



Escola Politécnica
Universidade de São Paulo

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Engenharia Civil e Ambiental

Alex Sion Turkie Farina

João Lucas Huet de Castro de Arruda Villaça

Renato Falco Castelo Correa

SOBRE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE:

Cenário Brasileiro

São Paulo

2019

Alex Sion Turkie Farina
João Lucas Huet de Castro de Arruda Villaça
Renato Falco Castelo Correa

SOBRE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE:
Cenário Brasileiro

Trabalho de formatura apresentado ao curso de Engenharia
Civil e Ambiental como requisito final para obtenção do grau
de Bacharel de Engenharia da Universidade de São Paulo

Orientador: Professor Miguel Bucalem

São Paulo

2019

SOBRE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE:
Cenário Brasileiro

Alex Sion Turkie Farina
João Lucas Huet de Castro de Arruda Villaça
Renato Falco Castelo Correa

Orientador: Professor Miguel Bucalem

Trabalho de formatura apresentado ao curso de Engenharia
Civil e Ambiental como requisito final para obtenção do grau
de Bacharel de Engenharia da Universidade de São Paulo

Aprovado pela Banca:

Prof. Miguel Luiz Bucalem

Prof^a Dr^a Renata Maria Marè

Prof. Dr. Marco Antônio Saidel

São Paulo

2019

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer e dedicar este trabalho:

- Ao professor Miguel Bucalem pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão deste trabalho.
- À professora Dra. Renata Marè por seu apoio e pela dedicação de seu tempo.
- Ao professor Dr. Marco Antonio Saidel por ter aceitado fazer parte da nossa banca examinadora.
- Aos Srs. Jonny Doin e Vitor Amuri pelo compartilhamento de materiais e de conhecimento.
- A todos os professores do curso, que foram tão importantes na vida acadêmica e em nosso desenvolvimento.
- Aos nossos pais, irmãos e amigos que nos ajudaram e nos deram forças ao longo de nossa faculdade.

RESUMO

Farina, Alex Sion Turkie. Villaça, João Lucas H. C. A.. Falco, Renato Castelo Correa. **Sobre Iluminação Pública Inteligente:** Cenário brasileiro. Trabalho de Formatura - Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o panorama global das novas tecnologias aplicáveis à iluminação pública para possível instalação em cidades brasileiras. O tema se justifica sobretudo pelo potencial que soluções inteligentes, implementadas por meio de parques de iluminação pública, tem em contribuir na melhoria da qualidade de vida da população e na gestão dos recursos públicos desde que bem estruturadas e planejadas. Além disso, para entender o cenário brasileiro e viabilizar a implantação dessas iniciativas, justifica-se a importância das Parcerias-Público-Privadas (PPPs), que vem obtendo significativo destaque e são alternativa e solução às dificuldades financeiras e operacionais dos municípios. Também esclarece porque no Brasil as iniciativas em Iluminação Pública por esse meio ainda são ineficientes. Com isso, são elencadas melhorias práticas para mudar esse cenário, além de destacar a infraestrutura básica para implementação de postes inteligentes que permitam usufruir tanto de tecnologias que já existem quanto as que ainda estão por vir. Assim, difundir a visão de que a PPP é um instrumento decisivo na instalação de postes inteligentes no Brasil é foco deste trabalho, a fim de contribuir para que projetos futuros, com sustentabilidade, atendam às necessidades e interesses da população e incentive o desenvolvimento de *smart cities* no país.

Palavras-chave: Iluminação Pública; Postes Inteligentes; PPP; Internet das Coisas; COSIP; Cidades Inteligentes

ABSTRACT

Farina, Alex Sion Turkie. Villaça, João Lucas H. C. A.. Falco, Renato Castelo Correa. **Sobre Iluminação Pública Inteligente:** Cenário brasileiro. Trabalho de Formatura - Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

This work aims to present the global panorama of new technologies applicable to street lighting for installation in Brazilian cities and the transformation process of this sector. The theme is mainly justified by the potential of smart solutions, to be implemented through public lighting parks, to improve the quality of life and the management of public resources provided they are well structured and planned. In addition, to understand the Brazilian scenario and to enable the implementation of these initiatives, the work illustrates the importance of Public-Private-Partnerships (PPPs), which gets significant prominence and are alternatives and solutions to the economic and operational difficulties of the municipalities. It also clarifies why in Brazil, street lighting initiatives in this way are still inefficient. This also enhances practical measures for changing this scenario, as well as highlighting the basic infrastructure for implementing smart postings that allow us to use both existing and upcoming technologies. That is, spread the view that a PPP is a decisive instrument for the installation of smart lighting posts in Brazil is the focus of this work, an end to contribute to future projects, with sustainability, meeting the needs and interests of the population and encouraging the development of smart cities in the country.

Keywords: Public Lighting; *smart posts*; PPP; Internet of Things; COSIP; *smart cities*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Lâmpião à óleo	16
Figura 2 - Postes com lâmpões a gás de hulha de baleia	16
Figura 3 - Lâmpada Arco Voltaico	17
Figura 4 - Lâmpada Arco Voltaico acesa	17
Figura 5 - Lâmpada Incandescente desenvolvida por Edson	17
Figura 6 - A evolução dos dispositivos de iluminação	18
Figura 7 - Exemplo do wi-fi nos telefones públicos	22
Figura 8 - Utilização do sistema babá da metrópole	23
Figura 9 - Integração das áreas em Cidades Inteligentes	24
Figura 10 - Plataforma de Sistemas Inteligentes	25
Figura 11 - Poste inteligente de Hong Kong	28
Figura 12 - Modelo do Humble Lamp Post	30
Figura 13 - Potencial de aplicabilidade dos postes inteligentes	31
Figura 14 - Variabilidade dos custos do poste em função dos sensores	32
Figura 15 - Variação dos custos do Humble Lamp Post	33
Figura 16 - Especificações técnicas	36
Figura 17 - Exemplo de software de processamento de dados da ITRON	36
Figura 18 - Mercado de Iluminação Pública Regionalizado	44
Figura 19 - Estrutura de autarquia para Iluminação Pública	46
Figura 20 - Estrutura padrão de PPPs no Brasil	47
Figura 21 - Estrutura societária de empresa vencedora de licitação	48
Figura 22 - Número de PPPs por setor	50

Figura 23 - Conversão de PMIs de Iluminação Pública	51
Figura 24 - Localização dos postes de iluminação em Caraguatatuba	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Benefícios Humble Lamp Post	34
Tabela 2 - Transferência dos ativos de IP - Municípios não regularizados	38
Tabela 3 - Tipos de lâmpadas empregadas na Iluminação Pública no Brasil	38
Tabela 4 - Variação do valor da COSIP 2002 a 2018	41
Tabela 5 - Evolução do tipo de lâmpada utilizada em Caraguatatuba	60

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentual da população residente por situação no Brasil	49
Gráfico 2 - Número de intervenções para manutenção registradas	61

Sumário

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 METODOLOGIA	19
2. CONCEITOS PARA ENTENDER ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE	20
2.1 <i>INTERNET OF THINGS (IoT)</i>	20
2.1.1 <i>IoT</i> em Nova Iorque	21
2.1.1.1 Sensores de movimentos em escolas	21
2.1.1.2 Câmeras de trânsito inteligentes	21
2.1.1.3 Sistema de balsas	21
2.1.1.4 Internet Wi-fi em telefones públicos.	22
2.1.2 <i>IoT</i> em Recife	23
2.1.2.1 Sensores de ruído (babá da metrópole)	23
2.2 SMART CITIES	24
3. PESQUISA DE INICIATIVAS EM POSTES INTELIGENTES	26
3.1 CENÁRIO GLOBAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE	26
3.1.1 Bristol, Inglaterra	26
3.1.2 Paris, França	26
3.1.3 Copenhague, Dinamarca	27
3.1.4 Hong Kong, China	27
3.2 INICIATIVA TRANSNACIONAL: HUMBLE LAMP POST	29
3.2.1 Introdução	29
3.2.2 Descrição do Humble Lamp Post	29
3.2.3 Viabilidade do Humble Lamp Post	30
3.2.4 Custo de Implementação do Humble Lamp Post	31
3.2.5 Fornecedores Humble Lamp Post	33
3.2.6 Benefícios do Humble Lamp Post	33
4. TELEGESTÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS DE POSTES INTELIGENTES	35

	13
4.1 TELEGESTÃO	35
4.2 SOFTWARE DE PROCESSAMENTO DE DADOS	36
5. ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL	37
5.1 CENÁRIO ATUAL	37
5.2 CONTRIBUIÇÃO PARA O CUSTEIO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	39
5.2.1 Instituição da COSIP	40
5.2.2 Institucionalização da COSIP	40
5.2.3 Funcionamento da COSIP na Cidade de São Paulo	41
5.2.4 COSIP para Iluminação Inteligente	42
5.3 MERCADO ATUAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA	44
5.4 ESTRUTURAS DE GESTÃO E OPERAÇÃO DOS PARQUES DE ILUMINAÇÃO	45
5.4.1 Autarquias	45
5.4.2 Operações de Ativos	46
5.4.3 Parcerias-Público-Privadas	46
6. POTENCIAL DAS PPPs PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	49
7. BOAS PRÁTICAS EM PPPs	52
7.1 PROJETOS E ESTUDOS ELABORADOS PELAS PMIs	52
7.2 ESTRUTURAÇÃO DOS MUNICÍPIOS PARA AVALIAÇÃO	53
7.3 OBTENÇÃO DE FINANCIAMENTO DOS PROJETOS DO SETOR	54
7.4 UTILIZAÇÃO DA COSIP	56
8. CASO BRASILEIRO BEM SUCEDIDO EM ILUMINAÇÃO INTELIGENTE	58
8.1 OBRIGAÇÕES CONTRATUAIS	58
8.2 RECEITAS E PROJEÇÕES DE INVESTIMENTOS	59
8.3 SITUAÇÃO ATUAL	60
9. INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS POSTES	63
9.1 LED	63
9.2 FIBRA ÓPTICA	64
9.3 POSTES INTELIGENTES	65
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS	67

	14
10.1 CONTRIBUIÇÕES E CONCLUSÕES	67
10.2 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69
11. REFERÊNCIAS	70

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Um dos primeiros registros que se tem em relação a políticas públicas que tratavam do tema de iluminação pública no mundo remete ao século XV, mais precisamente 1417, quando o prefeito de Londres, *Sir Henry Barton*, decretou por lei que durante os meses que compunham o inverno todas as casas deveriam ter, do lado exterior de suas janelas, lampiões, que na época utilizavam o azeite como combustível. A responsabilidade de manter os primitivos dispositivos de iluminação em operação cabia também aos residentes. Tal medida estava diretamente ligada a esforços de redução na criminalidade da cidade (PEREIRA, 1954).

Até o início do século XIX nenhum avanço significativo foi feito. O que havia era a utilização em massa dos lampiões a óleos vegetais ou gordura animal (como o óleo de baleia) (COMERLATO, 2010), até que surgiram nas cidades européias o sistema de iluminação pública que utilizava gás como combustível. O gás mais utilizado era o gás de hulha, uma espécie de carvão mineral com alto índice de carbono em sua composição.



Figuras 1 e 2: Lampião utilizado com óleo de baleia e postes com lampiões a gás de hulha

Fonte: Prefeitura da Cidade de São Paulo

O serviço de iluminação a gás persistiu até meados do século XX em muitas cidades, sendo progressivamente substituído por parques de iluminação de lâmpadas elétricas de arco voltaico e mais tarde por lâmpadas incandescentes (a primeira lâmpada incandescente viavelmente comercializável foi desenvolvida por Thomas Edison em 1879) e por lâmpadas elétricas fluorescentes desenvolvidas por Tesla (MUNSON, 2005). Na década de 1960 foram introduzidas as lâmpadas de halogênio (iodo e bromo), que consistem em lâmpadas incandescentes com filamento de tungstênio, as quais possuem uma vida útil consideravelmente maior do que as lâmpadas até então inventadas (ARAÚJO MOREIRA, 1999).



Figuras 3, 4 e 5: Lâmpadas de Arco Voltaico e lâmpada incandescente desenvolvida por Thomas Edison

Fonte: Revista Galileu

Apesar de ter sido inventado em 1961, os *Light Emitting Diodes* (LED), diodo emissor de luz (em português) chegaram ao ramo de iluminação somente em 1999 (COSTA, 2005). As lâmpadas de LED, embora já sejam bastante utilizadas em países desenvolvidos, têm sido vistas como o futuro próximo da iluminação no mundo todo. Isso se justifica pelas variadas vantagens que esse tipo de lâmpada tem, quando comparada às demais lâmpadas como: o tempo de vida útil, a depreciação luminosa, a economia de

energia, o fato de não gerar calor e ser ecologicamente correta, ou seja, não contém materiais pesados, suas estruturas são 95% retornáveis e são recicláveis.



Figura 6: A evolução dos dispositivos de iluminação

Fonte: Museu Catavento

Neste sentido, uma vez que a humanidade caminha em constante evolução, procurando novas soluções para novos problemas, o advento de tecnologias inovadoras no setor da iluminação pública faz parte desse processo. Este trabalho busca discutir a possível implementação do que há de mais moderno ao redor do mundo, no Brasil.

1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação principal deste trabalho reside em abrir as portas para o tema de Iluminação Pública Inteligente no país, uma vez que no Brasil iniciativas relacionadas a esse conceito ainda são pontuais e escassas. Dessa forma, pretende-se lançar uma luz para que futuramente a Iluminação Pública possa ser um dos vetores do desenvolvimento de *smart cities* no país.

De acordo com o BNDES (2017), a dificuldade de modernização da Iluminação Pública nos municípios brasileiros se justifica principalmente devido à carência de agentes públicos com conhecimento teórico, específico e

atualizado para determinar as melhores tecnologias a serem adotadas bem como a carência de recursos financeiros para realização dos investimentos necessários. Assim, ao reunir em um só documento as principais informações relevantes às tecnologias atuais e o principal meio financeiro para implantá-las (PPPs) , espera-se colaborar para que projetos futuros não sejam baseados exclusivamente em soluções tradicionais que não acompanham as tendências mundiais.

1.3 METODOLOGIA

Para embasamento teórico, foram pesquisados livros, dissertações, artigos e teses com assuntos pertinentes ao trabalho. Além disso, para compor o conhecimento técnico, também foram consultados especialistas das áreas de iluminação pública, diretores de empresas brasileiras que buscam explorar este tema, regulamentos, relatórios das entidades do setor e a legislação atual.

Com isso, pode-se extrair e filtrar as principais informações que permitiram a realização de um estudo exploratório das tecnologias, focadas em postes inteligentes, ao redor do mundo e posterior análise do estado atual da Iluminação Pública no país e seus meios para se inserir nesse processo. As fontes e referências encontram-se no final da monografia.

2. CONCEITOS PARA ENTENDER ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE

Antes de entrar no tema específico da Iluminação Pública Inteligente é necessário esclarecer dois conceitos que serão recorrentemente citados ao longo do trabalho e sem os quais não seria possível entender a origem dos postes inteligentes. São eles Internet das Coisas e Cidades Inteligentes.

2.1 INTERNET OF THINGS (IoT)

Não existe uma definição exata para *IoT*, porém praticamente todas as que existem, convergem para um mesmo significado. A chamada Internet das coisas é uma novidade recente que fornece um conjunto de novos serviços viabilizados pelas inovações tecnológicas. As aplicações de *IoT* são praticamente ilimitadas, já que permitem uma integração do mundo digital com o mundo físico (EVANS, 2011). Ela é baseada em integrações de diversos processos como identificação, detecção, rede e computação, e permite inovações tecnológicas em grande escala gerando serviços de valor agregado que personalizam a interação dos usuários com as “coisas”.

Segundo o BNDES em 2017, o processo que “requer o desenvolvimento de inúmeras tecnologias, abrangendo desde o componente semicondutor, que permite a um sensor medir uma determinada grandeza física, passando por um chip, que transmite esse dado até um servidor que trata a informação, transformando-a em conhecimento e agregando-lhe valor” é considerado *IoT*.

Para esclarecer a importância desse conceito, estudos recentes apontam o potencial econômico e político que essa tendência possui. A consultoria estratégica *McKinsey & Company* realizou um trabalho em que estimou-se um impacto de *IoT* na economia global de 4% a 11% do produto interno bruto do planeta em 2025 (entre 3,9 e 11,1 trilhões de dólares). Até 40% desse potencial deve ser capturado por economias emergentes. No Brasil, estima-se de 50 a 200 bilhões de dólares de impacto econômico anual em 2025. Além disso, o BNDES já elaborou uma cartilha de cidades, como um guia para a aplicação da *IoT* no Brasil. Tal cartilha compõe um plano maior de

criação de políticas públicas nacionais para a implementação da internet das coisas a partir de 2018.

Dito isso, existem inúmeros aplicativos de *IoT* que podem ser agrupados em vários domínios, como saúde, tráfego, logística, varejo, agricultura, medição inteligente, monitoramento remoto, automação de processos etc. Neste contexto, com o objetivo de ilustrar o tema, serão apresentadas algumas iniciativas, ainda que com nível de sofisticação baixa, em Nova Iorque e Recife.

2.1.1 *IoT* em Nova Iorque

2.1.1.1 Sensores de movimentos em escolas

Também é possível citar como uma iniciativa de *IoT* a instalação de sensores de movimento nas escolas da cidade, ou seja, a luz se acende apenas nos momentos que há pessoas circulando. Esses sensores foram instalados em 90 escolas e permitiram a economia de 90 milhões de kilowatt hora (kWh), resultando em uma economia de mais de US\$ 2.000.000,00 por ano. Trata-se de uma iniciativa sustentável tanto economicamente quanto ambientalmente, dado que a maior parte da produção de energia americana provém de usinas a óleo e carvão. (Richter Gruppe, 2017)

2.1.1.2 Câmeras de trânsito inteligentes

A quarta e última iniciativa de Nova Iorque foi a instalação de câmeras inteligentes que monitoram trânsito da metrópole. Foram instalados 300 sensores e câmeras em cruzamentos da cidade resultando em estatística que, após analisadas e alterados os padrões semaforicos, foram capazes de reduzir em 10% o tempo médio de viagem. (Richter Gruppe, 2017)

2.1.1.3 Sistema de balsas

Outra iniciativa foi a da NY Waterway. Trata-se de uma empresa privada que presta serviços de transporte para a área de Nova Iorque, operando balsas nos rios Hudson e East. Recentemente anunciou que está usando ferramentas de rede e uma plataforma de comunicação que a HDS (*Hitachi Data Systems*,

subsidiária da empresa de tecnologia japonesa Hitachi) desenvolveu para suportar aplicações de cidade inteligente, como parte de um programa para melhorar a captura de vídeo, comunicações sem fio e sistemas de segurança em sua frota. No caso de emergência, o sistema permite que a NY Waterway emita alertas aos passageiros, através de telas digitais montadas em balsas e em terminais, e através de um sistema de anúncio público. A empresa também pode emitir alertas de segurança para as agências estaduais e locais e conceder-lhes acesso à plataforma. (Hitachi, 2018)

2.1.1.4 Internet Wi-fi em telefones públicos.

A primeira grande iniciativa da cidade foi a transformação de telefones públicos em pontos de acesso remotos para Wi-fi. Tal iniciativa foi uma parceria entre a Cisco, uma das maiores empresas americanas de telecomunicações, e a prefeitura de Nova Iorque. Para isso, foram instaladas plataformas em cada um dos telefones que faziam a conversão para pontos remotos de Wi-fi. Além disso, esse dispositivo era capaz de fornecer informações sobre eventos da vizinhança, notícias, listas de entretenimento, e ainda, alertas de segurança de tempestade. (Folha de São Paulo, 2016).



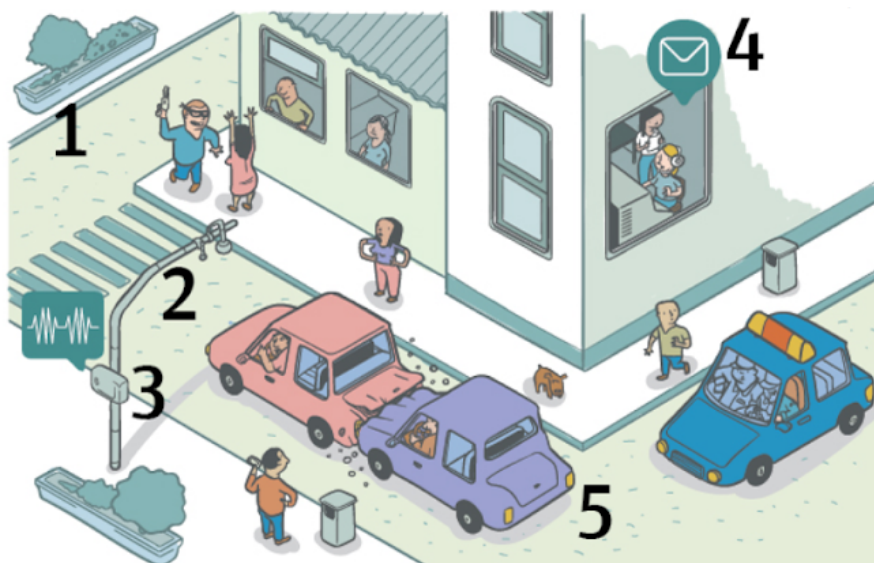
Figura 7: Exemplo do wi-fi nos telefones públicos

Fonte: Cisco

2.1.2 IoT em Recife

2.1.2.1 Sensores de ruído (babá da metrópole)

Em 2017 foi desenvolvida uma rede inteligente equipada com microfones que detectam os ruídos de um disparo de arma de fogo em um raio de até 80m. Tais microfones, além de detectar o ruído, também avisam as autoridades automaticamente. Além de disparos, os microfones são capazes de identificar freadas ou colisões e avisar as autoridades automaticamente. É previsto que, no futuro, tais microfones também sejam equipados com sensores que possam detectar incêndios e outras ocorrências. Cada ponto de monitoramento tem uma estimativa de custo de R\$2.000,00 até R\$4.000,00. (Prefeitura de Recife, 2018)



BABÁ ELETRÔNICA: como funciona o sistema

- 1 Um tiro de arma de fogo é disparado na rua
- 2 O barulho do disparo é capturado por um microfone
- 3 Um software processa o áudio e identifica até o calibre da arma de fogo
- 4 Um alerta de texto com a imagem e a localização exata da ocorrência é enviada para uma central de monitoramento da polícia
- 5 Policiais militares, guardas civis e bombeiros também são acionados em tempo real e podem prestar auxílio à ocorrência

Figura 8: Utilização do sistema babá da metrópole

Fonte: Prefeitura da Cidade de Recife 2018

2.2 SMART CITIES

Os problemas gerados pelo crescimento populacional acelerado e desordenado nas cidades estimularam o desenvolvimento de tecnologias que possuem como finalidade colaborar para solucionar os desafios decorrente da urbanização intensa. Neste contexto, a *IoT* e suas aplicações representam uma novidade na maneira de gerir e planejar as cidades (BNDES, 2017). As cidades que promovem a integração das diversas tecnologias proporcionadas pela *IoT* nas mais variadas áreas como transporte, saúde, habitação, meio-ambiente são chamadas *smart cities*.



Figura 9: Integração das áreas em Cidades Inteligentes

Fonte: ITRON 2018

A forma de aplicação dos recursos disponíveis a fim de garantir o desenvolvimento das cidades de forma sustentável e responsável não é uma tarefa simples. As Cidades Inteligentes buscam a interrelação entre os serviços urbanos para que sejam prestados de forma mais eficiente (FGV, 2015).

Nesse contexto, relaciona-se a Cidade Inteligente com a Iluminação Pública. A infraestrutura dos parques de iluminação permite que os postes sejam utilizados como suporte a outros dispositivos que monitoram a dinâmica de toda a cidade e se comunicam entre si. Isso é possível principalmente por ser abrangente, possuir grande capilaridade, ser eletrificada e, com adoção da

tecnologia *Light Emitting Diode* (LED), permitir sua conexão à rede a cabo ou sem fio.

Os dispositivos relacionados a Cidades Inteligentes abrangem desde câmeras de segurança para monitoramento de tráfego e segurança nas ruas e sensores que detectam poluição ambiental, até sensores que detectam eventos específicos, como deslizamentos, acidentes e disparos de armas de fogo (FGV, 2015). Os dados são coletados em tempo real, transmitidos para os Centros de Controle e Monitoramento das cidades através de dispositivos conectados à rede e posteriormente processados para informar a população caso haja complicações nos diversos sistemas urbanos ou riscos iminentes.

Para resumir este capítulo, a Internet das Coisas é o termo que traduz o fenômeno onde os objetos possuem novas funcionalidades devido aos avanços das Tecnologias de Informação e Comunicação¹ (TICs), isto é, um poste pode passar a auxiliar, além de propiciar iluminação, o monitoramento de trânsito. Já a Cidade Inteligente é aquela que, por meio dos recursos de *IoT*, interconecta e analisa indicadores urbanos, permite interatividade com os habitantes e viabiliza tomadas de decisões mais efetivas. Esses novos conceitos permitem uma nova perspectiva das cidades e das interações humanas.

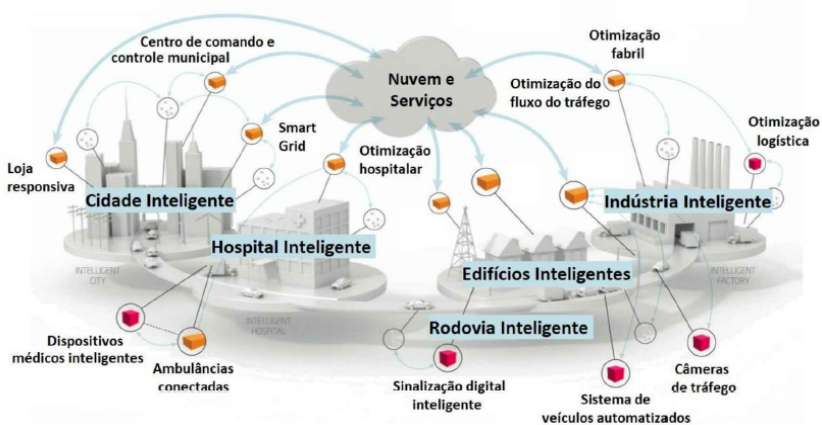


Figura 10: Plataforma de Sistemas Inteligentes

Fonte: Vermesan e Friess (2013), adaptação de Larissa Muse (2019)

¹ Segundo a ISO/IEC 29138-1:2018, as TICs podem ser definidas como a “tecnologia para coleta, armazenamento, recuperação, processamento, análise e transmissão de informações”.

3. PESQUISA DE INICIATIVAS EM POSTES INTELIGENTES

Introduzidos os conceitos de Internet das Coisas e Cidades Inteligentes, procura-se focar a partir deste capítulo no principal tema deste trabalho: Iluminação Pública Inteligente. Para isso, neste tópico, serão apresentadas as principais iniciativas ao redor do mundo para se obter conhecimento das tecnologias específicas à infraestrutura de iluminação, bem como os impactos e benefícios gerados por elas.

3.1 CENÁRIO GLOBAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA INTELIGENTE

Na Europa existem de 60 a 90 milhões de postes de iluminação. A energia consumida por esses postes resulta em um custo de mais de € 3 bilhões anualmente, representando de 20% a 50% da conta de energia das cidades. Além disso, no caso da União Europeia, 75% dos postes de luz possuem mais de 25 anos, resultando em gastos mais elevados com manutenção (PAPA, 2017). Para melhorar esse cenário, algumas cidades foram pioneiras na questão da implementação de postes inteligentes.

3.1.1 Bristol, Inglaterra

A cidade inglesa de Bristol foi participante de um projeto pontual de iluminação inteligente com a instalação de mais de 2 mil luminárias LED controladas por telegestão². Foi realizado por uma parceria com o conselho municipal de Bristol e a Universidade de Bristol (EUROPEAN GREEN CAPITAL, 2015). Os resultados atuais representam economias da ordem de 55% da energia de Iluminação Pública.

3.1.2 Paris, França

Já em Paris, foram instalados 16 mil gabinetes de telegestão para as 180 mil luminárias LED instaladas pela cidade. Destas luminárias, 1.800 possuem controladores para a sincronização de semáforos. O projeto resultou

² conjunto de *hardware* e *software* que permite o monitoramento remoto de sistemas de iluminação pública. Conceito aprofundado no próximo capítulo.

na economia de 30% da energia gasta pelos postes (European Green Capital, 2015).

3.1.3 Copenhagen, Dinamarca

Na capital dinamarquesa, foram instaladas 20 mil lâmpadas LED controladas e monitoradas remotamente. Tal investimento resultou em uma economia de 76% no uso de energia e 50% na operação e manutenção (O&M). Isto decorre principalmente da eficiência logística no planejamento das rotas de manutenção, uma vez que são conhecidas de antemão quais lâmpadas necessitam manutenção. Além disso, com esse sistema é possível executar manutenções preventivas, além das manutenções corretivas. (European Green Capital, 2019)

3.1.4 Hong Kong, China

As iniciativas anteriores, com exceção de Paris, representam bem o conceito de postes inteligentes que beneficiam especificamente a iluminação pública, isto é, não geram benefícios a outras áreas. Neste quarto caso, apresenta-se um caso Chinês, em que a prefeitura de Hong Kong experimenta a implementação de outros elementos e sensores alheios à iluminação.

Em parceria com a empresa ST Engineering, a cidade de Hong Kong atualmente realiza um teste para implantar pontos de iluminação personalizados (*multi-purpose lamp post*, MPLP) em Kowloon East, a área piloto da cidade inteligente de Hong Kong. O teste será finalizado até julho de 2020.

Os MPLPs serão interconectados a uma rede de telecomunicações potencializando os sensores de *IoT* fixados nos postes e, assim, permitirá a coleta em tempo real de dados da cidade, como clima, qualidade do ar, temperatura, informações relacionadas a fluxo de pessoas e veículos, gerenciamento urbano e suporte a várias aplicações de *smart cities* na cidade. Além disso, o poste também fornecerá serviços como *hotspots* de Wi-fi, carregamento de veículos elétricos, painel de informações para mapas e direções, atualizações de tráfego em tempo real e informações de espaço para

vagas de estacionamento. A energia para alimentar os postes de luz em um dos locais de teste será renovável, com utilização de placas solares.

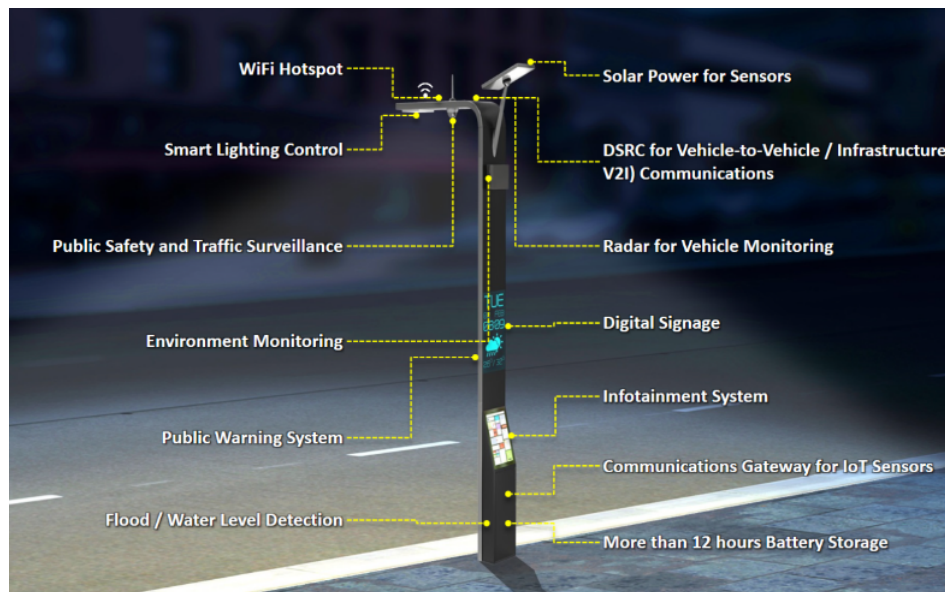


Figura 11: Poste inteligente de Hong Kong

“Este programa vai além da instalação de postes de iluminação para serviços de iluminação inteligentes. Ele aproveita a tecnologia para transformar postes de iluminação em infraestrutura inteligente que permitirá que serviços inteligentes sejam entregues aos residentes em Hong Kong. Tendo implantado com sucesso 15 milhões de sensores globalmente para iluminação pública, gestão de água e energia, estamos entusiasmados com esta oportunidade de ampliar nossa tecnologia e conhecimento para Hong Kong em sua jornada inteligente pela cidade”. *Ravinder Singh, presidente da Electronics, ST Engineering.*

Esse teste é o primeiro passo de Hong Kong para habilitar aplicativos de cidade inteligente, aproveitando a infraestrutura de iluminação pública para apoiar a implantação de uma rede de sensores sem fio robusta e resiliente. Dessa forma, conclui-se que a iniciativa não somente melhora a vida e segurança nas cidades como também alavanca estruturas já existentes.

3.2 INICIATIVA TRANSNACIONAL: *HUMBLE LAMP POST*

Similar ao caso de Hong Kong, a iniciativa transnacional *Humble Lamp Post* vai além da iluminação pública em si. É um exemplo que contribui para defender a idéia de que a infraestrutura dos parques de iluminação pública é instrumento favorável à integração dos elementos da *IoT*.

3.2.1 Introdução

O projeto *Humble Lamp Post* foi concebido como uma iniciativa conjunta da União Europeia (UE) para o estudo da viabilidade da utilização de sensores em postes de iluminação pública. Ele tem o objetivo de aumentar a eficiência do sistema e o bem estar geral da população pelo desenvolvimento de um sistema de iluminação pública inteligente e conectado. Tal projeto pertence a uma iniciativa mais ampla de implementação de cidades inteligentes chamada European Innovation Partnership in Smart Cities and Communities (EIP-SCC).

O programa Humble Lamp Post visa melhorar o desempenho de 10 milhões de postes de iluminação em toda a União Europeia, em diferentes *clusters* de iluminação. O objetivo da melhora é aumentar a eficiência energética desses postes e, ao mesmo tempo, adicionar sensores que possam gerar dados para melhorar a capacidade de gestão pública das cidades.

3.2.2 Descrição do Humble Lamp Post

O Humble Lamp Post é um poste de iluminação padrão em LED, com a possibilidade de personalização por meio da instalação de diversos sensores no mesmo conforme necessidade. Cabe ressaltar, também, que o poste é conectado à central de controle, através de um sistema de telegestão, que permite o monitoramento remoto de propriedades como potência, tensão e eficiência. Além disso, interessante notar na Figura 10 que o poste também pode incorporar elementos que permitam a sua monetização, isto é, geração de renda para a cidade (propagandas, *wi-fi*, entre outros)

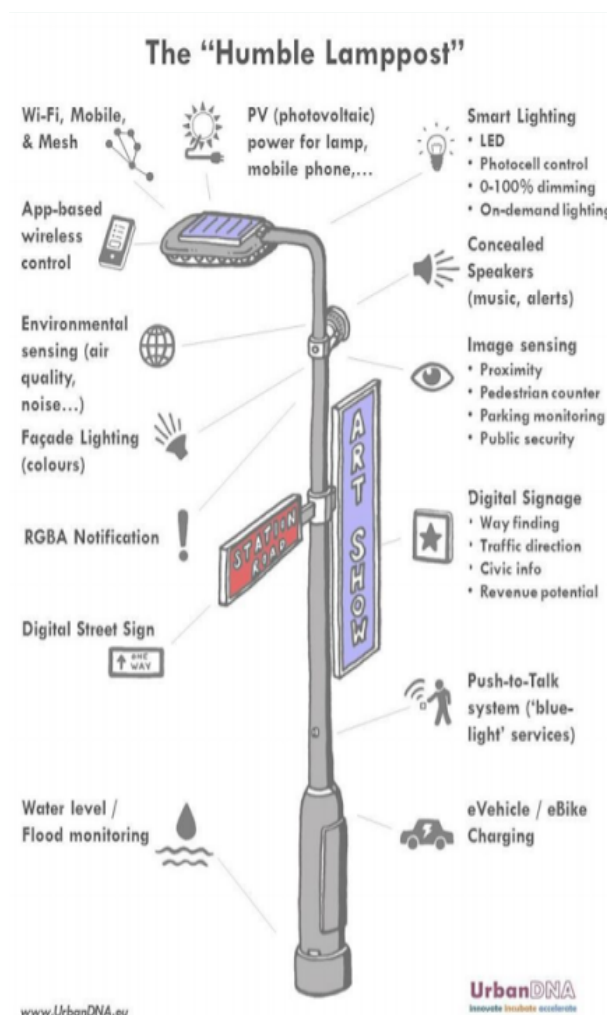


Figura 12: Modelo do Humble Lamp Post

Fonte: The Humble Lamp Post (2019)

3.2.3 Viabilidade do Humble Lamp Post

Estima-se uma economia de 50% a 70% da energia consumida nos postes apenas através da implementação de iluminação LED nas cidades europeias (PAPA, 2017). Tal valor representa, em termos absolutos, uma economia anual de mais de € 1,9 bilhões. Vale lembrar que, quanto maior for a adesão à iniciativa, maior a economia prevista devido aos ganhos de escala.

Pode-se observar também, em pesquisa realizada pelo projeto, que a implementação de postes de iluminação inteligentes configura uma das iniciativas mais eficientes de aplicação do *IoT* em cidades e da criação de cidades inteligentes e mais eficientes. Na Figura abaixo, é possível verificar a

comparação de potencial de aplicabilidade do Poste Inteligente em relação a outras iniciativas de *IoT* nas cidades. Ou seja, em comparação com outras iniciativas de cidades inteligentes como ciclovias, *car sharing*, ônibus elétricos, é possível perceber que os postes inteligentes possuem a melhor combinação entre escalabilidade e potencial de padronização.

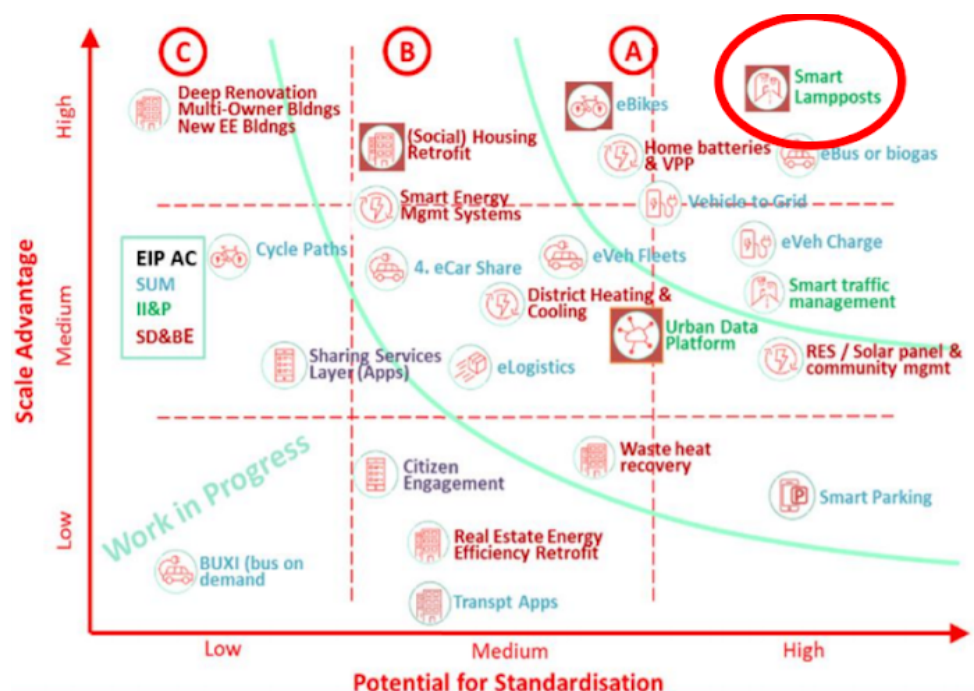


Figura 13: Potencial de aplicabilidade dos postes inteligentes

Fonte: The Humble Lamp Post (2019)

3.2.4 Custo de Implementação do Humble Lamp Post

Após realizada uma pesquisada *online* e entrevistas com mais de 20 especialistas em iluminação, levantou-se os custos estimados do Humble Lamp Post. Tais custos variam de acordo com os sensores que serão acoplados a ele, podendo variar desde 250 £ até 10.000 £, conforme descrito na figura abaixo.

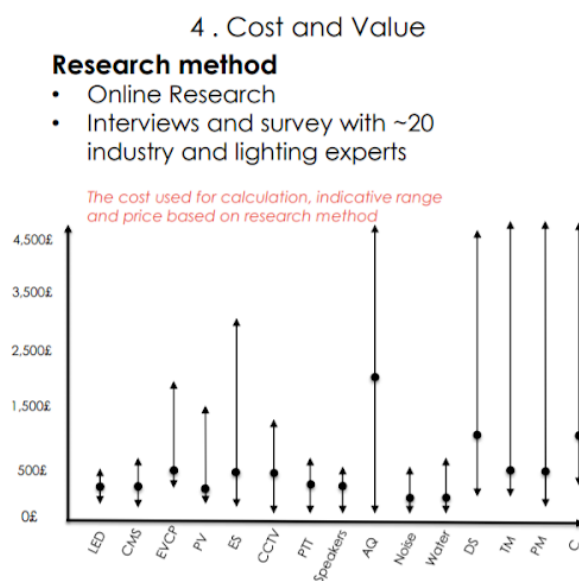


Figura 14: Variabilidade dos custos do poste em função dos sensores

Fonte: The Humble Lamp Post (2019)

CMS: Central Control Management System

EVCP: Electric Vehicle Charge Point

PV: Photovoltaic

ES: Energy Storage and Batteries

CCTV: Closed-circuit Television

PTT: Push-to-talk Button

AQ: Air Quality Sensor

DS: Digital Signage

TM: Traffic Monitoring

PM: Parking Monitoring

C: Connectivity

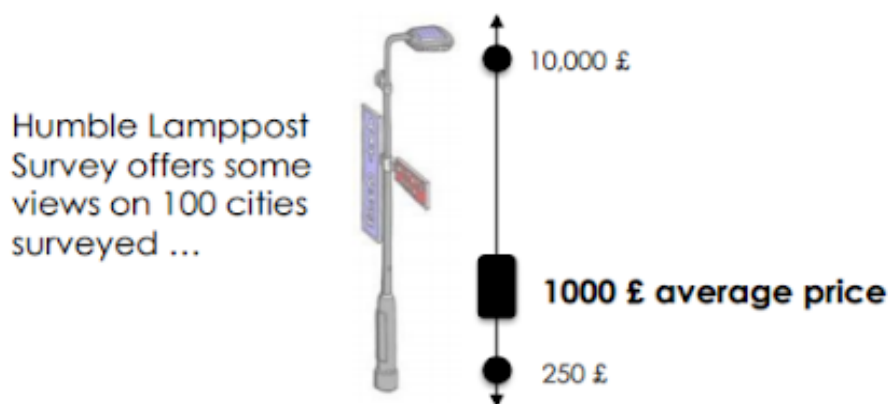


Figura 15: Variação dos custos do Humble Lamp Post

Fonte: The Humble Lamp Post

3.2.5 Fornecedores Humble Lamp Post

Os fornecedores listados capazes de executar a produção e manutenção de tais postes foram as seguintes empresas:

- Phillips / <https://www.philips.com.br/>
- Thorn / <http://www.thornlighting.com/en>
- Equitix / <https://equitix.co.uk/>
- Jb Riney / <https://jbriney.co.uk/>
- Volker Haug / <https://www.volkerhaug.com/collections>
- Skanska / <https://www.skanska.co.uk/>

3.2.6 Benefícios do Humble Lamp Post

Os benefícios do projeto Humble Lamp Post podem ser subdivididos em algumas categorias. Trata-se de benefícios em diversas categorias como iluminação, energia, segurança pública, monitoramento ambiental, sinalização, movimento de fluxo e conectividade. Além disso, tais benefícios podem ser subdivididos em financeiros e sociais com tempos de retorno de curto prazo, médio prazo ou longo prazo. A tabela 1 resume o potencial dessas tecnologias.

	Financial Value			Societal Value			Data	Who Pays	Beneficiary	Impact
Use Cases	Op 1	Op 2	Rev.	Env.	Social	Eco				
1. Lighting										
LED upgrade	S	S		L	L	L	L	City	City/people	Local/Wider
Lighting Mgmt System	S	S		L			M	City	City	Local/Wider
2. Energy										
Electric Vehicle Charging Point			S ¹	L	S	S	L	Privt	People	Citywide
Photo Voltaic (PV)	S			L				City	City	Local/Wider
Energy Storage	S			L				City	City	Local/Wider
3. Public Safety										
CCTV					S	M	L	City	People	Local
Push To Talk					S	M		City	People	Local
Public Image/sound Alert					S	M		City	People	Local
4. Environment Monitoring										
Air Quality Sensor				L	L	L	S	City	City	Citywide
Noise Sensor				L	L	L	S	City	City	Local
Water Level Sensor				L	L	L	S	City	City	Local
5. Signage										
Public Information					S			City	People	Local
Advertising			S					Privt	People	Local
6. Movement Monitoring										
Traffic Monitoring (People & Vehicles)	M	M	M	L	L	L	S	City	City/People	Citywide
Parking Management	M	M	M	L	M	L	S	City/Privt	City/People	Citywide
7. Connectivity										
Wifi					S	S	M	City/Privt	People	Citywide
Wireless Communication					S	S	S	City/Privt	People	Citywide
5G					S	S	M	City/Privt	People	Citywide

Tabela 1: Benefícios Humble Lamp Post

Fonte: The Humble Lamp Post

A partir da análise da tabela, evidencia-se a gama de possibilidades que o projeto pode contribuir na melhoria tanto da qualidade de vida da população quanto no desenvolvimento da cidade. Motiva-se o leitor para que essas soluções sejam implantadas no Brasil.

4. TELEGESTÃO E PROCESSAMENTO DE DADOS DE POSTES INTELIGENTES

Neste trabalho, os termos “telegestão” e “processamento de dados” foram recorrentemente utilizados sem um aprofundamento em seus significados. Este capítulo tem como finalidade clarear esses dois conceitos que permitem tornar realidade as vantagens provenientes das tecnologias, sobretudo a de postes inteligentes.

4.1 TELEGESTÃO

A telegestão é o sistema capaz de receber informações e gerenciar remotamente cada poste de luz individualmente ou em zonas no sistema de iluminação pública. Ele é composto tanto pela parte de hardware quanto de software. O hardware é composto por sensores instalados nos postes responsáveis pelas medições de parâmetros da luminária, uma interface celular ou *low-power wide-area network* (LPWAN) capaz de se conectar à internet ou a algum sistema de comunicação sem fio que permita com que os postes se comuniquem entre si (*Bluetooth*, Low Energy, radiofrequência, fibra-óptica). Além disso, existe uma parte do dispositivo responsável pelo armazenamento dos dados coletados, que são transmitidos em pacotes para um servidor remoto em nuvem (*cloud computing*).

Entre os dados mais relevantes coletados pela telegestão estão:

- Consumo: consegue-se mensurar o consumo real das luminárias
- Corrente: permite monitorar a corrente para identificar se há ou não passagem de corrente pela lâmpada. Se não houver, um sinal é automaticamente emitido para a central sinalizando a existência de um problema com a rede ou com o dispositivo.
- Potência: a partir de sua medição é possível determinar o tipo de luminária, a geração de calor e sua capacidade de iluminação.

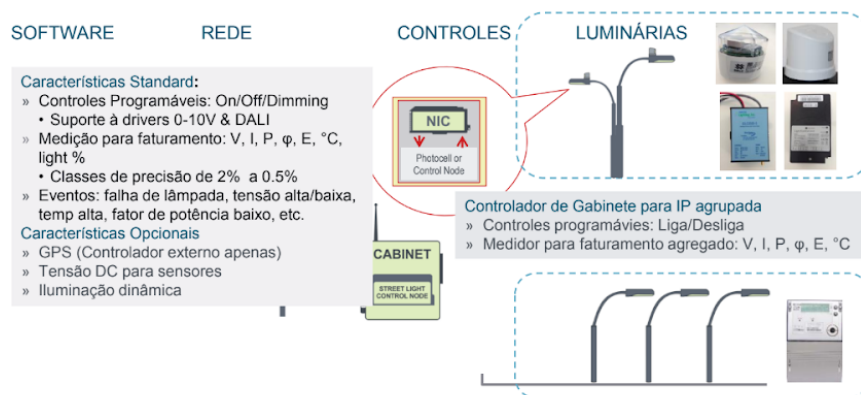


Figura 16: Especificações técnicas

Fonte: ITRON (2018)

4.2 SOFTWARE DE PROCESSAMENTO DE DADOS

A coleta de dados provenientes de sensores não é suficiente para que se obtenha o resultado final de todo o processo. O sistema de gestão e processamento desses dados é fundamental para tornar realidade os benefícios gerados por essa tecnologia. Sem o processamento prático e preciso dos dados, os mesmos não fornecem as informações que permitem a tomada das melhores decisões. Vale ressaltar que a análise de dados processados é que dará subsídios aos gestores do sistema, tanto para a operação da telegestão quanto para as ações de manutenção e medidas preventivas.



Figura 17: Exemplo de software de processamento de dados da ITRON

Fonte: ITRON

5. ILUMINAÇÃO PÚBLICA NO BRASIL

Apresentadas as novidades tecnológicas provenientes da *IoT* no ramo da Iluminação Pública (IP), neste capítulo pretende-se ilustrar o grau de desenvolvimento do país nesse setor e as oportunidades disponíveis atualmente. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o serviço de Iluminação Pública visa garantir visibilidade nas vias de veículos e pedestres no período noturno ou em vias em que durante o dia a iluminação natural não garante clareza, como em túneis. Além disso, deve promover vantagens sociais e econômicas à população, ou seja, segurança, melhores condições de vida e eficiência energética. Nesse sentido, principalmente no Brasil onde a criminalidade apresenta índices elevados, esse serviço é considerado de utilidade pública³.

5.1 CENÁRIO ATUAL

Os postes de iluminação sempre foram de responsabilidade do município, entretanto, ao longo das duas décadas que antecederam 2010, as concessionárias aferiam as hastes de iluminação (postes) como ativos de sua propriedade, como consequência, a manutenção desses ativos faziam parte do contrato de concessão. Essa configuração provocava conflito de interesse por parte da concessionária. Não fazia parte de seu interesse reduzir o consumo de energia do parque de iluminação pública, já que era ela mesma quem forneceria essa energia para os postes. Nesse caso, aumentar a economia dos postes seria reduzir as receitas. Dessa forma, em 2010 a ANEEL emitiu a Resolução 414/2010⁴ retornando os ativos (parque de iluminação pública) para os municípios. Esta instrução normativa estipulou que o prazo de transferências desses equipamentos fosse feito até 2014.

³ Os serviços de utilidade pública são aqueles prestados por entes federativos diretamente ou por delegação

⁴ Art. 218. Nos casos onde o sistema de iluminação pública estiver registrado como Ativo Imobilizado em Serviço – AIS da distribuidora, esta deve transferir os respectivos ativos à pessoa jurídica de direito público competente [Municípios] no prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados da data da publicação desta Resolução.

De acordo com a ANEEL (2019), “dados mais recentes mostram que a regularização da posse dos ativos de IP já atingiu 94% dos municípios brasileiros”. No Brasil, o número de municípios é de 5.570, entre eles, 356 ainda não transferiram os ativos de Iluminação Pública, com destaque para o Estado de São Paulo, conforme exposto na Tabela 2.

Tabela 2: Transferência dos ativos de IP - Municípios não regularizados

UF	Qtd. Municípios	%
CE	9	2,50
MG	36	10,10
MS	1	0,30
PE	6	1,70
PR	3	0,80
RJ	1	0,30
SC	3	0,80
SE	36	10,10
SP	261	73,30
Total Geral	356	

Fonte: ANEEL (2019)

Embora a transferência dos ativos para o município seja uma reação ao conflito de interesse das concessionárias, os municípios agora enfrentam o desafio de administrar seus parques de Iluminação Pública. Ainda assim, a mudança representa uma “oportunidade de modernização deste serviço através da adoção de novas tecnologias, visando a eficiência energética e aperfeiçoamento da sua operação e manutenção” (Muse, Larissa 2019).

Para ilustrar essa visão, de acordo com as últimas estatísticas oficiais da Eletrobrás publicadas pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2011), as lâmpadas de LED não representavam nem 6% da lâmpadas aplicadas na Iluminação Pública, conforme Tabela 3. Os dados⁵, embora de 2011, ainda representam a realidade da escassez do LED na Iluminação Pública do país.

Tabela 3: Tipos de lâmpadas empregadas na Iluminação Pública no Brasil

	Brasil	Norte	Nordeste	Sul	Centro-Oeste	Sudeste
Vapor de mercúrio	23,6%	31,3%	20,7%	23,9%	23,0%	24,4%
Vapor de sódio	71,1%	64,5%	68,6%	71,4%	72,2%	72,5%
LEDs	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%
Outras	5,3%	4,2%	10,7%	4,7%	4,9%	3,1%

Fonte: The World Bank (2011)

⁵ Ainda não existem dados oficiais referente ao uso do LED, porém novas estatísticas estão sendo aferidas pela ANEEL e a Eletrobrás. A publicação ainda não foi realizada.

Dados mais recentes (BNDES, 2017) mostram um número de pontos de Iluminação Pública de aproximadamente 19 milhões de luminárias. Nesse aspecto, o sistema de Acompanhamento de Informação de Mercado para Regulação Econômica registrou 1,4 milhões de Megawatt Hora (MWh) em 2018, o que representa 4% do consumo energético total do Brasil. Considerando que o LED é “entre 40 e 60% mais eficientes em termos de energia do que as tecnologias atualmente instaladas no parque brasileiro” (ANEEL, 2019), evidencia-se o potencial de economia nesse setor apenas pela instalação do LED e a rápida recuperação do capital investido.

Dessa forma, o atual cenário brasileiro representa oportunidades tanto para o setor público, que terá mais controle sobre seu serviço, quanto para o setor privado, por conta do volume de incentivos governamentais para melhoria na eficiência energética, das novas regras de municipalização da IP e pela quantidade expressiva de luminárias e parques que ainda não foram substituídos por LED com possibilidade de investimento para ampliação e modernização.

5.2 CONTRIBUIÇÃO PARA O CUSTEIO DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Devido às dificuldades financeiras dos municípios em custear e administrar a Iluminação Pública, criou-se em 2002 a Contribuição para Custeio da Iluminação Pública (COSIP). A COSIP arrecada mensalmente um tributo de todos que possuam ligação⁶ de energia elétrica regular ao sistema de fornecimento de energia. Os recursos arrecadados garantem aos municípios uma fonte financeira confiável para aplicação nos parques de iluminação. Além disso, estudos mostram o alto potencial que a COSIP tem de fornecer sustentabilidade econômica para projetos de modernização do parque de Iluminação Pública, principalmente devido ao fato de que, nas maiorias dos municípios, a COSIP tem tido tendências superavitárias, especialmente naqueles que conseguem estipular um bom cálculo para a contribuição e conseguem assim uma cobrança justa à população. (Muse, Larissa 2019)

⁶ Conta de luz residencial e comercial

5.2.1 Instituição da COSIP

Como descrito por Cícero Santos Cardoso (2017), o custeio da iluminação pública sempre foi uma dificuldade para os governos no Brasil. A primeira tentativa de resolução desse problema pelas cidades brasileiras do século XXI foi a socialização dos custos do parque para a população através da Taxa de Iluminação Pública. Entretanto, essa solução não foi efetiva. Tal taxa era alvo de diversos ações judiciais e protestos. Dessa forma, pela Súmula 670 do STF (2002) essa taxa foi considerada inconstitucional.

A partir desse momento, surgiu a Emenda Constitucional n.º 39/2002: a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (art. 149-A da Constituição Federal de 1988). Tal instrumento é facultativo a cada município.

“Art. 149-A. Os Municípios e o Distrito Federal poderão instituir contribuição, na forma das respectivas leis, para o custeio do serviço de iluminação pública, observado o disposto no art. 150, I e III. Parágrafo único. É facultada a cobrança da contribuição a que se refere o caput, na fatura de consumo de energia elétrica.”

5.2.2 Institucionalização da COSIP

A partir da Emenda Constitucional n.º 39/2002 foi instituída a possibilidade de criação da COSIP. Tal contribuição deveria, portanto, ser criada através de uma Lei municipal de Contribuição para Custeio de Iluminação Pública.

Neste marco, foram estabelecidos acordos entre os municípios e as companhias distribuidoras de energia elétrica locais resultando, na maioria das vezes, na inclusão da COSIP na fatura de energia elétrica dos usuários. Houve discussão jurídica sobre a constitucionalidade de cobrança da contribuição na mesma fatura de energia elétrica, no entanto, o ministro do Supremo Tribunal Federal Roberto Barroso, em 2018, se pronunciou no Recurso Extraordinário com Agravo 886753, pela constitucionalidade da cobrança no mesmo código de barras da fatura elétrica (JUSBRASIL, 2018). Atualmente toda a arrecadação da COSIP é transferida ao município, geralmente gerida através

do Fundo Municipal de Iluminação Pública (FUNDIP), o qual devolve parte dela à autarquia ou empresa privada responsável pela gestão e manutenção do parque de iluminação.

5.2.3 Funcionamento da COSIP na Cidade de São Paulo

Segundo o 2º Artigo do Decreto 43.143/2003⁷ da cidade de São Paulo a COSIP tem “tem por finalidade o custeio do serviço de iluminação pública, que compreende a iluminação de vias, logradouros e demais bens públicos, a instalação, manutenção, o melhoramento e a expansão da rede de iluminação pública, além de outras atividades a estas correlatas”.⁸

A COSIP realiza a arrecadação por meio de um tributo cobrado de todos que possuam ligação de energia elétrica regular ao sistema de fornecimento de energia, como dito no 3º Artigo do Decreto 43.143/2003 da cidade de São Paulo. Cabe destacar que o valor de contribuição da COSIP é diferenciado entre contribuintes residenciais e não residenciais. Sejam residenciais ou não, todos os valores são reajustados a cada ano pelo mesmo índice que é utilizado no reajuste das tarifas elétricas. Na tabela 4 abaixo, segue um comparativo da variação do valor da COSIP de São Paulo dos anos de 2002 até 2019.

Tabela 4: Variação do valor da COSIP 2002 a 2018

COSIP - SÃO PAULO	2002	2018
Consumidor Residencial	R\$3,50	R\$9,51
Consumidor Não-Residencial	R\$11,00	R\$29,96
% variação 2002- 2018	171,71%	

Fonte: Prefeitura de São Paulo

A COSIP é definida como uma contribuição, ou seja, ela é diferente dos impostos municipais como por exemplo o IPTU e o ISS. O que diferencia uma contribuição de um imposto é a sua destinação única e exclusiva ao seu “fato gerador”. Isso significa que a COSIP, como foi definida, no caso de São Paulo e

⁷ Regulamenta a Lei nº 13.479, de 30 de dezembro de 2002, que institui no Município de São Paulo a Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP), e dispõe sobre o Fundo Municipal de Iluminação Pública (FUNDIP)

⁸ O “melhoramento e a expansão da rede” não está incluso em todos os municípios.

na maioria dos municípios brasileiros, pela Lei nº 13.479/2002⁹, deve ter seus recursos utilizados, exclusivamente, no custeio da iluminação pública da cidade. Já os impostos, como por exemplo o IPTU, são determinados pelo “fato gerador” de propriedade de um bem imóvel, mas seus benefícios não precisam ser utilizados em benefícios diretamente ligados a esses imóveis. Dessa forma, existe um entrave para a utilização da COSIP para atividades alheias a iluminação que será analisada no próximo item, se essa contribuição pode ou não ser utilizada para custear o investimento em *smart cities* e postes inteligentes.

Todos os recursos gerados pela COSIP são mantidos no Fundo Municipal de Iluminação Pública (FUNDIP), que foi criado no caso do município de São Paulo pela Lei nº 13.479/2002 e regulamentado no Decreto nº 43.143/2003. As fontes de recursos do FUNDIP são:

- COSIP
- Dotação orçamentária do Município
- Eventuais repasses da União ou dos Estados
- Recursos provenientes de operações de crédito
- Recursos de empréstimo concedidos pela administração direta ou indireta
- Resultados financeiros de eventuais recursos acumulados em caixa.

Em suma, a COSIP é uma ferramenta eficaz no mercado brasileiro que possibilita alavancar recursos significativos para investimentos na modernização do parque de iluminação pública. Ajuda também a reduzir a percepção de risco de crédito do município junto a potenciais investidores.

5.2.4 COSIP para Iluminação Inteligente

A utilização da COSIP para iluminação inteligente está vinculada a uma redução de custo da iluminação para o setor público. As tecnologias envolvidas nesse processo possuem um alto custo inicial, porém, ao longo do tempo,

⁹ Institui no Município de São Paulo a Contribuição Para Custeio da Iluminação Pública Cosip, prevista no artigo 149-A da Constituição da República.

geram economias para o município tanto no consumo energético, quanto no custo de manutenção e operação. Ou seja, para usufruir dos recursos da COSIP é necessário provar a redução de custo, seja com diminuição de gastos com seguros antivandalismo viabilizado pelas câmeras, detecção de problemas futuros para manutenção preventiva, manutenção efetiva em pontos específicos com quantidade reduzida de turmas de assistência, entre outros. No entanto, o tema ainda gera polêmica e os limites da aplicação da COSIP para esta finalidade estão sendo discutido no âmbito da legislação brasileira.

Em 2016, na cidade de São José do Rio Preto, houve a utilização dos recursos da COSIP para fins de melhorias e ampliação que trariam economias futuras à administração municipal. Entretanto, segundo o entendimento do TJ-SP, a contribuição para a Iluminação Pública do município poderia ser usufruída apenas para despesas com instalação e manutenção do serviço, uma vez que o investimento em melhorias e na ampliação não estão incluídos no conceito de custeio do serviço de iluminação pública previsto no artigo 149-A da Constituição Federal (JUSBRASIL 2013). Assim, por meio do Recurso Extraordinário¹⁰ 666404, o tema de constitucionalidade de uso da COSIP para fins de investimentos em melhorias entrou em discussão no STF. Segundo decisão do acórdão do STF:

“O Tribunal, por unanimidade, reputou constitucional a questão. O Tribunal, por unanimidade, reconheceu a existência de repercussão geral da questão constitucional suscitada.”

Ou seja, foi considerada constitucional a utilização da COSIP para fins de investimento, melhoria e ampliação do parque de Iluminação Pública no caso de São José do Rio Preto. Dessa forma, seguindo a jurisprudência atual, as tendências caminham para a legalização desse recurso para fins de

¹⁰ Recurso extraordinário em que se discute, à luz do art. 149-A da Constituição federal, a possibilidade de destinação de recursos provenientes da contribuição para o custeio do serviço de iluminação pública (COSIP/CIP) não só ao ressarcimento do valor gasto com a manutenção do serviço de iluminação pública, mas também ao melhoramento e à expansão da rede.

aplicações inteligentes, uma vez que viabilizam economias que pagam seus custos de investimentos.

5.3 ESTIMATIVA DO MERCADO ATUAL DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA

A arrecadação com a COSIP tem apresentado valores cada vez mais expressivos desde sua implantação. Segundo dados de 2015 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), aproximadamente 74% dos municípios brasileiros já haviam instituído a contribuição. Desses municípios, apenas 2.765 informaram os valores arrecadados pela COSIP. Obteve-se uma média de R\$ 36,55 por habitante de arrecadação anual dos municípios que forneceram os dados. Para estimar o mercado desse setor, ou seja, os valores arrecadados e aplicados na Iluminação Pública, multiplicou-se essa média pelo número de habitantes¹¹ do país e o resultado foi de R\$ 7,5 bilhões de reais anuais. Para ter um panorama deste cenário por região, foi-se distribuído proporcionalmente à população conforme Figura 17. O Sudeste lidera com aproximadamente R\$ 3,1 bilhões, seguidos pela região Sul e Nordeste.

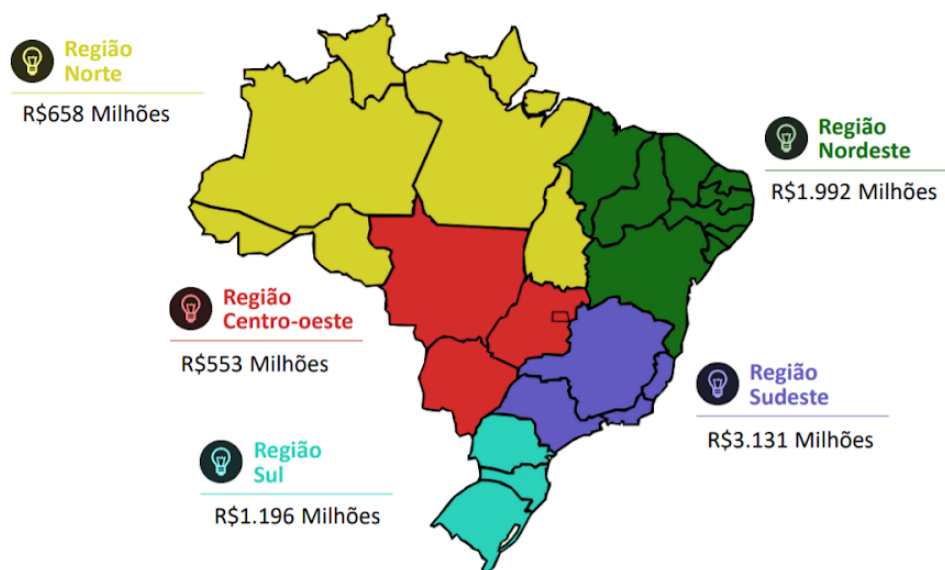


Figura 18: Mercado de Iluminação Pública Regionalizado (Radar PPP)

Fonte: Radar PPP (2019)

¹¹ dessa forma, considera os municípios que não instituíram a COSIP mas que não deixam de ter gastos com IP

5.4 ESTRUTURAS DE GESTÃO E OPERAÇÃO DOS PARQUES DE ILUMINAÇÃO

Em consequência da transferência do parque de iluminação pública aos municípios foram adotados três posturas diferentes:

- Constituição da Secretarias/Autarquias/Empresas Públicas
- Celebração de Contratos de Operação dos Ativos
- Celebração de Contratos de PPP, na modalidade de Concessão Administrativa.

5.4.1 Autarquias

Conforme explicitado por Vitor Amuri em sua palestra (2017), pelo formato de gestão dos parques de iluminação pública através de autarquias, as prefeituras criam uma empresa pública com o intuito de gestão desses ativos. Dessa forma, tal empresa realiza licitações individuais para cada um dos tipos de serviços necessários para a operação da iluminação pública, como, por exemplo, fornecimento de lâmpadas, manutenção, construção do centro de controle, operação dos softwares entre outros.

Como pontos positivos, podem ser destacadas a maior gestão da prefeitura sobre os ativos de iluminação e a internalização dos retornos esperados caso houvesse alguma empresa operando. No entanto, como aspectos negativos podem ser citadas a falta de eficiência da gestão, possíveis ingerências políticas e escassez de capital.

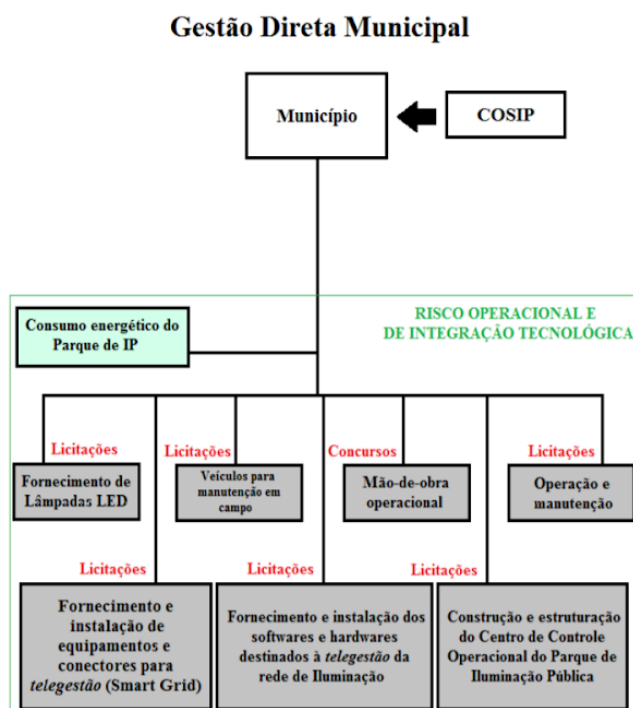


Figura 19: Estrutura de autarquia para Iluminação Pública

Fonte: Radar PPP (2018)

5.4.2 Operações de Ativos

Já no caso da Operação de ativos, a estrutura é muito semelhante à da gestão direta por autarquia, explica Vitor Amuri (2017). A diferença é que a prefeitura contrata uma empresa privada diretamente para a administração do parque. Tal empresa executa o serviço que seria da autarquia no primeiro caso. Esse modelo gera um aumento da eficiência da administração dos ativos em relação à autarquia. No entanto, em ambos os casos (contrato de operação ou autarquia) a capacidade de investimento para ampliação e modernização do parque continua limitada.

5.4.3 Parcerias-Público-Privadas

Uma alternativa que vem ganhando bastante destaque para se atender a demanda da população tem sido o desenvolvimento de parcerias público-privadas (PPPs). O processo consiste basicamente no pagamento de um valor de outorga fixo e variável às prefeituras municipais, e também no comprometimento contratual da empresa ou consórcio na realização de

investimentos mínimos no setor, para que se atinja um nível satisfatório de qualidade na prestação de serviço à população ao longo do tempo de concessão, explica Vitor Amuri (2017). Em contrapartida, a parte privada recebe as receitas advindas da respectiva prestação de serviços durante o prazo estabelecido pelo contrato

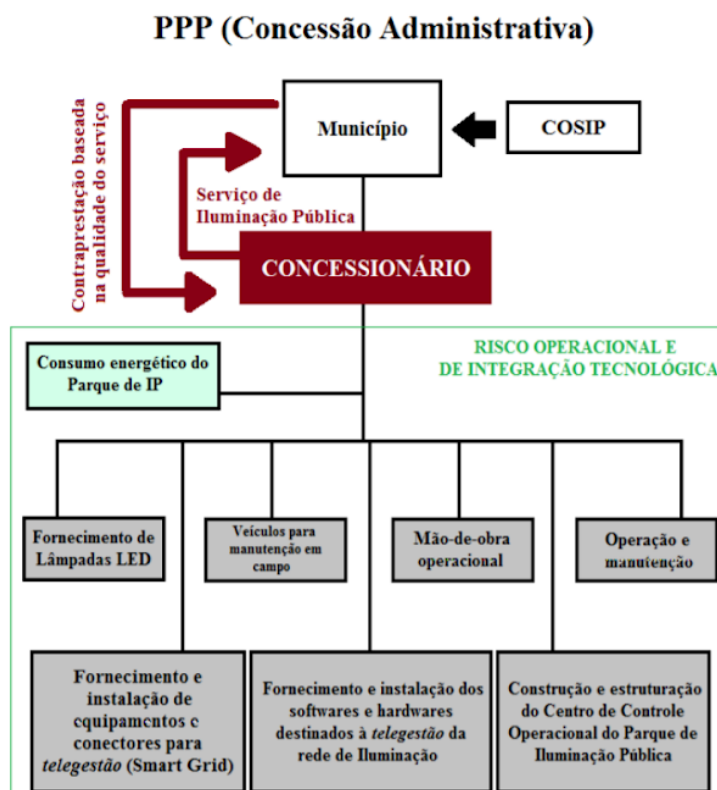


Figura 20: Estrutura padrão de PPPs no Brasil

Fonte: Radar PPP (2018)

O modelo de PPPs na modalidade Concessão Administrativa transfere a responsabilidade pela subcontratação de cada um dos serviços e manutenção para um parceiro privado. Sua remuneração em geral é baseada em seu desempenho. Como descrito por Vitor Amuri (2017): “pela absorção, do Concessionário, do risco operacional e de integração tecnológica entre os diversos componentes da Rede, o Poder Público fica “blindado” de custos derivados da materialização de riscos operacionais do empreendimento, pois está “comprando um serviço” do Concessionário, em padrões de qualidade e disponibilidade pré-estabelecidos no Contrato de PPP (independentemente dos

meios eleitos pelo privado ou dos custos incorridos para o atingimento de tais padrões), e por preço fechado, definido na Licitação”. Esse preço fechado de licitação será custeado pelo município pelo prazo de 10 até 30 anos.

A estrutura societária da vencedora da concessão geralmente possui a seguinte estrutura especificada:

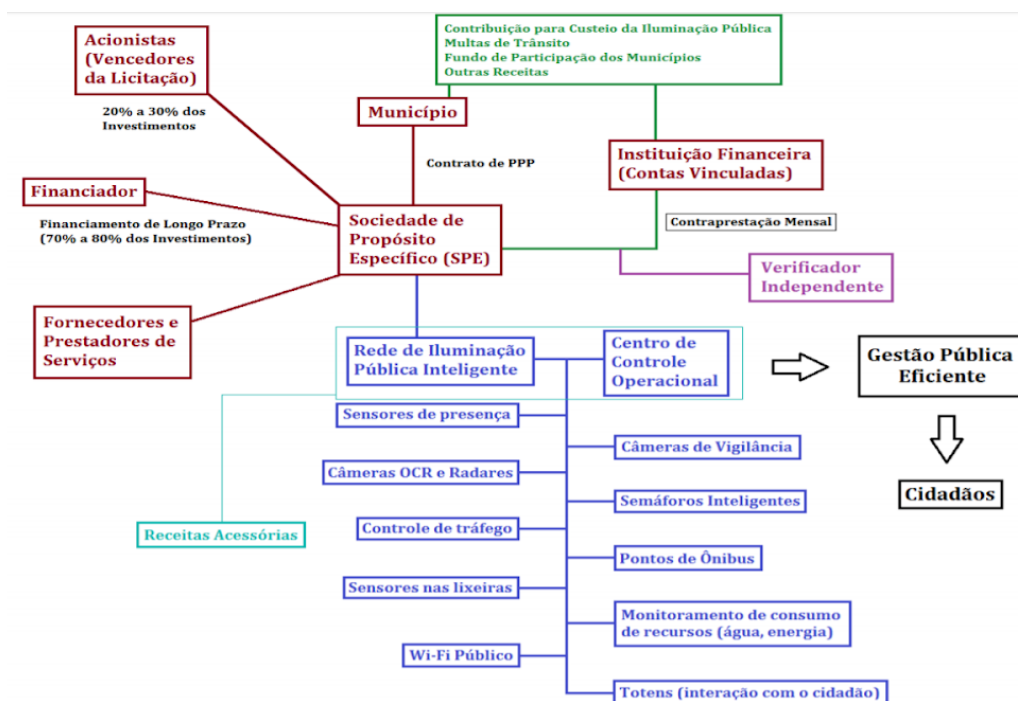


Figura 21: Estrutura societária de empresa vencedora de licitação

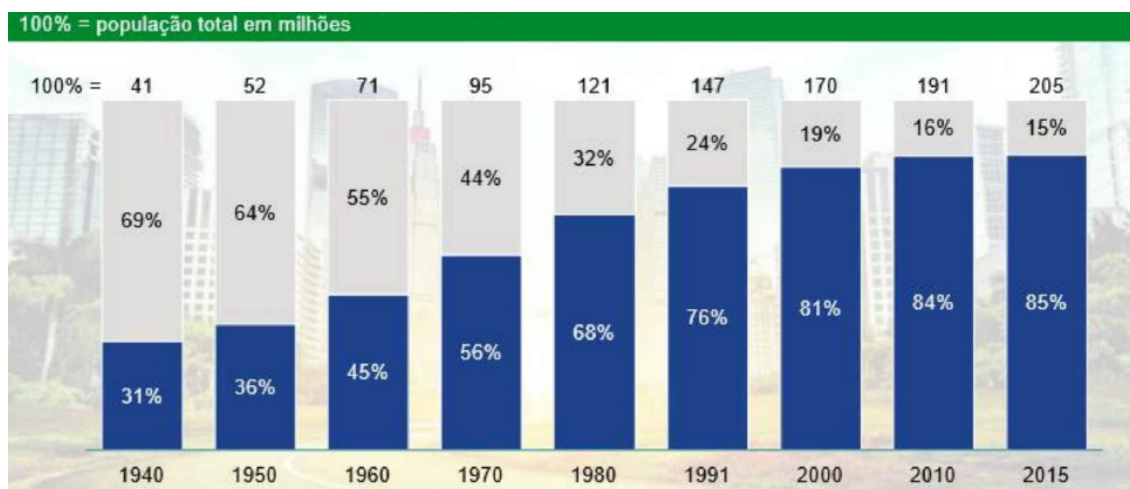
Fonte: Radar PPP (2018)

O custeio da concessão é uma composição entre a COSIP, receitas de trânsito, fundos de participação do município, entre outras. O capital investido pela iniciativa privada é em torno de 30% de capital próprio e 70% de financiamento. Vale lembrar que a iniciativa privada ainda tem a chance de incrementar seus ganhos através de receitas acessórias associadas à exploração de sensores inteligentes.

6. POTENCIAL DAS PPPs PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

No Brasil, o crescimento populacional acelerado foi acompanhado pelo aumento considerável na taxa de urbanização conforme exposto no Gráfico 1. Os problemas decorrentes desse cenário sem o planejamento adequado ocasionaram uma sobrecarga na infraestrutura brasileira.

Gráfico 1: Percentual da população residente por situação no Brasil



Fonte: BNDES (2017)

Entretanto, esse cenário não isenta os municípios brasileiros das responsabilidades com as diversas demandas da sociedade garantidas, inclusive, com base em direitos constitucionais. Além disso, segundo o BNDES (2017), “86% dos municípios brasileiros se encontram sem situação fiscal difícil ou crítica”.

Diante desse cenário, a *IoT* pode “viabilizar importantes ganhos para os municípios, decorrentes do monitoramento em tempo real, o que permite fundamentar de maneira mais concreta o desenvolvimento de políticas públicas, com base em maior quantidade de dados” (BNDES, 2017). No entanto, ainda segundo o BNDES, o país terá dificuldades no que diz respeito à “capacitação de servidores públicos¹², o levantamento de recursos para

¹² Ainda segundo o BNDES, “observa-se uma disparidade grande entre eficiência na gestão e na utilização de TIC [quando comparadas à entidade privada]. As prefeituras não oferecem o mesmo nível de serviço básicos à população nem possuem mesmo nível de capacidade na gestão dos recursos financeiros e de TIC”

investimentos em momentos de crise econômica, os desafios na contratação pública e o tratamento dos dados dos cidadãos e a cooperação entre municípios.”.

A Parceria-Público-Privada se apresenta como alternativa legal e viável para enfrentar essa situação não somente por proporcionar níveis de serviços de maior qualidade mas também por dispor de capital para investimento nas tecnologias de alto custo inicial envolvidas na Iluminação Pública, que permitirão dar suporte aos dispositivos de *IoT*. As empresas do setor privado são responsáveis pela construção e/ou ampliação dos parques de iluminação pública, bem como sua manutenção e operação. No entanto, deve-se considerar que o negócio seja atrativo para o parceiro privado, isto é, é necessária sustentabilidade econômico-financeira do projeto e colaboração da administração municipal.

Como resposta a seu potencial, principalmente em Iluminação Pública, o número de PPPs vem crescendo exponencialmente nos últimos 4 anos. Uma breve comparação entre todas as PPPs em atuação no Brasil, ilustrada na Figura 22 permite verificar o destaque do segmento de Iluminação Pública, representando o segundo maior número de projetos, ficando atrás somente de saneamento urbano.

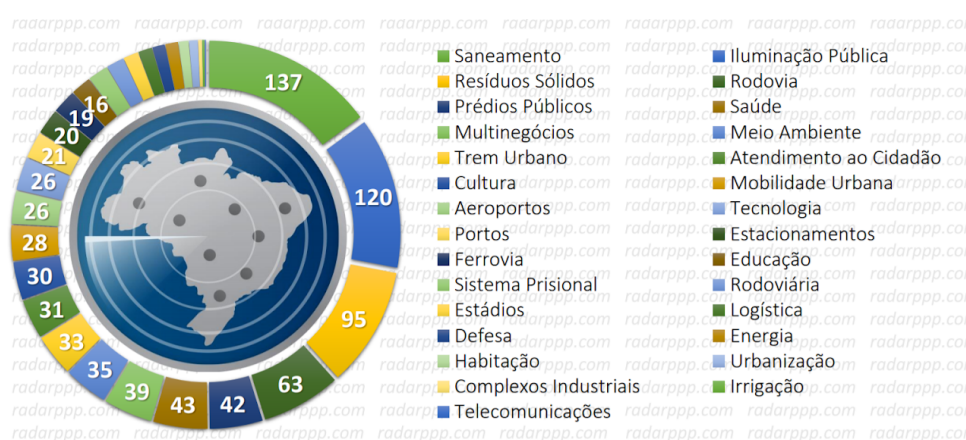


Figura 22: Número de PPPs por setor

Fonte: Radar PPP

Desde a lei federal de 2004 que regulamenta as PPPs, foram lançados 3 novos projetos de PPPs de iluminação em 2013, 14 em 2014, 46 em 2015, 54 em 2016, 65 em 2017 e 78 em 2018. Tais dados refletem a expansão do modelo e do mercado.

No entanto, o número de projetos que chegaram a ter contrato assinado é muito inferior ao de projetos lançados. Até 2018, foram assinados apenas 10 PPPs de Iluminação Pública, sendo elas em São João do Meriti em 2014, Caraguatatuba e Urânia em 2015 e Belo Horizonte, Guaratuba, São José de Ribamar, Goianésia do Pará, Marabá, Mauá e Cuiabá em 2016. A taxa de conversão entre projetos lançados e contratos assinados ainda é baixa, aproximadamente 13%, conforme Figura 23.

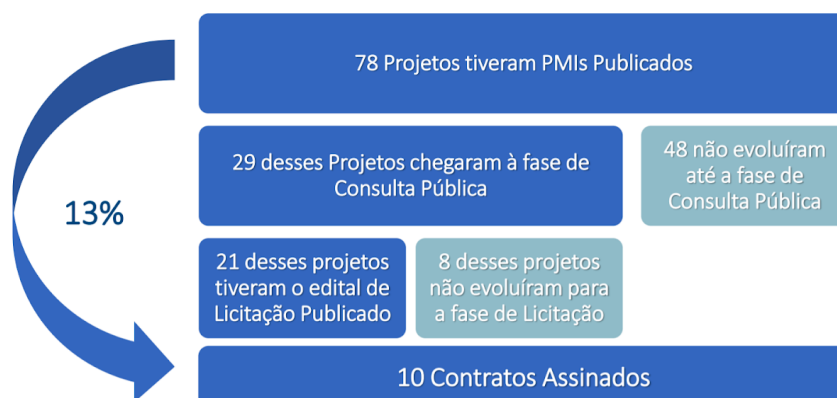


Figura 23: Conversão de Procedimento de Manifestação de Interesse 2018.

Fonte: Radar PPP (2018)

Segundo o radar PPP, os principais fatores que contribuem para o baixo índice de sucesso são (i) a baixa qualidade dos projetos e estudos elaborados pelo PMI; (ii) a baixa estruturação dos municípios no âmbito de terem a capacidade de avaliar os estudos apresentados; (iii) a dificuldade de obter financiamento dos projetos do setor e (iv) problemas regulatórios, como utilização legal da COSIP. O próximo capítulo apresenta um estudo de boas práticas focadas especificamente em cada um desses fatores com o objetivo de contribuir para que próximos projetos sejam mais efetivos e com alta probabilidade de sucesso.

7. BOAS PRÁTICAS EM PPPs

As PPPs, embora apresentem enorme potencial, ainda são ineficientes no Brasil. Neste capítulo serão abordadas medidas que auxiliem futuros projetos a não incidirem nos quatro principais erros discutidos no final do capítulo anterior. Com o apoio do Guia de boas práticas em PPPs de Iluminação Pública (2019) elaborado pela Ernst & Young (EY), TozziniFreire Advogados, KPMG, BMPI e idealizado pela Associação Brasileira da Infraestrutura e Indústrias de Base (ABDIB), buscou-se discutir esses problemas de maneira efetiva. Assim, o objetivo é focar no que não tem sido feito adequadamente e não no processo como um todo. O link para este guia encontra-se nas referências do trabalho.

7.1 PROJETOS E ESTUDOS ELABORADOS PELAS PMIs

A forma mais recorrente para a estruturação de modelagem de projetos, em especial nos municípios, tem sido a adoção do Procedimento de Manifestação de Interesse (PMI). Com a finalidade de subsidiar a Administração Pública Municipal na estruturação de empreendimentos objeto de PPP, essas ferramentas jurídicas permitem ao Poder Público obter propostas de projetos, levantamentos, investigações e estudos apresentados por empresas privadas.

Na PMI, a iniciativa privada é convidada, por meio de um Edital de Chamamento Público, pela Administração Pública a propor projetos para determinado fim. Para colaborar, os interessados devem passar por processo de habilitação e requerer autorização para apresentar suas propostas, as quais serão avaliadas e selecionadas pelo Conselho Gestor do Programa de PPP.

Em tal instrumento, por via de regra, é prevista a possibilidade de ressarcimento pelos gastos incorridos pelo autorizado cujo projeto tenha sido selecionado e venha a ser licitado. Tais gastos são de responsabilidade do vencedor do certame.

No entanto, os processos estruturados por meio de PMI não obtiveram os resultados esperados para transformar esses estudos em bons contratos de PPP, em especial para o setor de iluminação pública.

É importante que o Programa de PPP Municipal tenha suas metas bem definidas relacionadas à totalidade do serviço, ao volume de investimentos a serem realizados e ao aumento da receita e da arrecadação associadas ao serviço. Entre as metas que um Programa de PPP deve prever, destacam-se: a) Oferecer a segurança institucional necessária, vinculando a Administração Pública aos projetos que ali serão priorizados; b) Construir um portfólio de projetos de PPP tecnicamente, economicamente e juridicamente viáveis a serem entregues ao Município até uma data específica; c) Elencar os objetivos, as motivações, o formato de estruturação e cronograma de entregas dos projetos que irão compor o portfólio. No caso específico de uma PPP de IP, é fundamental que o projeto esteja previsto no Programa de PPP, tendo em vista as diversas adequações jurídicas necessárias para a viabilização do projeto.

Para auxiliar esse processo é interessante (i) investimento técnico nos governos locais, para que possuam times especializados e unidades técnicas independentes para a estruturação desses projetos; (ii) recursos, quando possível, destinados à contratação de consultorias especializadas a fim de assessorar o acompanhamento dos estudos; iii) estudo e conhecimento aprofundado sobre o alto comprometimento fiscal que um projeto de PPP exige.

7.2 ESTRUTURAÇÃO DOS MUNICÍPIOS PARA AVALIAÇÃO

Para ajudar na condução operacional e técnica dos projetos de PPP recomenda-se a formação de um núcleo de competência de PPPs, também denominado de “Unidades de PPP”. Habitualmente, as unidades de PPP têm representação multidisciplinar e transversal e podem estar sob a coordenação da Secretaria da Fazenda ou do Planejamento, diretamente vinculadas ao gabinete do Prefeito, ou composto como uma Secretaria Municipal específica para estruturar projetos entre a iniciativa privada e o poder público.

Dentre as principais atribuições da Unidade de PPP, elencam-se:

(i) fomentar apropriado planejamento e subsidiar o Conselho Gestor na decisão das prioridades e dos projetos do Programa de PPP; (ii) acompanhar a elaboração e apreciação de propostas preliminares, estudos técnicos e análise de modelagens de PPP, e manifestar-se formalmente sobre a viabilidade dos projetos; (iii) apontar os melhores modelos de estruturação dos projetos de PPP; (iv) desenvolver as minutas de editais de licitação para contratação de PPPs.

Pode-se, ainda, implementar a criação de um grupo técnico temporário de trabalho (GTTT) específico para conduzir o desenvolvimento do projeto de PPP. Esse grupo é gerenciado pela “Unidade de PPP” e integrado por servidores técnicos municipais de outros órgãos da Administração Pública que estão envolvidos com o tema, como, por exemplo: a) Procuradoria Geral do Município; b) Secretaria de Infraestrutura; c) Secretaria do Meio Ambiente; d) Secretaria da Cultura; e) Secretaria do Desenvolvimento, dentre outros.

O objetivo principal é criar um núcleo técnico intrasetorial, que irá acompanhar o desenvolvimento do projeto do início ao fim, auxiliando a Unidade de PPP na busca e intercâmbio de informações que irão consolidar os estudos. Dessa forma, permite que a prefeitura goze de uma estrutura que permita a efetiva avaliação dos projetos.

7.3 OBTENÇÃO DE FINANCIAMENTO DOS PROJETOS DO SETOR

Projetos que possuem os dois itens anteriores efetuados de maneira adequada contribuem para a atratividade de financiamentos. Porém, além disso, é necessário que o projeto apresente uma confiável modelagem financeira.

Sendo uma atividade essencialmente técnica, a modelagem econômico-financeira tem por objetivo permitir uma análise dos parâmetros do projeto para os diferentes cenários possíveis de sua estruturação.

Assim, o modelo deve incluir a análise de variáveis relevantes para o resultado do projeto, incluindo receitas, custos e despesas, investimentos, tributação e formas de financiamento. As informações sobre custos e investimentos são derivadas de estudos de engenharia técnica antes da avaliação econômica e financeira.

Os principais indicadores de modelagem são o resultado da projeção de um fluxo de caixa hipotético da futura concessionária da PPP. Os dois principais indicadores calculados são o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno.

O VPL é um valor expresso (R\$) que avalia a capacidade do projeto de obter retornos acima ou abaixo de uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA). Se o VPL estiver abaixo de 0, o projeto não tem condições de remunerar o investidor. Se o VPL exceder 0, o projeto paga ao investidor além do mínimo exigido pelo acionista.

Já a Taxa Interna de Retorno (TIR) visa expressar uma porcentagem anual de remuneração que a concessionária da PPP pode alcançar. A TIR permite uma comparação intuitiva com outras referências de investimentos no mercado e seus respectivos retornos, como Fundos de Investimento, CDB, Tesouro Direto, IBOVESPA, entre outros.

Na avaliação de projetos de PPP, uma das variáveis mais importantes para a análise do projeto é a contraprestação pública a ser oferecida ao parceiro privado.

O montante da contraprestação calculado durante a modelagem econômico-financeira deve ser comparado com a capacidade orçamentária do município para sustentar este nível de compensação. Se não houver capacidade de suportar um certo nível de remuneração, o projeto deve testar outros cenários que possam ser apoiados pela capacidade financeira do município. Para iluminação pública, esta capacidade está diretamente relacionada com a COSIP.

Outro componente importante da composição da receita de parceiros privados é a contribuição do Poder Concedente, geralmente associada à conclusão dos marcos iniciais de implementação do projeto.

A remuneração do parceiro privado por meio de contribuição garante maior capacidade financeira para a concessionária para cumprir os marcos de implementação e ainda gera um alinhamento de incentivos com o Poder Concedente.

O aporte público difere da contraprestação pública na medida em que está associado a marcos de implementação de projetos em vez de pagamento periódico para a prestação de serviços.

7.4 UTILIZAÇÃO DA COSIP

Embora já se tenha estudado este assunto neste trabalho, é importante que os responsáveis tenham o conhecimento da COSIP para que problemas regulatórios não barrem o andamento da PPP. A existência da COSIP traz a segurança de que serão gerados recursos para custear o processo de modernização dos sistemas de iluminação pública. Segundo levantamento do Banco Mundial (2019) aproximadamente 81,6% dos municípios brasileiros já cobram a COSIP e boa parte dos demais municípios estão com projetos de lei encaminhados para instituir a contribuição.

A COSIP pode ser cobrada conforme métricas distintas ou uma combinação delas, conforme definido pelo município. Entre as bases de cálculo mais utilizadas verifica-se: a)¹³ valores atribuídos a consumidores de imóveis residenciais e não residenciais, b) valores atribuídos a faixas de consumo de energia elétrica do imóvel e c) metragem dos imóveis. Independente de qual for o método, o artigo 149-A da Constituição Federal, estabelece que o município deve dispor de legislação específica para tratar a forma de cobrança e a base de cálculo da COSIP.

Uma pesquisa por amostragem feita pelo Banco Mundial (2016) apresentou que: (i) Em 44,1% dos Municípios, a COSIP era considerada

¹³ Caso de São Paulo visto no capítulo 5.

suficiente para cobrir as despesas municipais com o serviço de IP; (ii). Em 31,3% dos Municípios a contribuição foi considerada insuficiente; e (iii). Em 24,6% dos Municípios não foi possível avaliar. Neste sentido, é necessário que os gestores públicos detenham informações detalhadas acerca do histórico de custos ocorridos no sistema de IP municipal. Devem também possuir as informações atualizadas para diagnosticar quanto o seu município arrecada com a COSIP, bem como, identificar os gastos referentes à gestão do parque de iluminação pública. Esses números permitirão analisar a sustentabilidade econômico-financeira bem como preceitos regulatórios do sistema de IP municipal.

8. CASO BRASILEIRO BEM SUCEDIDO EM ILUMINAÇÃO INTELIGENTE

Ao longo deste trabalho, já foram discutido os conceitos de *IoT* e *Smart Cities*, exemplos globais de Iluminação Pública inteligente, o cenário brasileiro nesse setor, os recursos e as oportunidades existente no país e meios para se inserir em soluções inteligentes. Neste capítulo, busca-se sair do campo das idéias e entrar em um exemplo prático que demonstre não somente que é possível mas que já é realidade. Para isso, será apresentado o caso brasileiro bem sucedido em Iluminação Pública inteligente realizado por PPP em Caraguatatuba (Consórcio Caraguá Luz, 2019).

8.1 OBRIGAÇÕES CONTRATUAIS

A PPP foi estabelecida como Concessão Administrativa Nº 115/2015 para elaboração de projetos, implantação, expansão, modernização, operação e manutenção da iluminação pública com prazo de 13 anos. Conforme Anexo IX – Metas, Indicativos e Especificações dos Serviços e Sanções, a concessionária terá os seguintes encargos com as respectivas consequências nos casos de descumprimento:

- Migração de todas as redes de Iluminação Pública para sistema de iluminação pela tecnologia LED em até 36 meses contados da assinatura do contrato de concessão e o não cumprimento gera multa de 1% sobre o valor do contrato;
- Implantação de plano de manejo e destinação dos resíduos e equipamentos em desuso prevendo descarte eco-sustentável que elimine a possibilidade de derramamento de substâncias nocivas ao meio ambiente. A implementação deverá ser efetivamente identificada em até 60 dias contados do início da prestação de serviço e o não cumprimento gera multa de 1% sobre o valor da contraprestação mensal paga na data da ocorrência;
- Redução mínima de 30% no consumo médio de energia elétrica, em até 24 meses contados da data de assinatura do contrato de concessão. O

não cumprimento gera multa de 1% no valor da contraprestação mensal paga na data da ocorrência;

- 100% das luminárias públicas com tecnologia LED deverão possuir sistema de telegestão em 48 meses e o não cumprimento gera multa de 10% do valor da contraprestação mensal paga na data da ocorrência.
- Planos de manutenção corretiva e preventiva integrada a um sistema de comunicação *Call Center* que opere 24 horas, 7 dias por semana

8.2 RECEITAS E PROJEÇÕES DE INVESTIMENTOS

O valor do contrato é de R\$198.506.880,00 e o investimento estimado inicialmente é de R\$70.099.996,35

O contrato define as receitas extraordinárias como quaisquer receitas complementares, acessórias ou alternativas à contraprestação mensal efetiva, decorrentes da gestão e operação das redes elétricas e de iluminação da Administração Municipal e de suas unidades de microgeração de energia. As atividades que gerem Receitas Extraordinárias deverão ser previamente autorizadas pelo poder concedente, que analisará pedido¹⁴ feito pelo parceiro privado acompanhado de projeto de viabilidade jurídica, técnica e econômico-financeira, bem como da comprovação da compatibilidade da exploração comercial pretendida com as normas legais e regulamentares aplicáveis.

O parceiro privado tem o direito à apropriação de 70% do total da receita líquida advinda da Receita Extraordinária e a parcela restante caberá ao poder concedente que deverá revertê-la na diminuição do valor dos pagamentos públicos devidos no âmbito do contrato.

¹⁴ não foi possível encontrar informações sobre receitas extraordinárias nessa PPP

8.3 SITUAÇÃO ATUAL

A cidade de Caraguatatuba está entre as possíveis candidatas a se tornar a primeira *smart city* brasileira e já pode ser considerada um exemplo positivo para todo o país. Hoje, o Consórcio Caraguá Luz é a empresa responsável pela Iluminação Pública de todo município.

A Prefeitura de Caraguatatuba contabilizou a instalação mais de 21 mil luminárias e se aproxima de ser a primeira cidade do Brasil com 100% de tecnologia LED, conforme Tabela 6. Isso, aliado à execução de projetos de eficiência energética, resultou em redução de 65% do consumo de energia elétrica.

Tabela 5: Evolução do tipo de lâmpada utilizada em Caraguatatuba

LUMINÁRIAS	2016	2017	2018	2019
LED	4.178	8.295	20.928	21.067
MISTA	164	146	63	50
MVM	2.670	2.584	2.428	2.428
VMER	9.684	7.577	154	134
VSAP	6.413	4.451	942	937
TOTAL	23.109	23.053	24.515	24.616

Fonte: Consórcio Caraguá Luz (2019)

Até o momento, houve cumprimento integral das obrigações contratuais, inclusive 100% dos investimentos foram realizados. Dentre elas destacam-se a instalações de mais de 3.000 novos¹⁵ pontos de luz e a implantação da tecnologia de telegestão que permite localização exata de cada luminária instalada (Figura 24), relatórios gerenciais em tempo real e mapa interativo. Como resultado imediato, observa-se redução de 89% no número de ligações registradas no *Call Center* e redução de 74% no número de intervenções de manutenção conforme Gráfico 2.

¹⁵ Iluminação da Serra Olaria, das marginais da rodovia no Travessão, Pontal Santa Maria, Sumaré, Martim de Sá e Olaria

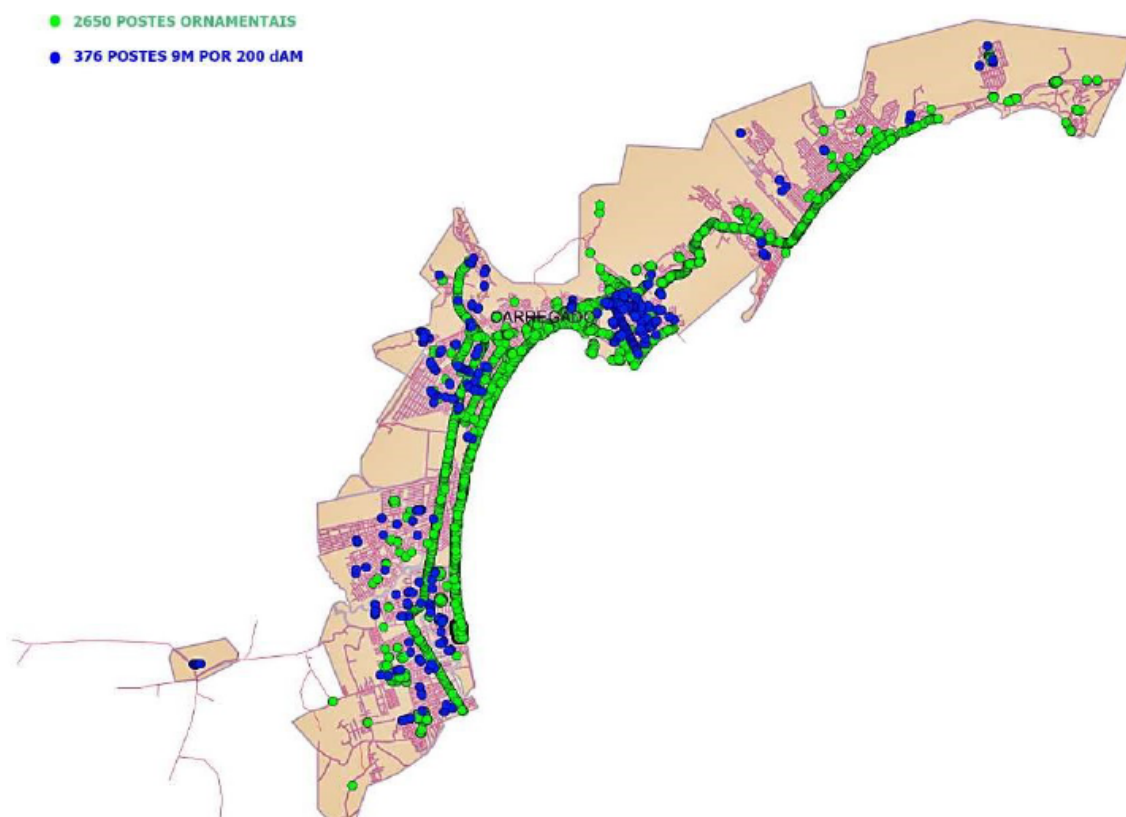
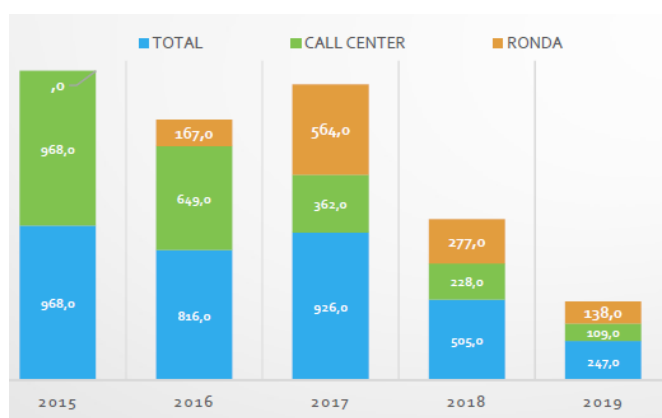


Figura 24: Localização dos postes de iluminação em Caraguatatuba

Fonte: Consórcio Caraguá Luz

Gráfico 2: número intervenções para manutenção¹⁶ registradas em IP



Fonte: Consórcio Caraguá Luz

Outra novidade é que todas as luminárias que estão sendo implantadas em Caraguatatuba, permitem que no futuro sejam instalados microchips

¹⁶ pelo gráfico, nota-se que o acompanhamento em tempo real permite que antes mesmo que a população entre em contato, o serviço de manutenção já realize o reparo necessário por ronda

capazes de receberem vários tipos de aplicativos. Isso significa que a Iluminação Pública da cidade está sendo preparada como plataforma básica para a criação de um *Smart Grid* (Grade Inteligente). Como próximo passo, o consórcio busca implementar câmeras de monitoramento com o objetivo de garantir o cercamento digital nas entradas e saídas da cidade, áreas centrais zonas de grande aglomeração e demais áreas de interesse da prefeitura, além de viabilizar soluções tecnológicas como reconhecimento facial, vídeos analíticos, leitura de placa veicular, entre outros.

Desta forma, não se trata apenas de iluminação eficiente mas sim de um projeto por meio de PPP que permitiu que a cidade tenha opção de financiamento, agilidade na execução de projetos de expansão, redução do consumo de energia com substancial redução da fatura, revitalização de espaços públicos e valorização do potencial paisagístico, conforto e segurança aos cidadãos, além de benefícios diretos ao meio ambiente.

9. INFRAESTRUTURA BÁSICA PARA IMPLEMENTAÇÃO DOS POSTES

Por fim, neste último capítulo, serão elencados os três elementos fundamentais da infraestrutura básica dos parques de iluminação necessários para que as iniciativas em Iluminação Pública Inteligente sejam possíveis. São estes o LED, a fibra óptica e os postes inteligentes.

9.1 LED

O LED é fundamental para a Iluminação Pública Inteligente por motivos econômicos e operacionais. Com o LED, é possível a implantação do sistema de telegestão que viabiliza os potenciais benefícios inteligentes deste recurso.

Já no aspecto econômico, os resultados decorrentes das melhorias geradas por sua instalação dependem de caso a caso. Algumas decisões ao longo do projeto de substituição ou instalação influenciam no *payback*¹⁷ e, por isso, precisam ser bem planejadas. Tais melhorias são frutos do baixo consumo de energia, alto rendimento (baixa dissipação de energia) e vida útil prolongada.

O *payback* de um projeto de substituição por LED depende de dois principais fatores. O primeiro é a condição do sistema a ser substituído: regiões que apresentam parque de iluminação com postes antigos e lâmpadas que consomem mais energia possuem custo energético e custo com manutenção maiores, por isso, o tempo necessário para recuperar os investimentos é menor. O segundo é a configuração do novo sistema de iluminação: modelo das lâmpadas e luminárias, período de utilização, custo de instalação, entre outros. Portanto o grau de sofisticação do novo parque influencia diretamente no valor do investimento requerido e, conseqüentemente, no *payback*. Projetos devem ser planejados para que atendam os requisitos e evitem gastos desnecessários.

Para projetos bem dimensionados, o período de *payback* para substituição por LED é considerado curto, varia de 5 a 10 anos. Nesse sentido, a economia gerada ao longo do tempo paga a própria instalação do parque de

¹⁷ Tempo necessário para que o dinheiro investido retorne ao investidores.

Iluminação Pública, e, ainda, propicia melhor visibilidade, menos poluição luminosa e menos impactos ao meio ambiente.

Mais especificamente no Brasil, o LED é importante porque as economias provenientes de sua instalação permitem que se justifique a utilização da COSIP como visto no capítulo 5. Neste caso, projetos passam a ter viabilidade econômica que antes não tinham.

9.2 FIBRA ÓPTICA

A fibra óptica é fundamental porque permite que os postes se comuniquem entre si. Quando comparada a outras possibilidades de rede, existem três motivos que justificam a escolha por fibra óptica. O primeiro é que a velocidade e a capacidade do cabo são superiores às das vias aéreas (4G). O segundo é que as frequências e espaços de banda das vias aéreas são finitas, o que não acontece com o cabo, que pode ser ampliado sempre. O terceiro e principal é a confiabilidade e a estabilidade¹⁸ da fibra óptica, sendo altamente resistente e durável. Assim o sistema não fica sujeito a problemas técnicos recorrentes¹⁹, o que é imprescindível para a efetividade do sistema de Iluminação Pública Inteligente. Caso contrário, o sistema perde conectividade, dados são perdidos e medidores perdem seus propósitos.

A fibra óptica permite que a luz seja utilizada para transporte de informação digital através de uma mídia feita de pequenos fios de vidro, onde cada qual determina um caminho para os raios de luz que transportam o sinal. Dentre as principais vantagens deste material, destacam-se:

- Os dados podem ser transportados digitalmente.
- Por ter volume e peso muito inferior ao dos cabos convencionais em cobre, os cabos ópticos são muito mais fáceis de manusear e transportar, facilitando sua instalação.

¹⁸ Discute-se muito sobre o potencial da tecnologia 5G. Entretanto, ela ainda está em teste em países como Estado Unidos e Coreia do Sul. No Brasil ainda não está disponível.

¹⁹ Como qualquer sistema, a fibra óptica está sujeita a problemas técnicos. Porém, em uma frequência muito menor, uma vez que a probabilidade de se romper um cabo é baixa. Diferentemente da perda de sinal de um sistema por radiofrequência.

- Possuem largura de banda muito maior que os cabos de metal. Isto significa que eles podem transportar maior quantidade de dados em um mesmo período de tempo.
- Os cabos ópticos têm uma capacidade de transmissão muito superior à dos sistemas em cabos metálicos e por isso podem transmitir sinais a distâncias muito maiores.
- Com a tecnologia de amplificadores ópticos, é possível uma transmissão interurbana por centenas de quilômetros de distância sem estações intermediárias.
- As fibras ópticas, por serem feitas de material dielétrico, são totalmente imunes a ruídos e interferências eletromagnéticas, como as causadas por descargas elétricas e instalações de alta tensão, o que constitui uma grande vantagem na implantação de sistemas de transmissão confiáveis.
- Devido à não interferência entre cabos, não existe a necessidade de blindagens como nos cabos metálicos, proporcionando grande redução no custo principalmente nas transmissões em alta frequência.

Além de todo o exposto, a fim de i) ter controle e poder explorar a telegestão do sistema e ii) obter independência das empresas de telecomunicação, as PPPs que estudam implantar um parque de Iluminação Inteligente devem considerar a aquisição do ativo fibra óptica. Cabe ressaltar que esta tecnologia não fica obsoleta, justificando o seu alto valor de investimento inicial. Caso não seja possível financeiramente, deve-se buscar uma parceria apropriada com as empresas de telecomunicação.

9.3 POSTES INTELIGENTES

Por último, conforme esperado, subentende-se que os postes inteligentes em si são fundamentais para a implementação de Iluminação Inteligente. Os postes não somente permitem integração entre as tecnologias que já existem como câmeras, sensores de som, conectores para internet e monitores de tráfego mas como possuem *inputs*²⁰ para tecnologias que ainda

²⁰ Entradas como USB que basta encaixar novos sensores, câmeras ou dispositivos.

estão por vir, que, futuramente, apenas uma entrada compatível com os *inputs* será suficiente para instalação. Esses *inputs* também permitem que sejam instalados novos dispositivos ao longo do tempo conforme necessidade e ou viabilidade financeira, assim, não é preciso instalar tudo de uma vez.

A estrutura física dos postes por si só não garante o bom funcionamento. Existem alguns requisitos mínimos que precisam ser respeitados:

- Precisão dos dados: os sensores devem capturar os dados de maneira precisa do ambiente para que a acurácia das informações assegurem ações mais apropriadas e efetivas.
- Segurança e Acesso ao Sistemas: o ambiente digital sem os devidos cuidados é um ambiente perigoso, sujeito à *cyberattacks*. Os dados devem contar com níveis de segurança, protocolos e a proteção do acesso ao seu conteúdo.
- Ininterruptibilidade e Autonomia: a iluminação do poste deve ser desvinculada do sistema *IoT*. Em outras palavras, o sistema de iluminação deve permanecer funcionando ainda que o serviço digital falhe. Suas respectivas manutenções também devem ser em paralelo.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em um cenário de alto crescimento populacional urbano, as cidades procuram meios para suprir as novas demandas. Após analisar as inovações mundiais nos projetos de modernização da Iluminação Pública, concluiu-se que as novas tecnologias viabilizadas pela *IoT* possuem um enorme potencial para o setor em termos econômicos, sociais e ambientais. Este trabalho buscou abordar as oportunidades existentes na modernização da Iluminação Pública com ênfase na atual conjuntura do cenário brasileiro e seus instrumentos legais disponíveis.

No entanto, cabe destacar que muitos dos benefícios e desafios inerentes a essas iniciativas possuem maior ou menor impacto dependendo da situação de um país ou de uma cidade, uma vez que fatores como grau de desenvolvimento, disponibilidade de recursos e experiência em iniciativas similares são determinantes no levantamento de prioridades e demandas locais específicas. Os critérios para adoção dessas tecnologias precisam ser ponderados em acordo com as necessidades dos habitantes da região, priorizando o interesse coletivo sem comprometer a saúde fiscal e outras demandas urbanas e de infraestrutura.

10.1 CONTRIBUIÇÕES E CONCLUSÕES

Este trabalho pôde contribuir para esclarecimentos a respeito de conceitos recentes como *Internet of Things* e *Smart Cities* e também para difusão das tecnologias aplicáveis à Iluminação Pública que permitem dar suporte ao desenvolvimento de cidades integradas e sustentáveis.

O trabalho buscou transmitir a idéia de que no caso do Brasil, país em desenvolvimento, a efficientização dos recursos tecnológicos para Iluminação Pública nas cidades brasileiras pode abrir as portas para uma cidade planejada, que desempenha função fundamental na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. As cidades que estudam adquirir novas luminárias para seus parques de iluminação, considerando as tecnologias mais avançadas e buscando atualização dos métodos de operação e gestão podem usufruir de

benefícios indiretos além de redução de custos como mais segurança, mais dinâmica entre os serviços e menor impacto ambiental.

Principalmente depois de adquirir a responsabilidade pelos ativos da IP, os municípios brasileiros passaram a ter , com mais autonomia, a oportunidade de garantir um sistema econômico, estável e atualizado. Porém, as novas tecnologias para o setor, como o LED e dispositivos *IoT* aplicáveis à infraestrutura dos parques de Iluminação pública, ainda são dispendiosas e requerem conhecimento técnico especializado. Tal cenário dificulta a ação dos municípios devido a carência de agentes públicos com conhecimento teórico, específico e atualizado para definir as melhores tecnologias a serem adotadas e também a carência de recursos financeiros para realização dos investimentos necessários.

Como resposta a esse desafio, o trabalho destacou a importância das PPPs como instrumento legal para solucionar as dificuldades financeiras e operacionais dos municípios. Mais adiante, esclareceu porque no Brasil as iniciativas em Iluminação Pública por esse meio ainda são ineficientes e propôs medidas práticas para aumentar o índice de PPPs com contrato assinado. Além disso, explicou-se o papel da COSIP bem como os preceitos para utilizá-la para fins inteligentes.

Para finalizar, o trabalho demonstrou, com o exemplo de Caraguatatuba, que a utilização da infraestrutura da Iluminação Pública como suporte a dispositivos inteligentes não somente é praticável como já existem iniciativas brasileiras gerando importantes resultados. Além disso, foram elencados os elementos fundamentais da infraestrutura básica dos parques de iluminação necessários para que as iniciativas em Iluminação Pública Inteligente sejam possíveis.

10.2 INDICAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Embora este trabalho procure discutir a importância da Iluminação Pública como instrumento para desenvolvimento de *Smart Cities*, não fez parte do escopo um estudo sobre quais cidades brasileiras seriam mais propensas à

aplicação das tecnologias *IoT*. Nesse sentido, estudos que busquem elencar as características de uma cidade para que seja um boa candidata à implementação dos postes inteligentes enriquecem este conteúdo.

Além disso, espera-se que pontos que não foram aprofundados por esse trabalho possam ser melhor explorados em trabalhos futuros como o detalhamento dos riscos e dificuldades associados à aplicação das tecnologias, detalhamento de procedimentos para elaboração de projetos específicos no setor, pesquisas sobre evolução de outras tecnologias de telecomunicação como 5G e aprofundamento das normas de *Smart Cities* no Brasil. Outros estudos que, junto com esse trabalho, tenham utilidade prática para desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e inteligentes agregam ao conteúdo.

11. REFERÊNCIAS

ABDIB. Guia de Boas Práticas em PPPs de Iluminação Pública. Disponível em: <https://www.abdib.org.br/wp-content/uploads/2019/06/guia_IP_A4_junho.pdf>. Acesso em: 05. out. 2019.

AMURI, VITOR, 2017. Disponível em: <<http://www.tec.abinee.org.br/2017/arquivos/t28.pdf>>. Acesso em: 11. nov. 2019.

ABRASI (São Paulo) (Org.). Iluminação. Disponível em: <<http://www.abrasi.org.br/iluminacao-urbana/2/dados-do-setor>>. Acesso em: 5 jun. 2019.

ANTUNES, Vitor Amuri. Parceria público privada para smart cities. 2. ed. São Paulo: Lumen Juris, 2017. 256 p.

BUFARAT, Helder. Apresentação ITRON - MBA USP - 14 04 19: São Paulo: Helder Bufarat, 2019. 16 slides, color, 25 x 20.

CEZAR PINTO VIEIRA, PAULO, 2000. Disponível em: <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%e7%e3o%20P%fablica/Pesquisa/redes_de_fibra_optica_no_meio_urbano.pdf>. Acesso em 3 nov. 2019.

DHIEGO MAIA (São Paulo). Folha de São Paulo (Ed.). Babá da metrópole: Rede detecta som de tiros e acidentes. 2017. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2017/02/1861034-baba-da-metropole-r ede-detecta-sons-de-tiros-e-acidentes-e-avisa-a-policia.shtml>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

EVOLUTIX (São Paulo). Evolutix. Elektro adota solução da evolutix para cidades inteligentes em São Luiz do Paraitinga: Cidades Inteligentes. 2015. Disponível em: <<http://www.evolutix.com.br/notiacutecias/elektro-adota-solucao-da-evolutixsilver-spring-networks-para-cidades-inteligentes-em-sao-luiz-do-paraitinga>>. Acesso em: 20 jun. 2019.

FRANCESCO PAPA (London, Uk). Eip-scc. European Humble Post Initiative: London: Francesco Papa, 2017. 39 slides, color, 25 x 20.

HISTORY OF LIGHTINING (São Paulo). História da Iluminação. Disponível em: <<http://www.historyoflighting.net/electric-lighting-history/history-of-street-lighting/>>. Acesso em: 01 jun. 2019.

JUSBASIL, 2018. Disponível em: <<https://jus.com.br/artigos/61876/a-natureza-juridica-da-contribuicao-de-iluminacao-publica>>. Acesso em 11 novembro 2019.

JUSBASIL, 2018. Disponível em: <<https://stj.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/15005413/peticao-de-recurso-especial-edcl-no-resp-1177930>>. Acesso em 11 nov. 2019.

JUSBASIL, 2018. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/cms/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=257102>>. Acesso em 11 nov. 2019.

MACEDO, FABIANA, 2019. Disponível em: <<http://infraroi.com.br/smart-city-exige-tecnologia-comunicacao-e-analise-de-dados/>>. Acesso em 03 nov. 2019

MACEDO, FABIANA, 2019. Disponível em: <<http://infraroi.com.br/o-que-e-preciso-para-as-smart-cities-decolarem-em-2019/>> Acesso em 03 nov. 2019

PAREDES MUSE, LARISSA, 2019. Disponível em: <http://dissertacoes.poli.ufrj.br/dissertacoes/dissertpoli2654.pdf>. Acesso em 3 nov. 2019.

PAULO SILVA, PEDRO et al. RIBEIRO, RICARDO et al. MATOS, RUI, 2017. Disponível em: <http://www.arandanet.com.br/revista/lux/materia/2017/07/05/implamentacao_de_sistemas.html>. Acesso em 3 nov. 2019.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (São Paulo). Prefeitura de São Paulo (Org.). PLANO DE NEGÓCIOS DE REFERÊNCIA. 2018. Disponível em:

<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/chamadas/edital_anexo_ix_-_plano_de_negocios_de_referencia_1413300062.pdf>. Acesso em: 25 maio 2019.

RODRIGO REIS, RADAR PPP, 2017. Disponível em: <https://multimidia.fnp.org.br/biblioteca/apresentacoes/item/download/569_a9cb63373520b8460b0c4f4ca3decfbf>. Acesso em: 05 nov. 2019.

SÃO PAULO. CIDADE DE SÃO PAULO. . História da Iluminação. Disponível em:

<<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/ilume/historia/index.php?p=312>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

VIEIRA, PAULO CÉZAR. Redes de Fibra Óptica em meio urbano. Disponível em:

<https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/Ilumina%e7%e3o%20P%fablica/Pesquisa/redes_de_fibra_optica_no_meio_urbano.pdf> Acesso em: 24 nov. 2019.

VILUX (São Paulo) (Ed.). História da Evolução da Lâmpada. Disponível em: <http://www.vilux.com.br/ver_noticias.asp?codigo=143>. Acesso em: 19 jun. 2019.