



SMART CITIES

Eficiência energética e operacional por meio de iluminação pública inteligente



Leonardo da Silva Mattos*

SMART CITY – CIDADE INTELIGENTE

Nos últimos anos, temos ouvido com frequência a expressão *Smart City* que, em tradução simples e direta, significa “Cidade Inteligente”. Em poucas palavras, o conceito encerra o desejo de muitos governantes em agregar soluções tecnológicas inovadoras a diversos serviços providos numa cidade para seus cidadãos.

A camada de “inteligência” consiste em empregar estas soluções em prol da otimização de recursos públicos e, principalmente, do aumento da qualidade dos serviços prestados. Poderíamos citar inúmeras soluções inovadoras que vêm sendo aplicadas mundo afora, de forma combinada ou isoladamente, no sentido de criar cidades inteligentes, tais como:

- aplicativos para smartphones contendo oferta de serviços públicos diversos (ex: marcação de consultas médicas/hospitalares, controle de vacinas, acompanhamento em tempo real do trânsito, alertas meteorológicos, alertas de segurança etc.);
- digitalização de documentos públicos (certidões, carteira de identidade, título de eleitor, carteira de habilitação etc.);
- semáforos adaptativos às variações dinâmicas de tráfego urbano;
- pagamentos de serviços públicos por meio digital;

- câmeras digitais de vigilância pública, contendo algoritmos para detecção de comportamento suspeito, reconhecimento facial, objeto abandonado, invasões, leituras de placas, violações de trânsito etc.;
- acesso gratuito à Internet por meio de redes públicas wi-fi; e
- emprego de sensores IoT (*Internet of Things*) para monitoramento e gerenciamento remoto de condições ambientais (temperatura, qualidade do ar, poluição sonora, alagamentos etc.), bem como de serviços públicos (energia, iluminação, água, gás etc.) e serviços domésticos (consumo de energia, água, eletrodomésticos inteligentes etc.).

ILUMINAÇÃO PÚBLICA: BENEFÍCIOS DA TELEGESTÃO

No contexto de cidades inteligentes, no presente artigo, trataremos de um caso particular do emprego de sensores IoT para iluminação pública inteligente, abordando brevemente aspectos tecnológicos e os benefícios associados. Para começar, é importante reconhecer que, no mundo moderno, sistemas de iluminação pública são responsáveis por cerca de 20% do consumo mundial de energia elétrica. (Fonte: estudo *Climate Group*, Philips, 2019)

Portanto, é senso comum que a simples troca de lâmpadas incandescentes por lâmpadas de

LED gera uma grande eficiência energética e economia. Sim, sentimos isso no próprio bolso, quando fazemos essa migração em nossas residências e, da mesma forma, não é diferente para a iniciativa privada nos grandes comércios, empresas, indústrias etc.

Agora, pense numa cidade, com dezenas ou mesmo centenas de milhares de luminárias. Você consegue imaginar a economia proporcionada por esta simples troca de tipos de lâmpada numa cidade como o Rio de Janeiro, que possui cerca de quatrocentas mil luminárias apenas para iluminação pública? E se eu dissesse que a economia e a eficiência energética podem ser ainda maiores (aproximadamente cerca de 80%) se agregarmos à troca por lâmpadas de LED a famosa camada de “inteligência”, você acreditaria (vide figura abaixo)? Para provar isso, primeiro, vamos entender o que vem a ser esta camada de inteligência associada à iluminação pública, atualmente conhecida como “telegestão”.

De forma simplificada, telegestão consiste no monitoramento e gerenciamento remoto das luminárias, realizado por meio de recursos de telecomunicações.

Na prática, a telegestão de luminárias públicas tem como principais objetivos:

- medir periodicamente as grandezas (tensão, corrente, fator de potência, energia consumida etc.) da rede elétrica que alimenta

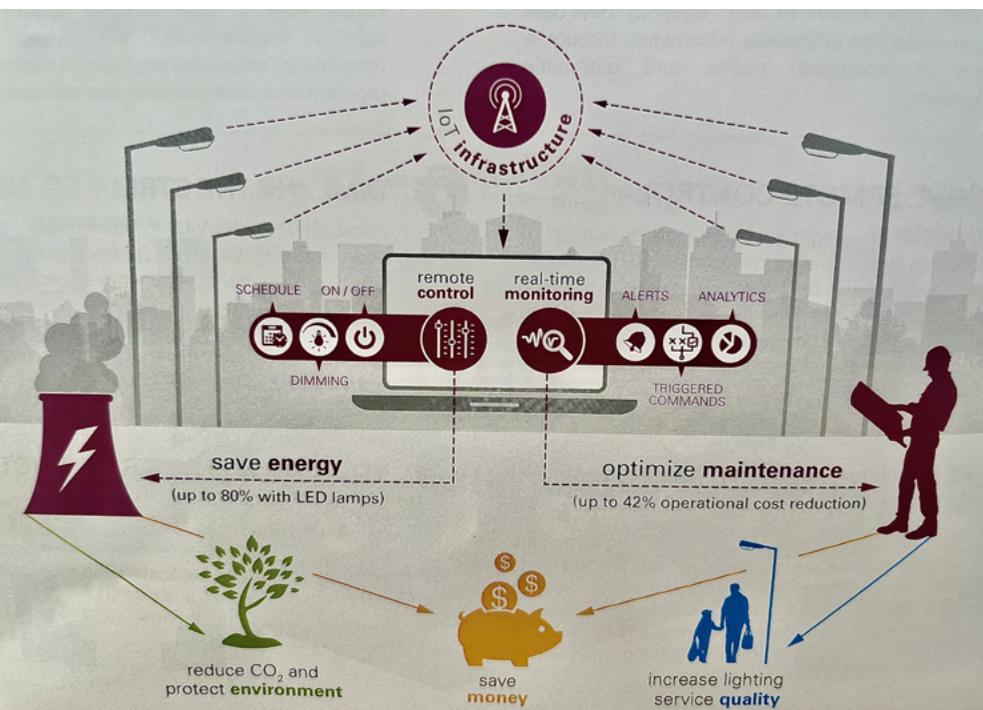
as luminárias permitindo o cálculo real do consumo de energia, confrontando-o com a conta da concessionária de energia;

- monitorar proativa e preventivamente, em tempo real, possíveis falhas tais como: flutuações indevidas de tensão/corrente na rede de alimentação, falhas de driver, lâmpadas acesas durante o dia, apagadas durante à noite, piscando etc. As falhas geram alarmes e, assim, otimizam as ações operacionais de reparo. Esta otimização pode representar até 42% de custo operacional já que implica um controle mais efetivo das ações preventivas e corretivas;
- aumentar a satisfação da população em relação ao serviço de iluminação pública por meio de um serviço de manutenção mais efetivo e de melhor qualidade e aumento da vida útil das lâmpadas;
- gerar relatórios periódicos contendo compilação de alarmes/falhas que possam ser analisados por ferramentas de *big data* de forma a otimizar os planos de manutenção, controle de sobressalentes e substituição de luminárias; e
- realizar agendamento inteligente (*smart scheduling*) em grupos de centenas ou milhares de luminárias, aplicando programas diários de redução do nível de luminosidade (dimerização) baseados em calendário astronômico, fotocélula ou detecção de movimento. Tais agendamentos programados podem gerar significativo aumento da eficiência energética como veremos adiante.

O QUE É TELEGESTÃO? QUAIS TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS?

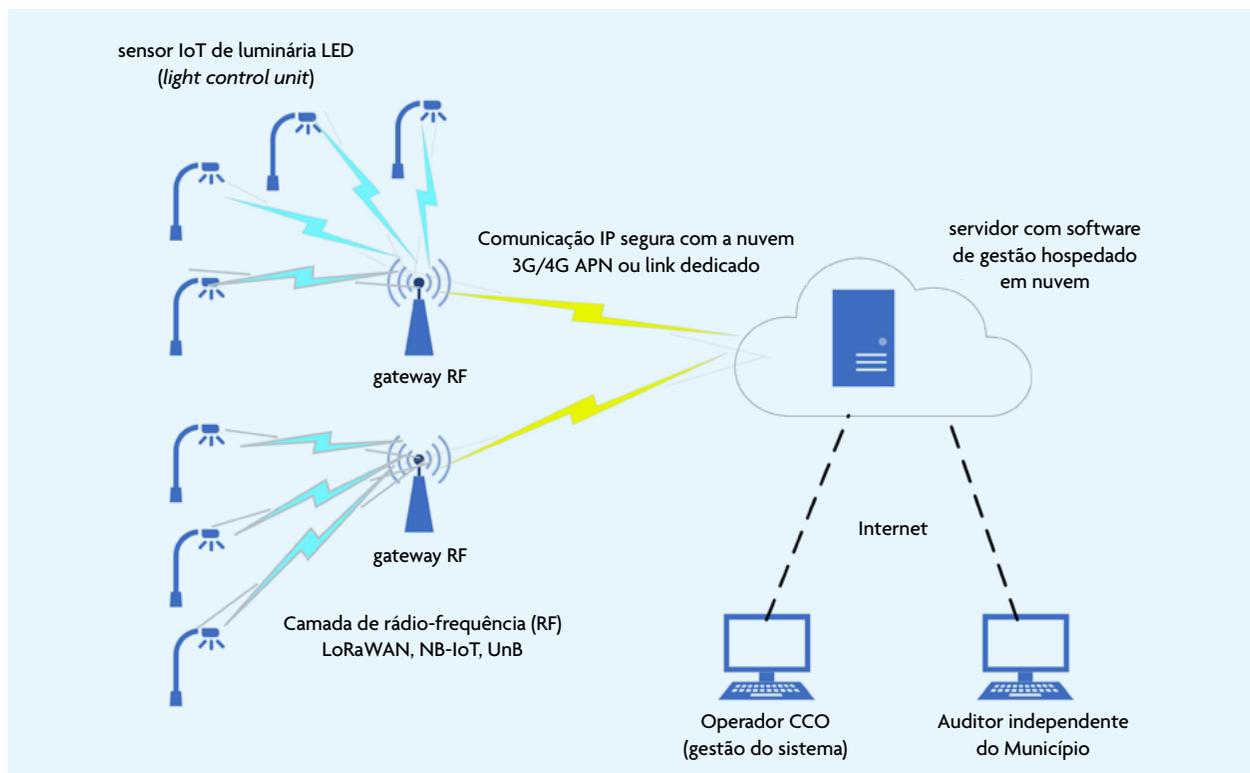
A figura seguinte ilustra um sistema completo de telegestão que é basicamente composto por: sensores IoT acoplados na luminária, segmentos de rádio-frequência (RF), *gateways* ou estações rádio base, segmentos de *backhaul* (links entre *gateways* e nuvem), ambiente em nuvem para hospedagem, software de telegestão e operadores.

A seguir, vamos conhecer um pouco mais dos detalhes sobre cada um destes componentes.



Eficiência Energética e Operacional – LED mais Telegestão

Arquitetura simplificada de um sistema de telegestão



- Sensor IoT de luminária – consiste num simples hardware, também chamado de LCU – *Light Control Unit* – que é conectado diretamente às luminárias de LED. Este sensor pode comandar a luminária (ligar/desligar/dimerizar) e coletar todas as medições elétricas relevantes. O sensor também contém a interface de rádio-frequência (RF) para comunicação de dados com os seus respectivos *gateways*, de acordo com a tecnologia adotada;
- Segmento de RF – segmento de rádio-frequência (RF) entre o sensor IoT de luminária e seu respectivo *gateway* (ou estação rádio base). Este segmento será caracterizado pela adotada tecnologia de RF para IoT. Atualmente, as tecnologias mais comuns em frequência não licenciada são: LoRa (*long range*) e SigFox. E as tecnologias mais comuns em frequência licenciada são: NB-IoT (*Narrow band IoT*) provida por diversos operadores de Telecom (Claro, Vivo, TIM etc.), UnB (*Ultra narrow Band*) da fabricante Philips ou Galaxy da fabricante ST Engineering.
- *Gateway* (ou estação rádio base) – consiste no hardware a ser instalado em altura adequada (postes, topos de prédios ou torres) e em posição pré-definida em projeto, de forma a prover máxima cobertura de RF para um dado grupo de sensores IoT de luminárias. Cada *gateway* se comunica por RF com um conjunto de sensores e, pelo segmento de *backhaul*, se comunica, via 3G/4G ou link dedicado, com a nuvem de hospedagem do software de telegestão. Dependendo da tecnologia empregada, um único *gateway* pode oferecer cobertura de comunicação em RF para até vinte mil sensores de luminária, num alcance de até 10 km de raio.

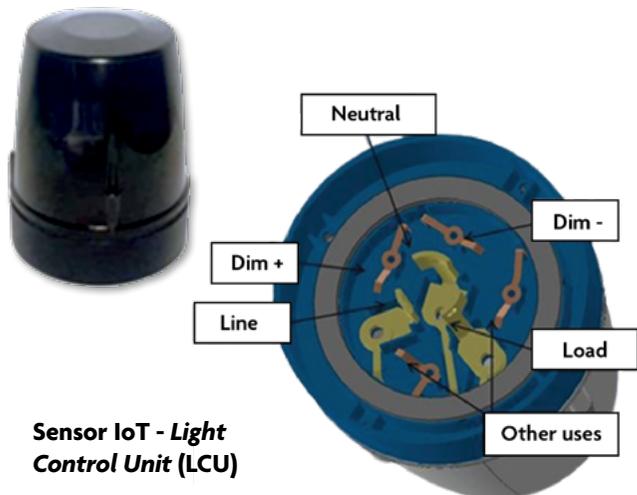




Ilustração de um típico gateway usando tecnologia LoRaWAN

- Segmento de *backhaul* – este segmento permite a comunicação, via protocolo TCP/IP, entre os *gateways* e a nuvem onde se encontra hospedado o software de telegestão. Normalmente, este segmento é constituído por meio de conexão segura e dedicada (fibra óptica ou APN privada 3G/4G) com a Internet.
- Nuvem de Hospedagem – consiste no ambiente virtual onde se encontra hospedado o software central de gerenciamento de telegestão. O ambiente de hospedagem em nuvem é acessível via Internet apenas por quem tem direito de acesso, possui infraestrutura escalável, e oferece sistema seguro de proteção em rede que garante a disponibilidade e confiabilidade do serviço. Exemplos: AWS (Amazon Web Services), Microsoft Azure, Oracle Cloud ou nuvens corporativas.

- Software de Telegestão – também chamado de *Central Management Software* – consiste na plataforma de software de gerenciamento, hospedada na nuvem, que permite todo o gerenciamento remoto dos sensores IoT e, por conseguinte, do parque de iluminação pública. Por meio do software, é feito o monitoramento em tempo real das grandezas elétricas e alarmes, a geração de relatórios e o agendamento programado para dimerização. Normalmente, este software de telegestão está integrado com outros sistemas típicos de iluminação pública, tais como: sistema de operação e manutenção, sistema de abertura de chamados (*call center*), sistema de controle de inventário etc.
- Operadores – Os operadores do Centro de Controle Operacional (CCO) acessam o sistema de telegestão de forma segura para fins de operação/gestão de todo ambiente de campo (sensores IoT, *gateways* e luminárias). Geralmente uma das telas de um sistema de *videowall* é dedicado ao sistema de telegestão. Os operadores do fabricante do software também podem acessar o sistema para realizar a gestão do software, ou seja, eventuais manutenções corretivas e evolutivas.

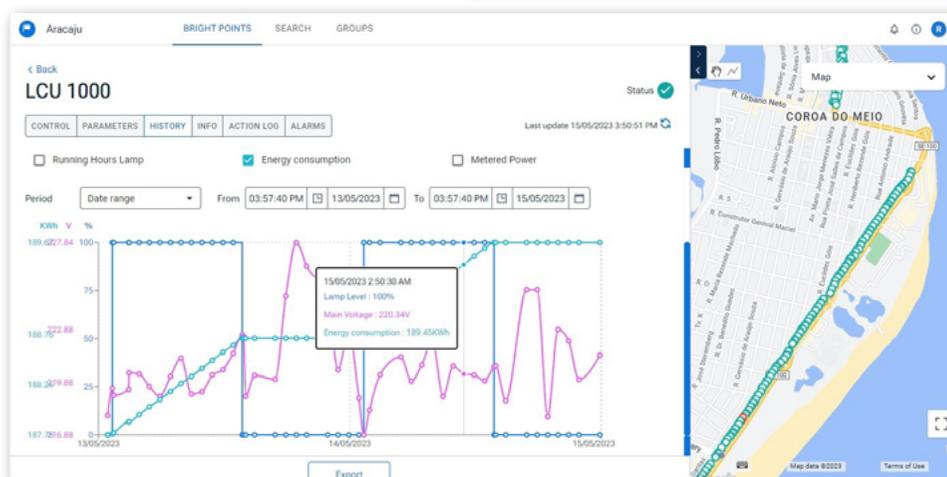
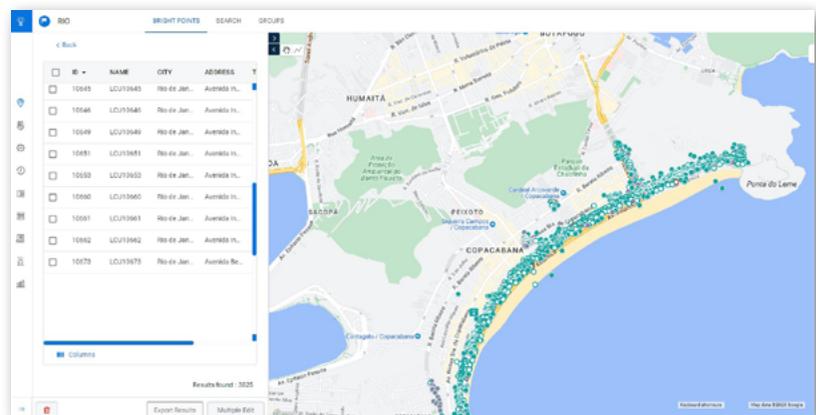


Ilustração do software de telegestão Bright City (empresa: ST Engineering) no Rio de Janeiro

Software de telegestão - medições de grandezas elétricas (Voltagem, Nível de iluminação, Energia consumida) em Aracaju

vas, bem como eventual necessidade de suporte remoto de segundo nível.

POR QUE DIMERIZAR? O QUE SE PODE GANHAR COM ISSO?

Dimerizar consiste na redução da luminosidade de uma dada lâmpada. Em termos práticos, significa reduzir a potência em Watts de uma dada lâmpada em relação ao seu nível nominal de potência. É lógico perceber que esta ação reduz o consumo energético.

Nas cidades, assim como ocorre nas nossas residências, existem diversos momentos que não precisamos da luminosidade (potência) total nominal de uma dada lâmpada. Exemplos de cenários de aplicação de programas de dimerização:

- vias públicas de pouco movimento de pessoas e/ou carros, durante a madrugada, respeitando os cenários de violência urbana;
- logo após o pôr do sol, já que, em algumas estações do ano, principalmente no verão, existe ainda boa luminosidade natural residual que perdura por um bom tempo;
- um pouco antes do sol nascer, uma vez que, em algumas estações do ano, principalmente no verão, já existe um certo nível de luminosidade natural antes do nascer do sol; e
- de acordo com as características e necessidades específicas de uma dada área: comercial, residencial, industrial, parques, praças etc.

A fim de exemplificar de forma simplificada a potencial economia decorrente da aplicação de políticas de dimerização, vamos considerar as seguintes premissas hipotéticas:

- atualmente, o período médio para aferição do consumo de energia é aproximadamente de 12h, independentemente da época do ano;
- aplicação de dimerização de 70% da potência no período de 4h, durante a madrugada de: 1h às 5h;
- aplicação de dimerização de 50% da potência durante 1h após o pôr do sol e aplicação de dimerização de 50% da potência durante 1h antes do nascer do sol; e
- para facilitar o cálculo, consideremos lâmpadas de 100W.

Além da possível dimerização, é importante notar que a economia mais significativa gerada



pela telegestão é aquela que advém do uso de sensores homologados pelo INMETRO para realizar a medição real (e não estimada!) de energia consumida. Assim, as contas atualmente apresentadas pela concessionária de energia, baseadas em consumo estimado e inventários nem sempre consistentes, podem ser confrontadas e corrigidas, gerando economias para o Município.

Cálculo de consumo energético por lâmpada por dia:

- Sem dimerização:
 $100W * 12 \text{ horas} = 1.200 \text{ Wh/dia}$
ou 1.2 kWh/dia
- Com política de dimerização hipotética sugerida:
 $0,5 * 100W * 1h + 1 * 100W * 6h + 0,7 * 100W * 4h + 0,5 * 100W * 1h = 0.98kWh/dia$

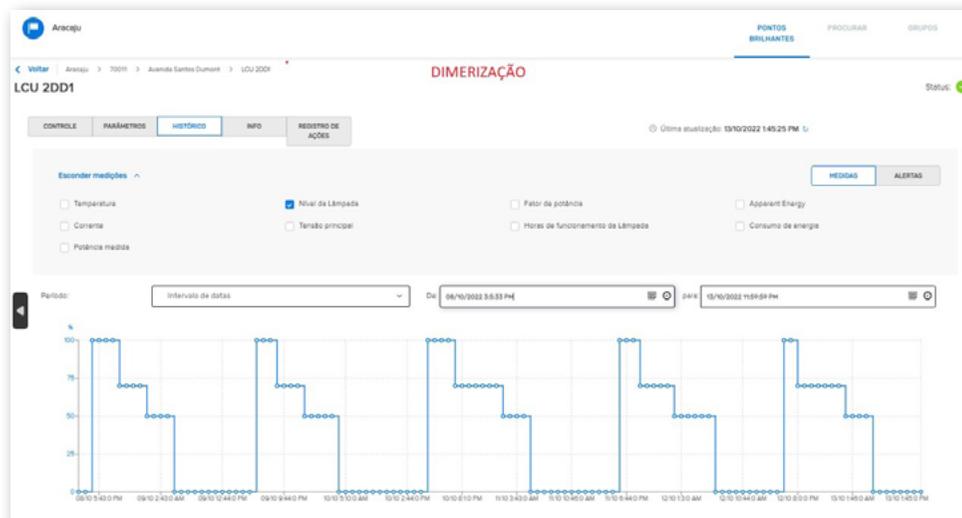
Cálculo de percentual de economia por lâmpada por dia:

$$0.98/1.2 = 0.82 \rightarrow 18\% \text{ de economia}$$

Cálculo de percentual de economia em R\$ por ano numa cidade típica:

(Considerando uma cidade de pequeno/médio porte como Feira de Santana, com cerca de vinte mil luminárias, com custo médio de R\$0,37/kWh)

- Gasto total sem dimerização:
 $20.000 \text{ luminárias} * 1.2kWh/dia * 30 \text{ dias} * 12 * R\$0.37/kWh = R\$3.196.800,00/ano$
- Gasto total com dimerização:
 $0,82 * R\$3.196.800,00/ano = R\$2.621.376,00/ano$
→ Economia estimada de R\$ 575.424,00/ano



Exemplo de um programa de dimerização (cidade: Aracaju)

do mercado de concessões e parcerias público-privadas (PPP). Pode-se dizer que esse segmento foi o que apresentou o maior crescimento em volume de projetos de PPP no Brasil.

Isto porque os serviços públicos de iluminação pública

OUTRAS APLICAÇÕES EM SMART CITY

Um projeto de telegestão de iluminação pública, uma vez implantado, se torna a base para alavancar outras iniciativas para tornar uma cidade inteligente, ou seja, a mesma rede de telecomunicações montada para telegestão pode ser aproveitada ou adequada para a coleta de dados e gerenciamento remoto de outros sensores IoT tais como: estacionamento inteligente, medidores de água, gás, coleta de tráfego urbano, resíduos sólidos (lixo), rastreamento de animais, monitoramento de poluição do ar ou sonora etc.

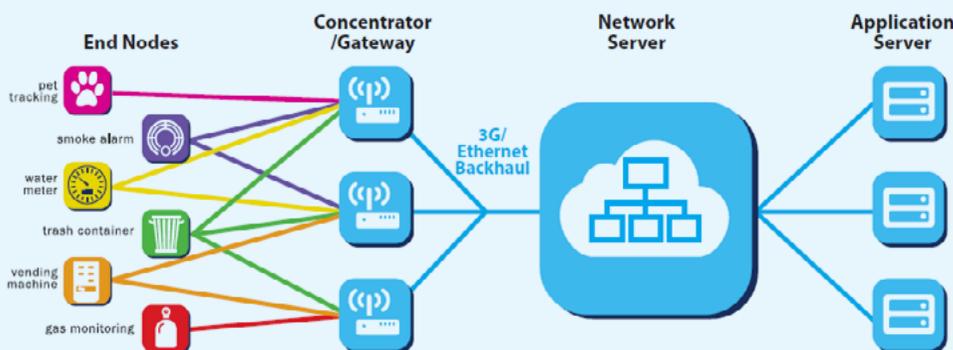
AS INICIATIVAS E TENDÊNCIAS NO BRASIL

Nos últimos anos, o segmento de Iluminação Pública ganhou muito destaque no âmbito

e telegestão geram impactos na vida de todos os cidadãos e os projetos desse segmento surgiram com o objetivo de tornar mais eficiente e incrementar a qualidade do serviço nas cidades. Atualmente, existem mais de 450 projetos em andamento no Brasil neste setor (fonte: Radar PPP, 2022). Na cidade do Rio de Janeiro, e em outros municípios do país, as PPP de iluminação pública incluem ainda outros projetos complementares de cidades inteligentes, tais como: pontos gratuitos de acesso público à Internet por wi-fi, câmeras inteligentes, rede de conectividade para controladores semafóricos, redes ópticas urbanas e sensores IoT diversos.

As concessões no setor de saneamento também têm alavancado o emprego amplo de sensores IoT para medição de fluxos de água e esgoto, controle remoto de válvulas e detecção de vazamentos, propiciando economias ao concessionário, otimização e uma melhor qualidade dos serviços prestados à população.

Em suma, a tendência é que projetos envolvendo sensores IoT se tornem cada vez mais comuns, pois agregam às cidades camadas de inteligência que incrementam eficiência energética, operacional e, acima de tudo, contribuem para um mundo mais sustentável. ■



Outros sensores IoT que potencializam o conceito de Smart City

* Capitão de Mar e Guerra (RM1-EN), Mestre em Engenharia Elétrica pela *Naval Postgraduate School*