substituição de hidrômetros em SP**. InfoMoney, Business, 11 fev. 2026. Disponível em: https://www.infomoney.com.br/business/sabesp-e-vivo-lancam-projeto-para-substituicao-de-hidrometros-em-sp/.

10. KOHOUT, D.; LIESKOVAN, T.; MLYNEK, P. *Smart Metering Cybersecurity—Requirements, Methodology, and Testing. Sensors*, v. 23, n. 4043, 2023.

11. MYOUNG, N.; KWON, Y.; PARK, M.; EUN, C. *Data Interworking Model and Analysis for Harmonization of Smart Metering Protocols in IoT-Based AMI System. Sensors*, v. 23, n. 2903, 2023.

12. PALERMO, S. A.; MAIOLO, M.; BRUSCO, A. C.; TURCO, M.; PIROUZ, B.; GRECO, E.; SPEZZANO, G.; PIRO, P. *Smart Technologies for Water Resource Management: An Overview. Sensors*, v. 22, n. 6225, 2022.

13. QUISPE, A. A.; DE OLIVEIRA, W. L.; HECK, G. C.; IANTORNO, L. M.; DA FONSECA, P. H.; RIELLA, R. J. *DLMS over Wi-SUN FAN Networks: Performance Evaluation. Applied Sciences*, v. 15, n. 12499, 2025.

14. SODRÉ, I. (Reuters). Sabesp e Vivo anunciam projeto para substituição de hidrômetros em SP. CNN Brasil, Economia, Macroeconomia, 11 fev. 2026.

15. VIVO MEU NEGÓCIO. **Vivo e Sabesp: Hidrômetro inteligente, como a tecnologia está transformando a gestão de recursos hídricos**. Cases, Especial, 29 ago. 2025. Disponível em: https://vivomeunegocio.com.br/cases/especiais/vivo-e-sabesp/.

16. WALINGO, T.; MASONDO, O.; GHAYOOR, F.; NANDLAL, A.; BHANA, D. *Towards a Combined Energy and Water AMI Smart Metering Framework. Energies*, v. 19, n. 1449, Mar. 2026.