

Estudo da utilização de remotas simplificadas para telemedição em ensaios piloto de dois cenários

Tema: Leitura e Faturamento

Autores: Hudson Mereles Cerri

Co-Autores: -

Empresa: Zaruc

Resumo

Este artigo apresenta a solução de dispositivos de comunicação baseados no protocolo LoRaWAN, os quais foram desenvolvidos pela empresa Zaruc Tecnologia para o setor de energia elétrica e relata a aplicação, no cenário de uma concessionária. Denominados "Remotas de Baixo Custo", esses equipamentos permitem a telemedição dos medidores de energia remotamente, utilizando uma tecnologia de radiofrequência. Apesar da Zaruc possuir gateways próprios, na aplicação abordada neste artigo, os dispositivos utilizam a infraestrutura da operadora American Tower. Os dados são recebidos pela Zaruc Cloud, que os transforma em informações, relatórios inteligentes e dashboards. É citado que o sistema Zaruc Cloud também pode ser integrado aos sistemas dos clientes, possibilitando o envio automático de dados para sistemas de gerenciamento de dados através de APIs (Application Programming Interface) e Middlewares. Pretende-se, além de elucidar acerca da solução e aplicações, deixar exposto que os testes pilotos realizados mostram o potencial das Remotas de Baixo Custo para a efetividade na solução de problemas relacionados à falta de leitura e faturamento mínimo da classe, bem como em locais de difícil acesso para leitura convencional, se mostrando fortes candidatos à massificação viável da leitura remota automática.

1. Introdução

Nos últimos anos, temos testemunhado um crescimento exponencial no campo da automação e das tecnologias de IoT (Internet of Things), como é possível visualizar no gráfico. Esse avanço tecnológico está revolucionando diversos setores, desde a indústria até o cotidiano das pessoas. Através da automação, processos que antes eram manuais e trabalhosos tornaram-se mais eficientes e precisos, resultando em maior produtividade e redução de erros. [1]

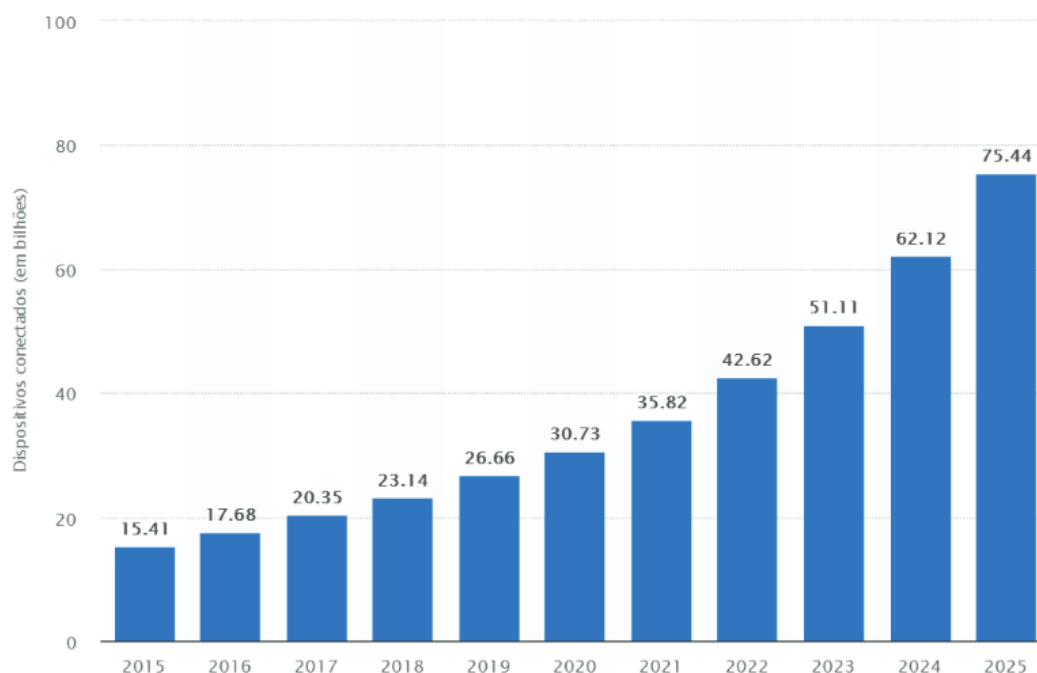


Gráfico 1 – Dispositivos conectados de Internet das Coisas instalados em todo o mundo de 2015 a 2025 (em bilhões).

Fonte: adaptado de IHS Markit (2016)

Combinada aos avanços da IoT, a qual conecta objetos e dispositivos à Internet, possibilitando a troca de informações em tempo real, níveis inéditos de interconexão e controle estão sendo alcançados. A automação de tarefas rotineiras e o uso inteligente de dados estão impulsionando a eficiência operacional e permitindo uma gestão mais inteligente dos recursos. [2]

Visto isso, é fato que esses avanços tecnológicos estão presentes em todos os setores, inclusive em distribuidoras de energia, nas quais é percebido um crescimento acelerado em torno da automação dos processos através da IoT. Ademais, com o crescente consumo de energia elétrica, é essencial que haja uma gestão inteligente e eficaz do consumo para garantir a sustentabilidade e reduzir os custos. [3]

O setor de energia elétrica tem enfrentado desafios significativos relacionados à leitura e ao faturamento de medidores, especialmente em áreas de difícil acesso, configurando algumas perdas não técnicas [4]. Como dito antes, as demandas pela automação de operações vêm crescendo ao longo dos anos em variados segmentos, inclusive no setor energético.

Nesse contexto, a Zaruc Tecnologia tem buscado oferecer soluções de telemedição de radiofrequência que entreguem informações automaticamente em uma plataforma de fácil integração, a um custo reduzido quando comparado ao das soluções convencionais do mercado atual. Com as remotas de baixo custo desenvolvidas pela Zaruc, busca-se tornar possível realizar a coleta e transmissão de dados de medidores de energia de forma automatizada, eficiente e ao mesmo tempo econômica.

A partir desse cenário, o artigo em questão procura abordar a problemática e os desafios envolvidos no processo de leitura de medidores de energia elétrica. Em sequência, apresenta-se a proposta tecnológica da Zaruc para a automação viável dessa operação. Procura-se expor os benefícios e o detalhamento técnico suficiente para a compreensão da tecnologia em si, bem como do sistema utilizado, o qual combina hardwares e softwares para entrega de informações inteligentes. Por fim, expõe-se os projetos piloto que estão em operação na concessionária parceira.

2. Desenvolvimento

Problemas a serem Resolvidos com a Solução

As remotas de baixo custo desenvolvidas pela Zaruc Tecnologia visam abordar e auxiliar na mitigação de diversos problemas enfrentados pelo setor de energia elétrica. Um dos desafios enfrentados pelas concessionárias de energia elétrica é a falta de leitura em medidores e o consequente faturamento pelo mínimo da classe consumidora, que oneram a empresa com alto custo operacional. Esse problema pode ocorrer em locais de difícil acesso, nos quais, a depender dos fatores da unidade consumidora, a instalação de remotas convencionais pode ser dispendiosa ou inviável, também há casos de locais remotos, de difícil acesso ou com limitações ou eventuais faltas de cobertura de sinal de operadoras de comunicação móvel. [5]

Outrossim, há motivos na própria coleta convencional que contribuem para a busca de modelos alternativos automatizados para a realização da leitura. Convencionalmente, os medidores de energia são lidos manualmente: os dígitos ou posição dos ponteiros dos medidores são digitados no sistema de leitura [6]. Neste processo, devido ao mau posicionamento e à distância do medidor em relação ao leiturista, há chances de ocorrerem erros na digitação. O quadro exibido ilustra algumas razões de impedimento comumente encontradas.

Nota	Descrição	Ação
14	Impedimento de Leitura - Local Desabilitado	
22	Local Fechado	
23	Caixa Ilegível	
51	Medidor Retirado	
52	Medidor Defeituoso	Impeditiva
67	Display Apagado	
68	CP Rede com impedimento de leitura	
50	Medidor Impedido Temporariamente	
69	Medidor de Difícil Acesso	

Outro desafio enfrentado pelas empresas de energia elétrica são os possíveis defeitos nos próprios medidores de energia. Esses problemas podem levar à falta de coleta de dados e dificultar a identificação de padrões de consumo, impactando a eficiência operacional. Adicionalmente a isso existem as ocasionais falhas das remotas convencionais, afetando a efetividade da leitura e ainda apresentando um custo substancial para manutenção desse ponto. Isso resulta em perda de dados importantes para a gestão da energia elétrica, podendo impactar diretamente na efetividade da leitura.

Remotas de Baixo Custo da Zaruc

A Zaruc Tecnologia é uma empresa que atua fornecendo ao mercado soluções inovadoras para telemedição em energia elétrica. Ao abordar os problemas supracitados do setor de energia elétrica, uma das tecnologias propostas pela Zaruc são as Remotas de Baixo Custo.

Esses dispositivos podem ser facilmente instalados em unidades consumidoras de interesse, sendo compatíveis com os medidores dos diversos fabricantes e protocolos do mercado, como PIMA (Protocolo para Infraestrutura de Medição Avançada) e Ótico padrão da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), garantindo a coleta precisa dos dados e disponibilização à concessionária, permitindo uma cobrança justa e eficiente.



Visto isso, a remota low-cost desenvolvida pela Zaruc Tecnologia é uma resposta interessante aos desafios enfrentados pelo setor de energia elétrica no que diz respeito à telemedição. Utilizando a tecnologia LoRaWAN, as Remotas de Baixo Custo oferecem uma forma eficiente e econômica de coletar e transmitir dados dos medidores de energia. Através dessa solução, os dispositivos são conectados aos medidores, com saída de dados de protocolo PIMA ou Ótico, e os dados são enviados via protocolo LoRaWAN até os Gateways da operadora American Tower.

Em seguida, os dados são, então, encaminhados para a Zaruc Cloud, onde serão processados e transformados em relatórios inteligentes e Dashboards. Essa abordagem permite uma maior precisão na análise dos dados coletados e facilita a integração com os sistemas dos clientes, possibilitando o envio automático dos dados até o MDC ou MDM, minimizando ao máximo a interação humana no processo de leitura, tornando-o automatizado de ponta a ponta, entregando eficiência operacional e redução de custos à distribuidora.



Os dispositivos em questão foram desenvolvidos para serem economicamente viáveis e mais simples, cuja instalação pode ser feita com o mínimo de interrupções nas operações existentes, porém mantendo a confiabilidade do equipamento. A abordagem da tecnologia LoRaWAN, aliada à qualidade dos dispositivos desenvolvidos pela Zaruc e acompanhamento com suporte especializado, contribui para a redução significativa da taxa de falhas e proporciona uma telemedição precisa e consistente.

Ademais, a plataforma de gestão na Zaruc Cloud possibilita o monitoramento em tempo real dos dispositivos que estão em funcionamento pleno, permitindo a identificação em caso de falha na comunicação da saída do medidor ou comportamentos falhos nas informações enviadas pelo medidor e também monitoramento da qualidade do sinal no local instalado. Dessa forma, possibilita-se a identificação ágil de eventuais defeitos, até mesmo na própria infraestrutura de rede disponível no local, permitindo a tomada de ações corretivas.

Ao permitir uma gestão mais eficiente do consumo de energia, a tecnologia contribui para a redução do desperdício e o uso mais consciente dos recursos naturais. Isso não apenas resulta em economia financeira para as empresas, mas também auxilia na preservação do meio ambiente, tornando-se uma escolha responsável e ecologicamente consciente.

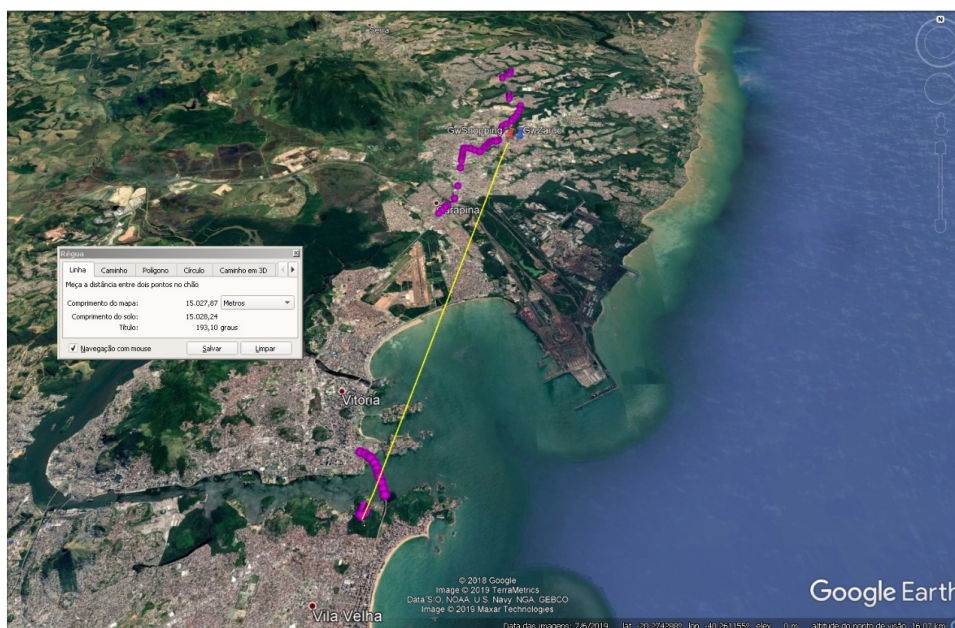
Tecnologia LoraWAN

As remotas de baixo custo abordadas neste trabalho utilizam a tecnologia LoRaWAN para transmissão de dados. Esse protocolo que apresenta topologia estrela tem ganhado destaque no cenário atual de IOT, por se mostrar eficiente para comunicações de baixo custo, consumo reduzido de energia e longo alcance, sendo, dessa forma, enquadrada na categoria de LPWAN (Low Power Wide Area Network). [7]

Nesse ínterim, devido ao longo alcance possibilitado pelo protocolo, o número de Gateways em sua infraestrutura muitas vezes pode ser menor que outras redes convencionais, porém é indispensável analisar as regiões para que se ofereça uma boa cobertura para todos os nós. A tecnologia permite que dispositivos remotos, como sensores e medidores de energia elétrica, se comuniquem de forma eficiente com uma infraestrutura centralizada, possibilitando a troca de dados de maneira confiável e segura. [8]

Devido à utilização da tecnologia LoRa, algumas vantagens são contempladas na solução como largura de banda escalável, alta robustez, resistência a multipercursos e desvanecimento, resistência a efeito Doppler e capacidades de longo alcance e de rede melhorada. [9]





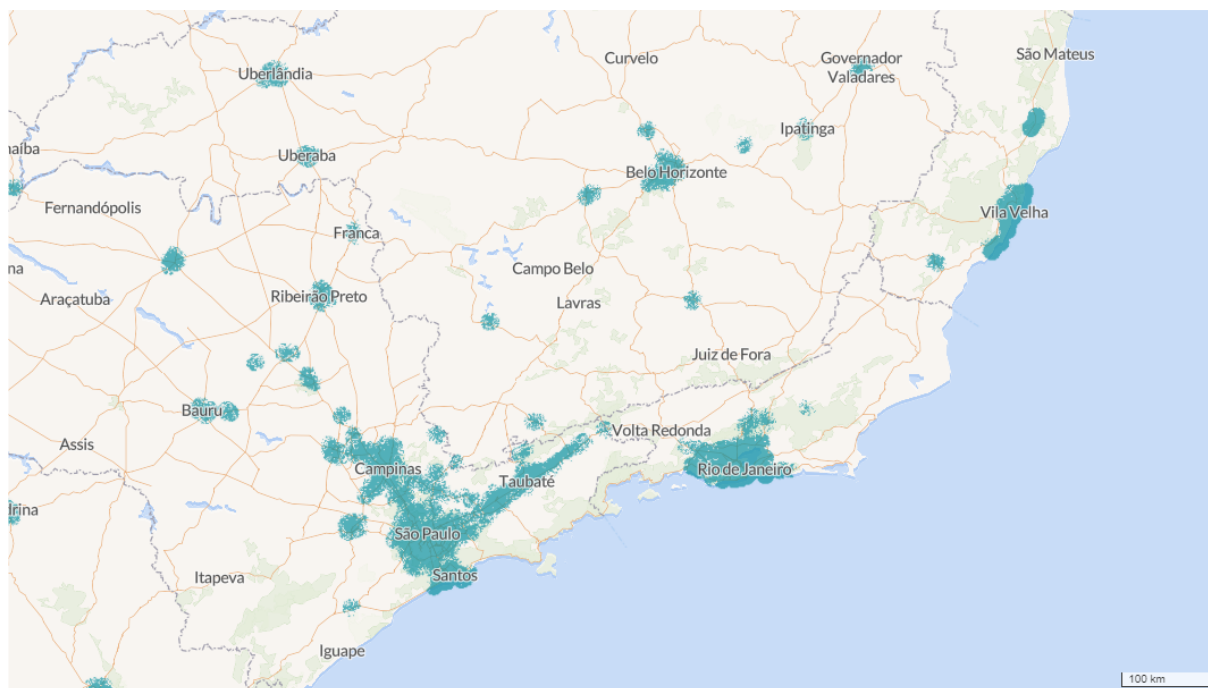
Em contrapartida há alguns trade-offs relacionados à tecnologia, como o tamanho dos pacotes reduzido, a taxa de dados e a largura de banda. [10] Apesar das limitações, ao se analisar todos fatores envolvidos na decisão de escolha do protocolo, existe boa viabilidade em utilizar o LoRaWAN, visto que mesmo com as limitações, as informações disponibilizadas são suficientes para a aplicação proposta.

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT	LTE CAT-1	LTE M (CAT-M1)
Espectro Licenciado	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Modulação	UNB/GFSK/BPSK	SS Chirp	OFDMA	OFDMA	OFDMA
Largura de Banda do Receptor	100 Hz	125 KHz	200 KHz	20 KHz	1,4MHz
Taxa de Dados	100 bps / 12 bytes Max.	290 bps / 50 Kbps	200 Kbps / 144 Kbps	10 Mbps/ 5 Mbps (up)	1 Mbps
Número Máximo de Mensagens por Dia	140	ilimitado	ilimitado	ilimitado	ilimitado
Duração da Bateria	20	9 anos	10 anos		1,5 anos
Cobertura de uma ERB	raio de 1 mil km	centenas de km ²	20 km		
Release 3GPP			13	8	13

Análise dos Pilotos e Resultados

Os dispositivos LoraWAN foram a escolha da coconcessionária para realização da coleta de leituras de alguns medidores pontuais, determinados de acordo com os critérios de custo benefício, nos quais a leitura convencional apresenta dificuldades para realização, onde também o consumo do cliente não viabiliza a instalação de remotas comuns, devido ao custo elevado, bem como em locais que a cobertura do sinal de telefonia é escasso.

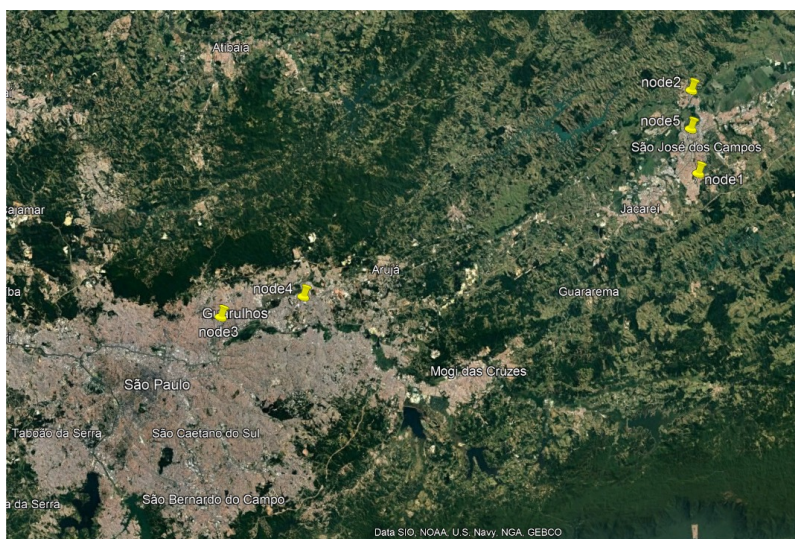
Somado a isso, como foi optado por utilizar uma infraestrutura já existente oferecida pela American Tower, ao invés de demandar a instalação de uma infraestrutura própria, foi indispensável a prévia análise da cobertura da rede disponibilizada pela ATC (American Tower Corporation), como forma de tornar mais assertiva a determinação dos pontos de instalação.



Além do que foi mencionado, a Zaruc também desenvolveu e forneceu para a realização das instalações em campo uma ferramenta auxiliar de instalação, a qual é portátil e realiza a verificação do sinal da ATC no ponto onde ela for posicionada, dessa forma, o procedimento de instalação passou a ser: antes de efetivá-la, posicionar a ferramenta no local mais próximo possível do qual a remota será realmente instalada e verificar se ela acusa existência de sinal.

No caso dos pontos do segundo caso, foi observado que a cobertura da ATC existente em certas localizações mostra-se bem estruturada e densa, sendo assim, a metodologia de se optar por localizações nas quais o mapa apresenta excelente cobertura da rede ATC se mostrou precisa o suficiente para a seleção dos pontos com conectividade efetiva.

Com o estabelecimento dos pontos, as instalações foram executadas e os dados das unidades são monitorados diariamente pelo sistema e acompanhados pela equipe de desenvolvimento. As remotas enviam os dados de leitura de tempos em tempos, de acordo com a configuração estabelecida para elas. No caso desses primeiros dispositivos instalados, eles realizam 10 envios de dados por dia e nas outras remotas são 48 envios diários de dados de leitura.



Na plataforma é possível visualizar todas as informações de leitura em tela e realizar download de relatórios customizáveis. Os dados de leitura para esses medidores em questão trazem o consumo de energia ativa e reativa, porém a remota permite visualizar outros dados que estejam dispostos na saída do medidor ao qual são conectadas, como consumo por postos horários, tensões e correntes por fase.

Arquivos

Cadastro

Comandos

MDM

Qualidade de energia

Relatório

FILTRAR DADOS

Busca

Data Inicial

12/07/2023

Data Final

15/07/2023

Selecione o tipo de busca

Últimos registros

Selecione o tipo de totalizador

Direto

Buscar

Download Planilha

Itens por página

100

Total de itens 7

SERIAL MEDIDOR	CODIGO DE INSTALACAO	DATA LEITURA	ORIGEM	03-ATIVO	24-INDUTIVO	31-CAPACITIVO	04-PONTA	08-FORA PONTA	06-RESERVADO	09-QUARTO POSTO	INFO
14091580		15/07/2023 23:52	remotaedisp	59045	0	0	---	---	---	---	
14527130		15/07/2023 23:49	remotaedisp	7354	0	---	---	---	---	---	
15326196		15/07/2023 23:37	remotaedisp	30143	---	---	---	---	---	---	
15234052		15/07/2023 23:01	remotaedisp	16955	564	---	---	---	---	---	
14635396		15/07/2023 22:56	remotaedisp	17988	1432	---	---	---	---	---	
15839236		15/07/2023 11:24	remotaedisp	3416	---	---	---	---	---	---	
15803349		15/07/2023 11:24	remotaedisp	10214	0	3124	---	---	---	---	

<<

Anterior

1

Próxima

>>

© Copyright 2023 Zanuc Tecnologia & Automação

WEBCLLOUD-1.9.20-PROD

Outras informações gerenciais disponibilizadas na plataforma dizem respeito à rede e infraestrutura. Para cada node instalado é possível visualizar o respectivo índice de desempenho “RSSI” de cada frame recebido, fundamentando diagnósticos de falhas e tomadas de decisão para casos em que o sinal exista no local da instalação, porém com baixa qualidade, podendo torná-lo intermitente. Dispõe-se também de uma informação de identificação única do gateway que recebeu o frame da remota. Com isso, pode-se antever algumas inconsistências ou instabilidades da infraestrutura da provedora, promovendo celeridade nos processos de contingência.

The screenshot displays a web application for smart meter management. A modal window titled "INFORMAÇÕES" is open, showing the following details:

- Serial medidor: 15839236
- 03-ATIVO: 3416
- Data leitura: 15/07/2023 11:24
- rssi: -109

The background interface includes a sidebar with navigation options: Arquivos, Cadastro, Comandos, MDM, Qualidade de energia, and Relatório. The main area shows a table of meter data with the following columns: SERIAL MEDIDOR, CODIGO DE INSTALACAO, DATA LEITURA, ORIGEM, 03-ATIVO, 24-INDUTIVO, 31-CAPACITIVO, 04-PONTA, 08-FORA PONTA, 06-RESERVADO, 09-QUARTO POSTO, and INFO. The table contains 10 rows of data, all with the same serial number (15839236) and varying reading dates and times.

Com a massificação das remotas, o acompanhamento da comunicação das unidades consumidoras permite a identificação de quando há uma falta no fornecimento de energia em regiões, devido à queda da comunicação dessas localidades. De igual maneira, com o registro em nuvem do histórico de consumo de cada medidor é possível identificar padrões de comportamento e apontar potenciais indícios de fraude nas instalações que apresentem um perfil suspeito.

É importante fomentar o fato de que os pacotes enviados por um mesmo node podem ser recebidos por diferentes gateways dispostos dentro do raio de alcance da remota. Apesar de a disponibilidade de mais de um receptor não ser uma condição mandatória dos nós da rede, esse é um fator determinante para a robustez da comunicação, visto fornecer redundância ao sistema para o caso de falhas ou interrupções. Por exemplo, na imagem a seguir, há um gateway na torre de telecomunicações ao fundo, o qual recebeu nos testes um pacote de dados com um sinal de -74 dBm, que é excelente, haja vista a curta distância na qual a remota está alocada, perceptível na figura. Para esse mesmo node, o RSSI registrado em uma outra torre em outro bairro há alguns km de distância da localidade do medidor foi de -113 dBm, o que corrobora com o teórico, já que a distância do gateway é substancialmente superior.



A partir dos dados recebidos pelo sistema implementado, foi possível identificar localidades de instalações onde a infraestrutura da ATC é menos densa, visto o RSSI ruim e a pouca variabilidade de gateways aos quais uma mesma remota se conecta. Da mesma forma, localidades de boa densidade de cobertura também foram identificadas, devido ao índice de desempenho bom e mais gateways disponíveis para um mesmo ponto.

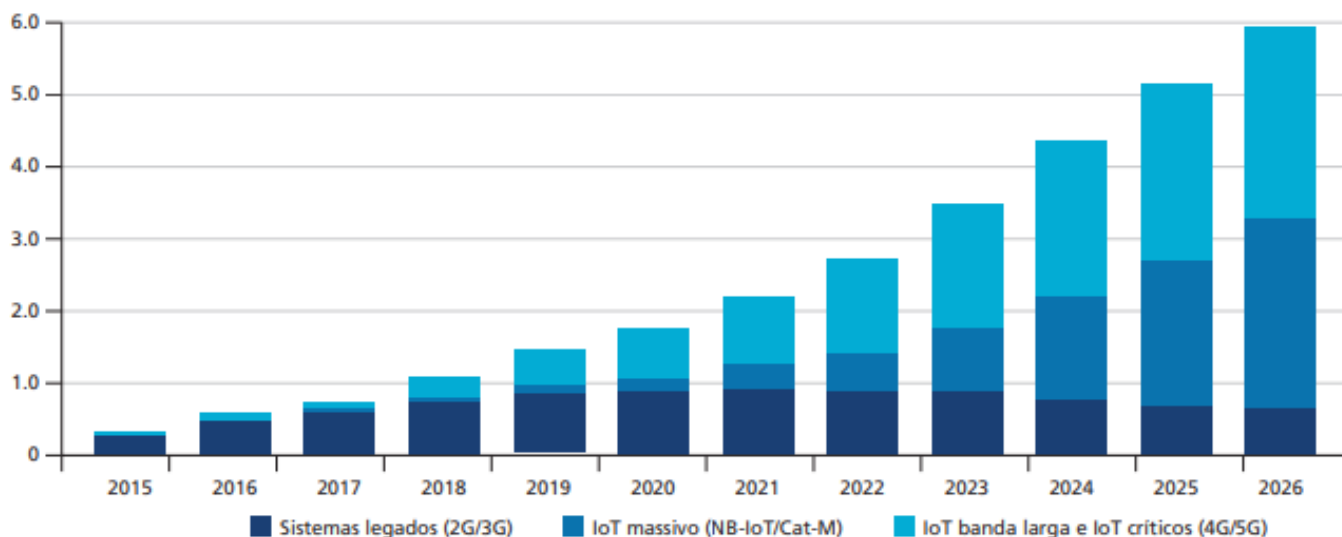
Exemplo de leituras de um medidor 01

	MÊS	
DIA	6	7
3		3
4		8
5		7
6		8
7		9
8		7
9		9
10		7
11		9
12		6
13		6
14	5	3
15	10	
16	9	
17	6	
18	10	
19	9	
20	7	
21	8	
22	7	
23	11	
24	9	
25	10	
26	8	
27	10	
28	8	
29	7	

Exemplo de leituras de um medidor 02

	MÊS			
DIA	4	5	6	7
1			37	14
2			35	22
3			29	18
4			30	15
5		15	29	18
6		33	28	20
7		31	27	17
8		35	28	18
9		34	26	25
10		31	21	20
11		35	19	18
12		38	22	13
13		32	24	10
14		37	20	
15		35	21	
16		36	23	
17		33	26	
18		29	30	
19		36	19	
20		33	20	
21		29	19	
22		32	20	
23		32	15	
24		33	20	
25		29	23	
26		32	21	
27		28	20	
28	3	32	18	
29	8	31	23	
30	5	27	25	

Para as localidades mapeadas como de baixa cobertura, para o aumento da eficiência, sugere-se a ampliação da infraestrutura disponível pela American Tower. Avaliando-se a massificação das instalações, é interessante também realizar um estudo de viabilidade para implantação de gateways próprios, criando uma infraestrutura proprietária. Por fim, levando em conta que a cobertura crescente do NB-IOT [11] já apresenta uma boa estrutura atualmente, torna-se atrativo a avaliação de viabilidade da instalação de remotas de baixo custo Zaruc com tecnologia NB-IOT, além das LoRaWAN.



Fonte: Ericsson Mobility Report 2020.

3. Conclusão

A solução de Remotas de Baixo Custo LoRaWAN da Zaruc Tecnologia oferece uma maneira eficiente e viável de realizar a telemedição de energia elétrica. Seus benefícios vão desde o baixo custo e longo alcance até diagnósticos de rede, fraude e possibilidade de integração das informações com sistemas existentes da distribuidora.

Além disso, a contribuição dessa automatização para a sustentabilidade e o uso responsável dos recursos naturais reforça ainda mais seu valor e relevância no mercado atual.

Os testes pilotos realizados com as Remotas de Baixo Custo mostraram resultados promissores. No segundo cenário, a tecnologia demonstrou sua efetividade nos locais instalados, onde o uso de Remotas convencionais poderia ser dispendioso e inviável. O sucesso dessa abordagem também foi observado no primeiro cenário, onde as Remotas de Baixo Custo superaram obstáculos onde a cobertura de redes móveis é escassa, evitando a falta de leitura e faturamento pelo mínimo da classe.

Esses resultados reforçam a eficiência da solução LoRaWAN da em resolver problemas comuns enfrentados pelo setor de energia elétrica, contribuindo para uma gestão mais inteligente e sustentável. Percebeu-se o impacto da escolha analítica dos pontos de instalação, assim como no maior número diário de envios, que permitem um acompanhamento mais preciso das unidades consumidoras.

Além disso, a empresa tem planos de expansão, visando a incorporação da tecnologia NB-IoT em suas soluções. Essa iniciativa visa oferecer ainda mais opções de dispositivos de baixo custo, mantendo o atendimento a todos os protocolos de comunicação dos medidores de energia. Com a utilização da tecnologia NB-IoT, a Zaruc pretende estender sua atuação e fornecer soluções ainda mais abrangentes para o mercado de energia elétrica.

A parceria entre a Zaruc Tecnologia e a concessionária resultou em um piloto que tem demonstrado seu potencial na resolução de desafios enfrentados pelo setor de energia elétrica. Através das Remotas de Baixo Custo, a telemedição tornou-se mais acessível e eficiente, possibilitando a coleta e transmissão de dados de medidores de energia de forma econômica, especialmente em locais de difícil acesso. Além disso,

a integração com sistemas do cliente permite o envio automático de dados para a gestão de informações, facilitando a tomada de decisões assertivas.

Os resultados positivos dos testes pilotos reforçam o sucesso da solução e abrem caminho para a expansão e massificação da tecnologia.

4. Referências bibliográficas

[1] CARRION, P.; QUARESMA, M. *Internet da Coisas (IoT): Definições e aplicabilidade aos usuários finais*. *Human Factors in Design*, v. 8, n. 15, p. 49–66, 22 mar. 2019.

<https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019049/9858>

[2] ALMEIDA, MARCELO. *Eficiência operacional com automação de processos*. Disponível em: <<https://gozuri.com/blog/automacao-eficiencia-negocios/em-busca-de-mais-eficiencia-como-automatizar-processos->
Acesso em: 27 jul. 2023.

<https://gozuri.com/blog/automacao-eficiencia-negocios/em-busca-de-mais-eficiencia-como-automatizar-processos-com-simplicidade-e-economia/>

[3] RAMOS, ARTHUR & GONDIN, CARLOS EDUARDO. *Avanços esperados frente à transformação global Os desafios do setor elétrico brasileiro*. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://www.strategyand.pwc.com/br/pt/relatorios/os-desafios-do-setor-el-25c3-25a9trico-brasileiro.pdf>>. <https://www.strategyand.pwc.com/br/pt/relatorios/os-desafios-do-setor-el-25c3-25a9trico-brasileiro.pdf>

[4] COSTA, HEMILLY NASCIMENTO. *MODOS E EFEITOS DAS FALHAS DE LEITURA DOS MEDIDORES DE CONSUMO DE ENERGIA EM UM BAIRRO DE VITÓRIA (ES)*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO) - INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, [S. l.], 2021. Disponível em: https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1899/TCC_Mod-os_e_Efeitos_das_Falhas_de_Leitura.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 27 jul. 2023.

[https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1899/TCC Modos e Efeitos das Falhas de Leitura.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/1899/TCC_Modos_e_Efeitos_das_Falhas_de_Leitura.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[5] ADAM, Leonardo. *DESENVOLVIMENTO E IMPLANTAÇÃO DE SOLUÇÃO PARA COMUNICAÇÃO BIDIRECIONAL DE LONGO ALCANCE COM MEDIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA*. 2022. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, [S. l.], 2022. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26721/DIS_PPGEE_2022_ADAM_LEONARDO.pdf?sequence=1. Acesso em: 27 jul. 2023. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/26721/DIS_PPGEE_2022_ADAM_LEONARDO.pdf?sequence=1

[6] FIGUEREDO, WESLEY KELSON RIBEIRO. *LEITURA AUTOMÁTICA DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM APLICATIVOS MÓVEIS*. 2018. MONOGRAFIA (BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/3575/1/WESLEY-FIGUEREDO.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2023. <https://monografias.ufma.br/jspui/bitstream/123456789/3575/1/WESLEY-FIGUEREDO.pdf>

[7] SANT'ANA, Jean Michel de Souza. *Redes LoRaWAN: implantação e desenvolvimento de aplicações*. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Telecomunicações) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, [S. l.], 2017. Disponível em: https://docente.ifsc.edu.br/noronha/documentos/TCC_Jean_Michel.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023. https://docente.ifsc.edu.br/noronha/documentos/TCC_Jean_Michel.pdf

- [8] SILVA, FLÁVIO EDUARDO SOARES E. LORAWAN PARA COMUNICAÇÕES DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES EM ÁREAS SUBURBANAS E RURAIS. 2019. Dissertação de Mestrado (Pós-Graduação em Engenharia Elétrica) - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA, [S. l.], 2019. Disponível em: https://docente.ifsc.edu.br/noronha/documentos/TCC_Jean_Michel.pdf. Acesso em: 27 jul. 2023. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/19446/DIS_PPGEE_2019_SILVA_FLAVIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/19446/DIS_PPGEE_2019_SILVA_FLAVIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [9] Tecnologia celular e Tecnologia LPWA – como coexistem para soluções em IoT? Disponível em: <https://effortech.com.br/blog/tecnologia-celular-e-tecnologia-lpwa-como-coexistem-para-solucoes-em-iot/>. Acesso em: 27 jul. 2023.
<https://effortech.com.br/blog/tecnologia-celular-e-tecnologia-lpwa-como-coexistem-para-solucoes-em-iot/>
- [10] SPADINGER, R. Nota Técnica Outubro de 2021 N O 90 Diset SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DOS SERVIÇOS E TECNOLOGIAS ASSOCIADAS AO 5G NA EUROPA: INTERNET DAS COISAS (IOT), INDÚSTRIA 4.0. [s.d.].
https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/10895/1/NT_90_Diset_SituacaoAtualPerspectivas.pdf