



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
COLEGIADO DO CURSO DE ENGENHARIA DE
CONTROLE E AUTOMAÇÃO - CEAU**



ARNALDO DIAS NOVAES MACHADO

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO
DA TELEGESTÃO NO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
DA CIDADE DE MARIANA-MG**

**MONOGRAFIA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE CONTROLE E
AUTOMAÇÃO**

Ouro Preto, 2023

ARNALDO DIAS NOVAES MACHADO

**ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA APLICAÇÃO
DE TELEGESTÃO NO PARQUE DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA
DA CIDADE DE MARIANA-MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para a obtenção do Grau de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Paulo Marcos de Barros Monteiro, Dr.

Ouro Preto
Escola de Minas – UFOP
Maio de 2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

Arnaldo Dias Novais Machado

Estudo da Viabilidade Técnica e Econômica da Aplicação de Telegestão no Parque de Iluminação Pública da Cidade de Mariana

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Controle e Automação da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação

Aprovada em 30 de maio de 2023

Membros da banca

- [Doutor] - Paulo Marcos de Barros Monteiro - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
- [Doutor] - Luiz Fernando Ríspoli - Examinador (Universidade Federal de Ouro Preto, aposentado)
- [Doutor] - Agnaldo José da Rocha Reis - Examinador (Universidade Federal de Ouro Preto)

Paulo Marcos de Barros Monteiro, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 30/05/2023



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Marcos de Barros Monteiro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 02/06/2023, às 06:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0532550** e o código CRC **49F458B6**.

Este trabalho é dedicado à minha família por todo apoio, amor e incentivo. Sem eles nada seria possível.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu orientador, Prof. Paulo Marcos de Barros Monteiro, pela dedicação, paciência e orientação durante todo o processo de desenvolvimento deste trabalho. Suas sugestões e críticas foram fundamentais para a qualidade final do trabalho.

Agradeço também à Universidade Federal de Ouro Preto, por proporcionar os recursos necessários para a realização deste trabalho, bem como por oferecer um ambiente de aprendizagem e desenvolvimento intelectual que foi essencial para a minha formação.

Agradeço aos meus familiares e amigos pelo amor, apoio, incentivo e paciência. Sem eles, eu não teria a força e a motivação necessárias para enfrentar os desafios que surgiram durante o processo.

Agradeço ainda aos colegas de curso, pela troca de experiências, ideias e conhecimentos ao longo dos anos de graduação. Suas contribuições foram valiosas para a minha formação acadêmica e pessoal.

Agradeço também a Prefeitura Municipal de Mariana, em especial os Engenheiros Amarildo Junior e Vinicius Cruz, por todo aprendizado, motivação e parceria durante minha experiência no trabalho com iluminação pública.

Por fim, agradeço a todas as pessoas e instituições que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Seus insights, sugestões e críticas foram fundamentais para o sucesso deste projeto.

RESUMO

Com o conceito de smart cities e os benefícios trazidos pelo avanço tecnológico nas cidades, a telegestão de iluminação pública se tornou importante para efetivação destas tecnologias. Ela contribui para a eficiência energética das luminárias e traz uma maior segurança aos moradores, devido ao monitoramento em tempo real facilitar a identificação de problemas nas redes elétricas e em pontos de luz. Para avaliar a possível viabilidade econômica de aplicação desse sistema, é necessário fazer um estudo quantitativo e analisar junto as empresas que fornecem este tipo de sistema, valores e serviços oferecidos por elas para posterior avaliação e obtenção dos resultados. Diante disso, estudos e entrevistas foram elaborados a fim de encontrar variáveis que influenciam na melhor escolha sobre como aplicar a telegestão e se as vantagens compensam os gastos de aplicação. Como esse tipo de tecnologia é comumente aplicado em grandes cidades, se espera encontrar resultados positivos quanto sua instalação também em cidades de pequeno porte e assim incentivar outras cidades na aplicação de sistemas similares em seus parques de iluminação. Dessa forma, apresenta-se neste trabalho como as tecnologias aqui discutidas podem trazer cada vez mais segurança à população e torna as cidades mais sustentáveis no quesito de eficiência energética.

Palavras-chaves: Telegestão. Iluminação pública. Segurança.

ABSTRACT

With the concept of smart cities and the benefits brought by technological advancements in cities, public lighting remote management has become important for the implementation of these technologies. It contributes to the energy efficiency of the luminaires and provides greater safety to residents, as real-time monitoring facilitates the identification of problems in the electrical networks and lighting points. To assess the potential economic viability of implementing this system, it is necessary to conduct a quantitative study and analyze, together with companies that provide this type of system, the values and services offered by them for subsequent evaluation and obtaining results. In light of this, studies and interviews were conducted to identify variables that influence the best choice regarding the application of remote management and whether the advantages outweigh the implementation costs. As this type of technology is commonly applied in large cities, positive results are expected in its installation in small cities as well, thus encouraging other cities to apply similar systems in their lighting parks. Therefore, this work presents how the discussed technologies can increasingly bring security to the population and make cities more sustainable in terms of energy efficiency.

Keywords: Telemangement. Public lighting. Safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Luminária da Unilumin, linha Villa de luminárias do tipo ornamentais.	16
Figura 2 - Curvas de iluminância natural para o dia de 21 de junho nas cidades analisadas. ...	20
Figura 3 – Gráfico de iluminância no período noturno.	21
Figura 4 – Gateway concentrador da empresa de telegestão SmartGreen.	24
Figura 5 – Controlador de telegestão da empresa de telegestão SmartGreen.	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LED – Light Emitting Diode.

CO₂ – Fórmula gás carbônico.

NEMA – *National Electrical Manufactures Association*.

COSIP - Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública.

PPP – Parceria Público Privada.

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
1.1	Objetivos.....	9
1.2	Motivação	9
1.3	Estrutura do trabalho	9
2	REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1	Iluminação pública	11
2.2	Telegestão de Iluminação Pública	11
2.3	Iluminação pública nas cidades históricas.....	12
2.4	Tecnologias aplicadas à iluminação pública	13
3	DESENVOLVIMENTO	15
3.1	Caracterização da cidade histórica escolhida	15
3.2	Diagnóstico da iluminação pública atual.....	15
3.3	Seleção da tecnologia de telegestão a ser aplicada.....	17
3.4	Implantação do sistema de telegestão.....	18
3.5	Metodologia.....	19
4	RESULTADOS	20
5	CONCLUSÃO.....	27
	BIBLIOGRAFIA	29

1 INTRODUÇÃO

Segundo DUTRA et al_(2016) a iluminação pública é um serviço básico prestado pelas prefeituras, a qual é responsável por trazer melhorias para a segurança pública, tráfego urbano de pessoas e veículos, além de aproveitar melhor o ambiente noturno das cidades. Entretanto, o consumo excessivo de energia elétrica por parte dos serviços públicos, tem um impacto significativo na economia municipal, principalmente quando os municípios enfrentam dificuldades, como foi o caso da cidade de Mariana que perdeu arrecadação das mineradoras após o rompimento da barragem de rejeitos em 2015 (FREITAS, 2019).

Nessas circunstâncias, a telegestão de iluminação pública pode ser uma opção viável para redução de custos com iluminação e possivelmente trazer maior eficiência no controle e manutenção das luminárias. Segundo ELBERG et al (2017), essa tecnologia permite controlar remotamente dispositivos de iluminamento em tempo real, permitindo solucionar problemas e manutenções de forma mais rápida e precisa.

Objetiva-se avaliar neste trabalho a viabilidade técnica e econômica da implantação de telegestão no parque de iluminação pública da cidade de Mariana-MG. O município foi selecionado por possuir um sistema de iluminação modernizado com luminárias do tipo LED, o que acarreta um menor custo de implantação da tecnologia de telegestão, além de ser uma cidade histórica que requer atenção especial para a preservação do patrimônio cultural. Além disso, essa tecnologia de iluminação, traz uma grande vantagem econômica quando comparada as outras lâmpadas no aspecto de eficiência luminosa, vida útil e economia de energia (QUEIROZ, et al., 2019).

Visa-se mostrar com o estudo a importância da implantação da telegestão na iluminação pública de Mariana-MG, destacando suas vantagens e benefícios, bem como a viabilidade financeira do investimento. Com os resultados obtidos, este trabalho pretende contribuir para a adoção desta tecnologia também em outras cidades do país, auxiliando-as na redução dos custos com iluminação pública e na melhoria da qualidade dos serviços prestados à população e tornando-as futuras *smart cities*.

1.1 Objetivos

O presente trabalho vem com o objetivo de analisar as vantagens e desvantagens da automatização do parque de iluminação pública na cidade de Mariana-MG, levando em consideração a análise de custos, eficiência energética e benefícios adicionais que o sistema pode trazer.

Com base nessas análises, busca-se apresentar uma conclusão sobre a viabilidade econômica da aplicação para melhoria da iluminação e economia de energia na cidade, fornecendo subsídios para a tomada de decisão por parte dos gestores públicos.

1.2 Motivação

Até o ano de 2020, a cidade histórica de Mariana-MG possuía tecnologias de iluminação públicas antiquadas, com fluxo luminoso precário em vários pontos e baixa eficiência energética. Essas características traziam insegurança aos moradores da cidade, principalmente à noite ~~o qual é o período com menor luminosidade~~. Segundo o PORTAL DA CIDADE (2020), a partir do dia 10 de agosto de 2020, ocorreu um investimento de R\$ 4.495.796,53 para modernização de aproximadamente 6 mil pontos na cidade de Mariana. De acordo com PARMA (2022), 100% do parque de iluminação da cidade de Mariana foi modernizado com luminárias da tecnologia LED. Como o próximo passo para tornar o sistema de iluminação pública mais eficiente é a possibilidade de implantação da telegestão, uma possível solução pode trazer grandes benefícios para a população e gestão pública da cidade. Diante disso, o presente estudo vem como forma de estudar as tecnologias e trazer dados para uma possível aplicação da gestão remota de suas luminárias.

1.3 Estrutura do trabalho

Inicialmente aborda-se o funcionamento da tecnologia de telegestão e suas respectivas peculiaridades, de forma a facilitar o entendimento sobre o sistema e trazer as possíveis vantagens dessa tecnologia. Além disso, o estudo conta com dados sobre os componentes utilizados no sistema e sobre o tipo de comunicação que ocorre entre as luminárias e o sistema de gerenciamento. Informações importantes de como os dados das luminárias são utilizadas na cidade de Mariana- MG e como eles devem ser considerados para a instalação do sistema proposto foram levados em conta. A partir daí, iniciou-se uma pesquisa entre empresas com o objetivo de adquirir informações dos tipos de serviços disponíveis e a faixa média de valores dos possíveis sistemas a serem implantados.

Outro ponto importante a ser considerado, são as características da cidade em estudo de forma a entender o atual cenário da cidade e assim justificar a implantação desse tipo de tecnologia. Com isso, foi feita a junção dos dados coletados apresentando os benefícios, a viabilidade econômica e social da instalação da telegestão em cidades. Desta forma, pretende-se contribuir para que o serviço possa ser utilizado em demais cidades com particularidades semelhantes às da cidade de Mariana.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Iluminação pública

A iluminação pública é parte essencial para uma infraestrutura urbana de qualidade com um papel muito importante para o conforto, estética e principalmente segurança dos cidadãos (SANTOS E. R., 2005).

De acordo com MENA (2019), em uma matéria publicada no “Jornal Folha de São Paulo”, a iluminação pública pode melhorar a segurança nas ruas e reduzir a criminalidade noturna em até 36%. A pesquisa examinou o impacto da iluminação pública em 40 ruas sorteadas na cidade de Nova York e descobriu que a instalação de iluminação adicional resultou em uma redução significativa nos crimes violentos (MENA, 2019).

Outro estudo publicado em CAVALCANTE FILHO et al (2021), avaliou a eficiência energética da iluminação pública e seu impacto nas emissões de carbono em uma avenida da cidade de Recife- PE, dados de antes e depois da aplicação da tecnologia LED. Segundo CALVACANTE FILHO et al (2021), os pesquisadores descobriram que a tecnologia pode ser uma solução eficaz para reduzir o consumo de energia e as emissões de carbono associadas à iluminação pública em até 64%.

No entanto, de acordo DUTRA et al (2016), foram avaliados os desafios da iluminação pública em cidades inteligentes, com isso os pesquisadores descobriram que os desafios incluem a falta de padrões e protocolos comuns para a iluminação inteligente, a necessidade de sistemas de gerenciamento de energia e a falta de capacitação e conscientização dos usuários finais.

Além disso e segundo TEIXEIRA et al (2021), a tecnologia está evoluindo rapidamente e novas soluções estão sendo desenvolvidas para a iluminação pública. Com o uso da inteligência artificial junto do conhecimento já adquirido com a aplicação se faz muito importante para o desenvolvimento da iluminação pública, pois ela pode ser usada para melhorar a eficiência energética, reduzir os custos de manutenção e melhorar a qualidade da iluminação (TEIXEIRA, 2021).

2.2 Telegestão de Iluminação Pública

Segundo ELBERG (2017), a telegestão de iluminação pública é um sistema que permite o gerenciamento e controle remoto de luzes de rua em uma cidade, utilizando tecnologias de comunicação sem fio e sensores. Com esse sistema, é possível monitorar o consumo de energia, detectar falhas e ajustar a intensidade da luz de acordo com as necessidades e eventos, além de reduzir o consumo de energia (ELBERG, 2017).

Da mesma maneira e de acordo com ELBERG (2017), o sistema de telegestão de iluminação pública é composto por uma série de componentes, como controladores de iluminação, sensores, dispositivos de comunicação sem fio, software de gerenciamento e um centro de controle. Com a coleta de dados em tempo real, é possível analisar o desempenho do sistema e tomar decisões para melhorá-lo (ELBERG, 2017).

A telegestão de iluminação pública é uma tecnologia em expansão em todo o mundo, e já é amplamente utilizada em cidades da Europa e América do Norte (ELBERG, 2017). No Brasil não é diferente, de acordo com ROSA et al (2019), houve um grande aumento de demanda para melhorias nas instalações de iluminação pública dos municípios brasileiros nos últimos anos, o que torna a iluminação pública mais atrativa para empresas do ramo da tecnologia, uma vez que as cidades têm pouca ou quase nulas capacidades técnicas de gerenciar seu parque de iluminação.

2.3 Iluminação pública nas cidades históricas

A iluminação pública além de ser de grande importância para a segurança e conforto dos cidadãos, também serve para dar enfoque e embelezar pontos turísticos da cidade. Segundo SANTOS (2005), as cidades históricas que são comumente ligadas aos casarões, museus e monumentos históricos, quando passam por adequações ligadas ao ambiente, contribuem para a preservação do patrimônio histórico, ao mesmo tempo em que cria um ambiente agradável e seguro.

De acordo com SANTOS (2005), dentre vários estudos sobre a iluminação pública e cênica em cidades históricas, muitos deles foram realizados para avaliar a qualidade delas em cidades de patrimônios históricos e com a ideia de gerar soluções para uma maior eficiência e sustentabilidade na comunidade em questão.

Diante disso, um estudo realizado por VIEIRA et al (2018), analisou como a qualidade da iluminação pública em áreas históricas e turísticas do centro de Fortaleza- CE pode influenciar na segurança dos cidadãos. Os resultados mostraram que serviço com más execuções tem maior influência negativa na percepção de segurança de turistas e moradores da cidade., trazendo a necessidade de melhorias para que a tranquilidade seja preservada.

Outro estudo elaborado por VELOSO et al (2018), avaliou a eficiência energética da iluminação em cidades históricas, quando comparadas a diferentes tecnologias de iluminação. Os resultados mostraram que a modernização das lâmpadas convencionais pela tecnologia LED pode reduzir significativamente o consumo de energia e contribuir com a preservação ambiental das cidades (VELOSO et al, 2018).

Cabe destacar ainda que a iluminação pública tem um papel importante na valorização do ambiente histórico de cidades antigas e coloniais. Um estudo realizado por SANTOS et al (2020), buscou analisar a importância da iluminação pública na valorização do patrimônio histórico em cidades monumentais. Os resultados mostraram que uma iluminação adequada realça as características históricas e arquitetônicas de edificações e monumentos, o que os torna mais atraentes para os turistas e população local, contribuindo para o desenvolvimento econômico local (SANTOS et al, 2020).

Em geral, a iluminação pública é um aspecto importante em cidades históricas uma vez que valoriza o acervo histórico além da garantia de uma maior segurança e entre moradores e turistas que as visitam todos os dias. Além disso, um projeto luminotécnico bem-feito, dá foco aos pontos principais da cidade e atrai mais pessoas, trazendo consigo um investimento para atrair uma economia mais segura e eficaz a cidade.

2.4 Tecnologias aplicadas à iluminação pública

De acordo com TEIXEIRA (2021), o emprego de tecnologias mais atuais e eficientes em sistemas de iluminação geram uma maior economia energética, com redução de custos com o serviço e de consumo de CO₂ que estão relacionados à iluminação pública.

O exemplo mais conhecido de tecnologia que tem sido muito utilizada nos últimos anos na iluminação pública é a iluminação LED (Light Emitting Diode), que apresenta uma série de vantagens em relação às lâmpadas vapor de sódio e de mercúrio (comumente utilizadas em iluminação pública) (TEIXEIRA, 2021). De acordo com LOPES (2014), a iluminação em LED é mais energeticamente eficiente, apresentando uma redução significativa no consumo de energia elétrica em relação às outras tecnologias existentes. Além dessa maior eficiência energética, a iluminação LED apresenta uma maior vida útil, resultando em uma redução nos custos de manutenção e sendo a porta de entrada para outras tecnologias na cidade.

Outra tecnologia que tem sido aplicada à iluminação pública, e comumente utilizada com a tecnologia LED, é a chamada iluminação inteligente e permite a adaptação da intensidade luminosa das lâmpadas em função de condições climáticas, presença de pessoas e veículos nas ruas e até eventos programados. De acordo com TEIXEIRA et al (2021), a iluminação inteligente possibilita reduzir ainda mais o consumo de energia elétrica e melhora a qualidade da iluminação, aumentando a segurança nas vias públicas.

Outro desafio enfrentado pela gestão das cidades, é a continuidade dos projetos iniciados em gestões anteriores. De acordo com Grazielle Carvalho, ALMG (2023), presidente de uma entidade que presta consultorias para prefeituras, para que um projeto se concretize por

completo, é necessário de pelo menos 20 anos, entretanto, os mandatos para prefeitos se renovam a cada quatro anos e em alguns casos não são retomados pelas novas gestões. Dessa forma, a presidente defende a necessidade de formação de lideranças, monitoramento da execução de projetos, planejamento estratégico e maior engajamento da população para que o problema seja contornado.

Portanto, com a iluminação pública aliada a novas tecnologias e uma gestão pública capacitada, é possível criar cenários de acordo com cada necessidade, podendo trazer uma maior segurança e economia de energia elétrica para a cidade. Entretanto, tais tecnologias exigem um investimento inicial relativamente alto, mas que podem trazer benefícios com o investimento.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Caracterização da cidade histórica escolhida

A cidade histórica de Mariana, localizada na região central do estado de Minas Gerais, Brasil. Foi instituída em 1696 e é considerada uma das mais antigas cidades do estado segundo SILVA, (2022). A cidade é povoada por quase de 62.000 habitantes e é um importante centro regional de turismo e cultura (IBGE, 2021). O município é conhecido por sua arquitetura colonial bem preservada, com inúmeras igrejas, casarões antigos e praças que datam dos séculos XVII e XVIII. Além disso, a cidade é cercada por colinas, montanhas e muitos rios correm por ela, como a Ribeirão do Carmo e Rio Piracicaba.

Além das atrações históricas, Mariana também tem uma vida cultural vibrante com muitos eventos e festivais. O município também é famoso por suas minas de ouro, que foram desenvolvidas desde os primórdios da colonização portuguesa.

Entretanto, Mariana também desdém de desafios, como a falta de infraestrutura adequada, sobretudo nas áreas periféricas da cidade e a intenção de conservar e defender seu patrimônio histórico, cultural e turístico. De acordo com SILVA (2022), a cidade requer bons investimentos em sua infraestrutura, contudo na área de iluminação pública. A cidade também foi atingida por um grande desastre ambiental em 2015, quando uma das barragens da mineradora Samarco se rompeu e expeliu grande quantidade de rejeito em territórios do município, ocasionando prejuízos irreparáveis ao meio ambiente e afetando a vida de muitos moradores da região (MAZUR et al, 2019).

3.2 Diagnóstico da iluminação pública atual

Em relação a iluminação pública do município, tem objetivos de reduzir de gastos com iluminação pública, redução de CO₂, diminuir a criminalidade e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Obter mais informações sobre consumo e problemas com o parque de iluminação pública, fornecer dados capazes de direcionar a cidade para mais um passo para a melhora de sua infraestrutura.

Atualmente a prefeitura de Mariana conta com mais de 7.000 pontos de iluminação LED de três diferentes fabricantes Soneres, Unilumin e a Ilumatic, sendo a grande maioria da Soneres, linhas Viva II de 80 e 100 watts em vias de menor tráfego, incluindo sua área rural e a linha Viva III de 200 watts nas avenidas. As luminárias da Unilumin, conforme mostrado na Figura 1, são da linha Villa de luminárias do tipo ornamentais que compõe todo o centro histórico da cidade, incluindo praças. Já as luminárias da Ilumatic, linha Ares, compõem as

demais praças da cidade. O acionamento do sistema é feito por fotocélulas da empresa Exatron, modelo Luxen que aciona as luminárias com iluminâncias entre 5 e 15 lux e desliga com iluminâncias abaixo de 30 lux (EXATRON, 2023).



Figura 1 - Luminária da Unilumin, linha Villa de luminárias do tipo ornamentais. Fonte: (UNILUMIN, 2023)

De acordo com os respectivos manuais, todas as luminárias, já apresentam preparação para telegestão, sendo conectores do tipo NEMA7 em seu borne de conexão com o relê controlador e dimerizáveis.

Grande parte desses pontos encontram-se na área rural e que atualmente, contam com várias novas obras de extensão de rede elétrica e iluminação pública sendo feitas na cidade. De acordo com MARIANA (2023), a cidade arrecadou no mês de março de 2023 o valor R\$ 358.011,86 mensais da taxa de iluminação pública COSIP (Contribuição de Serviço de Iluminação Pública). O sistema de iluminação atual da cidade conta com relês fotovoltaicos que ligam e desligam as luminárias, sem obter demais informações do sistema, como por exemplo, consumo elétrico.

Para gestão do parque de iluminação da cidade, existe um aplicativo para fazer as solicitações de melhoria e suporte à iluminação pública. Solicitações estas, feitas pela população, sendo necessário criar cadastros para os requerimentos. A empresa de manutenção fica responsável por atender todos os chamados, elaborar diagnósticos e enviar feedbacks à gestão de iluminação da cidade. Além disso, são feitas rondas noturnas na cidade para conseguir identificar mais luminárias com problemas, fazendo com que haja um maior gasto financeiro e lançando uma quantidade maior de CO₂ no ambiente da cidade.

No centro histórico da cidade, a iluminação é um ponto importante a ser ressaltado, pois conta com luminárias ornamentais do tipo colonial também em LED para entrar em harmonia com seus casarões, museus e igrejas históricas. A dimerização dessas luminárias é de grande importância para contribuir com os eventos culturais da paróquia e para manter bem iluminado nos demais eventos.

Um problema comumente observado é o fator de criminalidade nos pontos de menor incidência de luz nos períodos noturnos, normalmente em bairros periféricos e que possuem maior quantidade de pontos de iluminação com problemas. Dessa forma, a iluminação pública vem contribuir muito com melhora desses fatores.

3.3 Seleção da tecnologia de telegestão a ser aplicada

Existem inúmeras tecnologias de telegestão disponíveis no mercado, que variam de acordo com o tipo de comunicação existente no sistema. Dentre as mais comuns, tem-se a tecnologia com rede de comunicação de rádio frequência (RF), que utiliza da tecnologia de rede sem fio para comunicação das luminárias e estação base ou gateway, e assim enviam dados e recebem dados e comandos entre controladores e luminárias. Essa rede é comumente usada nas faixas de frequências de 900 MHz, 2,4 GHz ou 5,8 GHz. Tais redes são utilizadas em situações de áreas urbanas povoadas com baixa cobertura de rede celular ou em casos em que a cobertura celular tem um alto valor.

Outra tecnologia bastante utilizada é a PLC (Power Line Communication), que se utiliza da infraestrutura da rede elétrica existente para a comunicação entre luminárias e estação base do sistema. Ela acontece com a modulação de sinais de radiofrequência na rede elétrica de alimentação das luminárias, sendo esse o seu meio de transmissão. Como vantagem, esse tipo de tecnologia reduz bastante seu custo de implantação além de transmitir os dados em alta velocidade, por grandes distâncias. Entretanto, traz como desvantagem a possibilidade de interferências externas de outros dispositivos elétricos conectados à mesma rede. Outros problemas encontrados nesse tipo de comunicação, são redes elétricas antigas, que normalmente apresentam ruídos e interferências. Esse tipo de comunicação é bastante utilizado em casos que a instalação de novos cabamentos seja inviável e com ideias de redução de custos.

A tecnologia de telegestão, baseada em NarrowBand-IoT (NB-IoT), é uma tecnologia que se utiliza da rede de comunicação de celulares para transmissão de dados entre luminárias e software da telegestão. Pensada para a Internet das Coisas (IoT), utiliza da telefonia móvel para transmissão de dados, sendo uma ótima opção de baixa demanda de energia. Além disso,

é um sistema de conectividade altamente confiável e que transmite dados a longas distâncias podendo chegar em áreas isoladas e com difícil acesso. Entretanto, é um sistema que necessita de assinatura de dados e outros equipamentos, sendo assim, mais dispendioso que outros sistemas de telegestão. Outro ponto negativo, é a disponibilidade de cobertura celular nos pontos em que serão instalados, afetando na eficácia do sistema em certas regiões.

3.4 Implantação do sistema de telegestão

Dentre os vários modelos de contratação do serviço de telegestão, temos as PPP's (parcerias públicas privadas), Consórcio de Municípios para PPP, Financiamento Municipal, Programas de Concessionárias de Energia Elétrica, Autofinanciamento, Transferência de Luminárias, entre outras que satisfazem as demandas do poder público, além de alavancar o mercado de iluminação pública privada.

De acordo com ABDIB (2019), observa-se uma forte aceleração de iniciativas de investimento privado na IP municipal, fortemente lastreadas em contratos de PPP. Entre os anos de 2013 até outubro de 2018, aproximadamente 253 iniciativas de PPP de IP foram identificadas em municípios brasileiros, sendo um bom começo para a automação da iluminação pública brasileira. Com isso, pode-se observar um grande crescimento na melhoria de iluminação pública nos municípios brasileiros. Isso prova o quão importante é a área de iluminação pública e como as prefeituras se preocupam com a qualidade da iluminação em seus municípios.

A solução da telegestão de iluminação pública foi apresentada solução satisfatória, uma vez que já existem vários municípios vem aderindo o sistema e que se apresentam em várias formas de integração ao sistema de iluminação já presente. A telegestão traz uma maior facilidade no gerenciamento das luminárias com informações sobre consumo, dimerização (quando as luminárias oferecem essa possibilidade), falhas dos pontos e cobertura de iluminação pública na cidade. Entretanto o valor de aplicação do sistema é relativamente alto, e por isso dificulta a aplicação em cidades com pouca renda. Diante disso, as empresas buscam soluções de aplicação como aluguel de luminárias e as PPP's. Esta, que de acordo com ABDIB (2019) são regulamentadas pela Lei 11.079/2004, representam, no cenário nacional, a modalidade de contrato administrativo que melhor disciplina as relações público-privadas na provisão de infraestrutura e serviços de interesse público.

No entanto, a implementação de um sistema de telegestão pode ser um investimento significativo para a prefeitura e a escolha da modalidade dependerá das necessidades e objetivos da cidade de Mariana, além de estar de acordo com as normas que regem a iluminação pública.

3.5 Metodologia

Segundo HEERDT et al (2007), o estudo de campo é um tipo de pesquisa que procura o aprofundamento de uma realidade específica. Dessa forma, o presente trabalho tem como finalidade obter informações e características de cidade histórica conservadora em relação a novas tecnologias de infraestrutura que são comumente aplicadas em grandes cidades. Com isso, consegue-se ponderar, diante das variáveis encontradas, as vantagens e desvantagens dos tipos de tecnologias que mais encontram-se próximos da realidade dessas cidades.

Após formação do tema de pesquisa, foram realizadas pesquisas bibliográficas e pesquisas de campo para obter um melhor domínio do tema proposto, além da aquisição de conhecimento das contribuições já fundamentadas.

Dentre as fontes bibliográficas encontradas, foi possível adquirir informações importantes de trabalhos passados, revistas, publicações periódicas e entrevistas com empresas e gestores da área de iluminação pública, sendo assegurado a veracidade de dados por questionários aplicados a estes, para se obter um trabalho completo.

Para a aplicação, serão utilizados procedimentos de pesquisa de campo, ou seja, entrevistas com empresas do ramo de telegestão de iluminação pública e gestão da iluminação pública da cidade de Mariana- MG. Com isso procurou-se encontrar os sistemas mais adequados para as cidades que possuem características semelhantes à da cidade estudada, com o objetivo de aplicar estas melhorias da infraestrutura de iluminação pública. Esse estudo tem o intuito de contribuir na busca de novas tecnologias e questões que servirão para futuros trabalhos de investigação.

4 RESULTADOS

A telegestão pode ser uma solução atraente em centros urbanos pela facilidade de gerenciamento da iluminação pública, evitando problemas com a falta de luz em pontos críticos e obtendo informações reais sobre seu sistema.

De acordo com o gestor da iluminação pública de Mariana, a cidade conta com grande parte de sua iluminação pública espalhada em seu centro histórico e em áreas rurais e baixo acesso a rede de telefonia móvel, dessa forma, dificultando a aplicações de novas tecnologias. Atualmente o controle das luminárias é feito por fotocélulas, sendo o horário de ligamento e desligamento destas é impreciso e varia com a quantidade de iluminância do local. Sendo assim, para obter informações pertinentes sobre a luz durante o dia, foi necessário entender como a luz natural incide nas vias a serem iluminadas.

Em um estudo feito por PANSERA (2019), com auxílio do software TropLux 7.3.2, foi possível encontrar uma curva de iluminância para três diferentes regiões do país (sul, sudeste e nordeste) no período de um ano, que pode ser vista na figura X, com os dados do mês de junho por exemplo. De acordo com a Figura 2, a cada dia 21 de cada mês eram medidas a iluminância de um dia completo, em avenidas das cidades de Passo Fundo/RS, Natal/RN e São Paulo/SP formando assim sua curva de iluminância média diária no período (PANSERA, 2019).

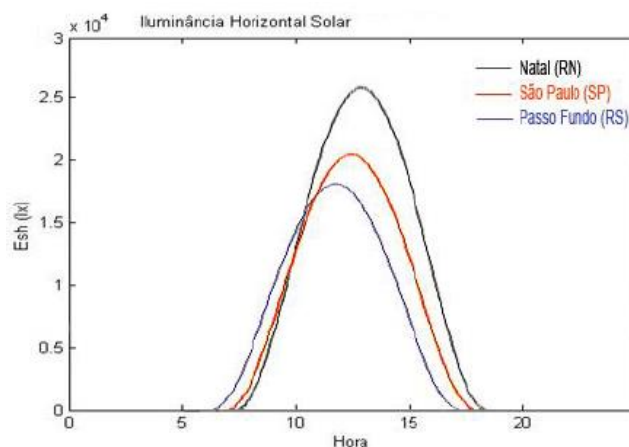


Figura 2 - Curvas de iluminância natural para o dia de 21 de junho nas cidades analisadas.
Fonte: PANSERA, (2019)

De acordo com PANSERA (2019), observou-se que mesmo o estudo sendo feito em regiões distintas do Brasil, o período de funcionamento das luminárias permanece quase o mesmo, sendo sua única diferença, os horários de início e término de seu acionamento.

Após dados obtidos com o trabalho e informações encontradas no datasheet da fotocélula utilizada na cidade de Mariana, foi possível encontrar o comportamento da luminária durante o período noturno com acionamento por fotocélula e compará-lo com a utilização do

sistema de telegestão. De acordo com as especificações técnicas da fotocélula (EXATRON, 2023), as luminárias sempre ligariam em torno dos 15lux de iluminância com sua potência máxima e desligariam totalmente em torno dos 30lux. Ao comparar com a curva de iluminância da Figura 3, que também foi utilizada em PANSERA, (2019) além dos dados de funcionamento da fotocélula, obtêm-se o período de funcionamento das luminárias durante um dia.

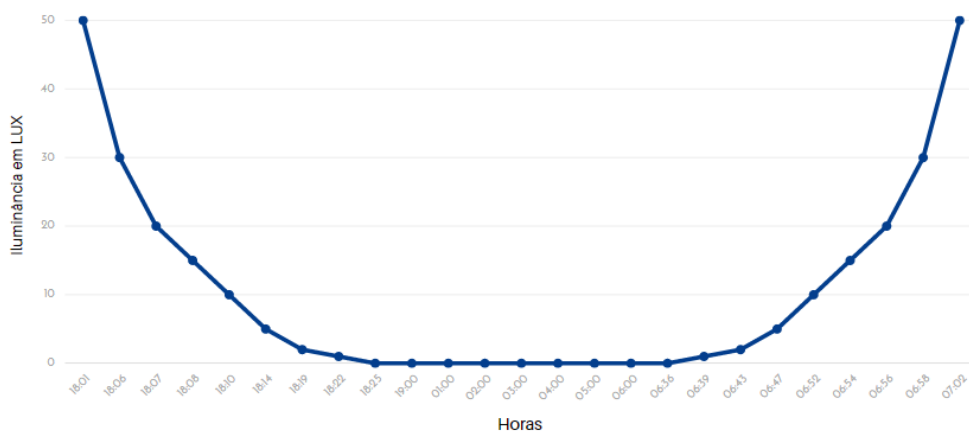


Figura 3 – Gráfico de iluminância no período noturno. Fonte: (PANSERA, 2019)

Dessa forma, as luminárias ligariam por volta das 18h08min em sua total potência e desligariam totalmente em torno das 06h58min, totalizando 12h e 50min de funcionamento em 100% de sua capacidade.

Entretanto, com a dimerização dessas luminárias, esse cenário poderia ser melhorado no período de menor fluxo de pedestres e veículos. De acordo com o autor, a dimerização das luminárias para o período de 1 às 5 horas da manhã ocasionaria em uma economia de energia elétrica de até 37% ao ano. Outro ponto percebido pelo autor, é em relação ao acionamento e desligamento das luminárias, que se utilizando das fotocélulas, são sempre em 100% e 0% da capacidade das luminárias. Essa situação também poderia ser contornada com a dimerização, começando em 0% da potência em aproximadamente 30min antes de seu horário comum de acionamento, e subindo gradualmente até chegar a 100%, e iniciando a dimerização a partir de seu horário comum de desligamento e diminuindo progressivamente até chegar a 0% da potência da luminária em 30min. Com isso, consegue obter uma melhor distribuição da luz, melhorando o conforto dos cidadãos e contribuindo também para uma maior economia de energia, que chega aos 17% de economia em relação às luminárias LED sem dimerização, segundo (PANSERA, 2019).

Considerando o horário de funcionamento obtido, as taxas B4a relativas à iluminação pública da concessionária de energia de Minas Gerais, CEMIG e dados como o número de luminárias do município e suas respectivas potências, consegue-se estimar o valor gasto com o

pagamento da energia elétrica consumida pela iluminação pública do município, uma vez que tal informação não foi encontrada no portal de transparência da cidade. Segundo a Tabela 1, as taxas B4a dadas em R\$/KWH (reais/quilo watt hora) são divididas em bandeiras tarifárias que começam em 0,35922 e podem chegar a 0,50122 em casos de escassez hídricas, apresentados na tabela X. De forma a facilitar os cálculos, encontrou-se um valor médio entre as tarifas de 0,42619.

Tabela 1 – Bandeiras tarifárias B4a da CEMIG distribuição. Fonte: CEMIG (2023).

B4 – Iluminação pública	Bandeira verde – consumo R\$/KWH	Bandeira amarela – consumo R\$/KWH	Bandeira vermelha 1 – consumo R\$/KWH	Bandeira vermelha 2 – consumo R\$/KWH	Bandeira escassez hídrica – consumo R\$/KWH
Iluminação pública – Rede de distribuição	0,35922	0,38911	0,42422	0,45717	0,50122

Outro dado que não foi fornecido e será necessário ser estimado, é o número de luminárias por potência, onde encontram-se luminárias de 80, 100 e 200 watts. Como média entre esses valores encontrou-se o valor aproximado de 126,67 watts que será usado nos cálculos a seguir.

Sendo assim, multiplica-se a potência média (P) encontrada, pelo número de luminárias (n) e encontra-se a potência consumida por hora de todo o sistema de iluminação pública da cidade. Como a taxa da concessionária de energia é dada em KWH (quilo watt hora), é necessário dividir o resultado encontrado pelo multiplicador K = 1000. Considerando o tempo de luminárias acesas durante um dia, encontrado acima de 12h e 50min, e transformando-se os 50min em porcentagem de horas para se obter a mesma variável para cálculo, obtêm-se um tempo (h) de 12,83 horas. Dessa forma, ao multiplicarmos esse tempo encontrado na equação, encontraremos o consumo por dia de energia elétrica do sistema.

$$C = \frac{P \times n}{1000} \times h$$

$$C = \frac{126,67 \times 7000}{1000} \times 12,83$$

$$C = 11.376,24 \text{ W/dia}$$

Com o valor de consumo encontrado, consegue-se estimar o valor gasto em reais com o fornecimento de energia elétrica, considerando a taxa média encontrada e excluindo os impostos cobrados pelo serviço da concessionária de energia, sendo esse valor próximo dos R\$4.848,40/dia.

Considerando a economia de energia elétrica gerada pela dimerização das luminárias, esse valor seria 17% menor com a aplicação da tecnologia de telegestão, passando então para R\$4.024,17, com uma economia de R\$824,228/dia ou R\$300.843,22/ano.

Outro ponto importante a ser analisado é a vida útil das luminárias, mostrados na Tabela 2, que podem ser aumentados com a aplicação da dimerização na telegestão.

Tabela 2 – Vida útil das luminárias estudadas sem dimerização em horas e anos. Fonte: Autor.

Modelo da luminária	Vida útil em horas	Vida útil aproximada em anos
Unilumin linha Villa de 80w	60.000	12,8
Soneres linha Viva II 80w	72.000	15,4
Soneres linha Viva II 100w	72.000	15,4
Soneres linha Viva III 200w	72.000	15,4
Ilumatic linha Ares Midi 80w	102.000	21,8

Dessa forma, com a dimerização do sistema é possível alcançar um maior tempo de vida útil dessas luminárias. De acordo com PANSERA (2019), em luminárias com vida útil de 70.000h, que durariam em torno de 15 anos, consegue-se aumentar em até 2 anos o tempo de vida útil. Isso equivale a pouco mais de 13% de durabilidade. Portando as luminárias do sistema de iluminação pública de Mariana aumentariam de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Vida útil das luminárias estudadas com dimerização em horas e anos. Fonte: Autor.

Modelo da luminária	Vida útil em horas	Vida útil aproximada em anos
Unilumin linha Villa de 80w	60.000	14,5
Soneres linha Viva II 80w	72.000	17,4
Soneres linha Viva II 100w	72.000	17,4
Soneres linha Viva III 200w	72.000	17,4
Ilumatic linha Ares Midi 80w	102.000	24,6

Outros problemas comumente encontrados no sistema são falhas que dificilmente são percebidas no período diurno, dessa forma são necessárias rondas noturnas e reclamações de

moradores para detectar eventuais erros e assim tomar providências. Quando tais problemas acontecem em áreas mais afastadas das cidades e com baixa cobertura de telefonia celular, estas ficam sem iluminação pública por um longo período, trazendo desconforto e insegurança para os moradores que nessas áreas residem.

Como as novas luminárias da cidade já trazem a possibilidade de implantação de telegestão, um grande passo já foi dado em direção a tecnologia trazendo uma grande redução de custo de implantação. Foram entrevistadas duas empresas do ramo, com tipos de serviços diferentes a serem oferecidos. Estas ficam responsáveis por fornecer software e equipamentos do sistema. Tais equipamentos envolvem por exemplo o gateway concentrador presente na Figura 4, que recebe os dados de todas as controladoras das luminárias através de rede mesh, mandando-os para o software e controladores, presentes na Figura 5.



Figura 4 – Gateway concentrador da empresa de telegestão SmartGreen. Fonte: (SMARTGREEN, 2023).



Figura 5 – Controlador de telegestão da empresa de telegestão SmartGreen. Fonte: (SMARTGREEN, 2023)

Os softwares das empresas entrevistadas oferecem várias funções de detecção de falhas, alarmes, gestão de energia, posição das luminárias, entre outros. É possível fazer o controle das luminárias individualmente ou em grupo, sendo necessário uma pessoa capacitada para fazer o gerenciamento delas. A empresa prestadora do fornecimento da tecnologia fornecerá também um treinamento para a gestão. Em relação aos custos de implantação, que é uma variável significativa do trabalho, observou-se uma média de valores em torno de R\$ 550,00 por ponto de iluminação, que multiplicado ao número de luminárias, ficaria em torno dos R\$ 3.850.000,00

na cidade de Mariana por completa. Outro custo que se manteria, é o custo da manutenção das luminárias que gira em torno dos R\$ 28.000,00 mensais.

Já em relação aos custos que se perderiam e pontos positivos agregados à implantação do sistema, podemos começar com os custos de economia de energia gerada pela dimerização das luminárias em pontos e horários estratégicos e maior vida útil das luminárias. Além disso, geraria também uma grande economia financeira e geração de CO₂ com as rondas noturnas na cidade, que considerando aluguel do veículo com motorista e combustível no preço atual giram em torno de R\$11.000,00 mensais. Sendo assim, a Tabela 4 dispõe dos gastos mensais da prefeitura com iluminação pública sem o sistema de telegestão.

Tabela 4 – Gastos com o sistema de iluminação pública na cidade de Mariana-MG no mês de março de 2023 sem telegestão. Fonte: Autor.

Valor anual da iluminação pública para a concessionária de energia	R\$ 1.769.666,00
Valor anual da manutenção da iluminação pública	R\$ 336.000,00
Valor anual aproximado de gastos com rondas noturnas na cidade	R\$ 132.000,00
VALOR ANUAL TOTAL	R\$ 2.237.666,00

Já com a aplicação da telegestão, os custos mensais mudariam com a diminuição do valor repassado a distribuidora de energia e com a não necessidade das rondas noturnas, segundo a Tabela 5 e assim, com a economia gerada seria possível pagar pela tecnologia.

Tabela 5 - Gastos com o sistema de iluminação pública na cidade de Mariana-MG no mês de março de 2023 caso houvesse telegestão. Fonte: Autor.

Valor anual da iluminação pública para a concessionária de energia	R\$ 1.468.822,00
Valor anual da manutenção da iluminação pública	R\$ 336.000,00
VALOR ANUAL TOTAL	R\$ 1.804.822,00

Portanto, houve uma economia financeira de R\$432.844,00 que pagaria a tecnologia de telegestão de iluminação pública em aproximadamente 8,9 anos, sendo uma solução economicamente viável, uma vez que as luminárias em LED da cidade durariam em média 17 anos.

Existem também os benefícios trazidos com o sistema para a gestão da cidade e principalmente para a população. Para a população, a telegestão trará maior segurança, conforto e comodidade, uma vez que problemas no sistema de iluminação pública serão encontrados rapidamente pela telegestão, além de não depender de solicitações para tal. Já em relação a gestão da iluminação pública da cidade, o benefício de trazer o maior número de informações

possíveis em um software economiza trabalho e mão de obra, além de, com essas informações, consegue-se um controle mais eficiente de seu parque de iluminação.

Outra questão que deve ser levantada, é o tipo de tecnologia a ser implantada na cidade de acordo com as características dela levantadas. Com baixa cobertura de telefonia móvel em sua região rural ficaria inviável utilizar a telegestão baseada em NarrowBand-IoT nessas áreas. Como se trata de uma cidade histórica, embora muitas atualizações em seu sistema de energia foram feitas, grande parte de seu sistema de iluminação foi projetado a décadas passadas e, portanto, podem afetar no funcionamento da tecnologia PLC, sendo então, inviável para aplicação de tal tecnologia. Por isso, diante das tecnologias abordadas neste texto, e diante também das características encontradas na cidade de Mariana, a melhor tecnologia a ser aplicada é a de Radiofrequência.

5 CONCLUSÃO

A Iluminação pública é um dos serviços públicos de maior importância para os cidadãos, pois trazem maior segurança para os habitantes, seja na identificação de objetos, animais, pessoas ou demais obstáculos que possam transpor seu caminho. Além disso, a iluminação oferece um maior conforto visual e estético para as cidades e suas vias. Entretanto, o grande problema enfrentado pelos municípios é manter o parque de iluminação sempre em funcionamento, de forma a manter a vida noturna das cidades sempre em funcionamento. Outro ponto a ser levantado em consideração é a possibilidade de dimerização e acionamento dessas luminárias por telegestão, pois com isso consegue-se ter total controle sobre elas e assim gerar economia de energia entre outros benefícios.

De acordo com as informações obtidas e estudos elaborados no presente trabalho, a telegestão da iluminação pública é uma solução tecnológica energeticamente viável, que pode trazer grandes benefícios para a cidade de Mariana- MG por promover economia de recursos, redução da criminalidade e melhoria da qualidade de vida na cidade. Embora seja um investimento significativo, a implantação da telegestão pode ser realizada em diversas formas de contratação, tornando-se financeiramente rentável para a cidade. Tal tecnologia permite um controle mais eficiente da iluminação e reduz também as emissões de gases de efeito estufa.

Além disso, a análise de viabilidade econômica indica que a implementação da telegestão também se torna viável e pode gerar um retorno do investimento em um tempo relativamente curto quando comparamos à vida útil das luminárias e benefícios para a população. Portanto, recomenda-se a implementação da telegestão de iluminação pública como uma solução para a melhoria da eficiência energética e redução de custos na iluminação pública.

Da mesma maneira, a tecnologia serve como porta de entrada para novas tecnologias que transformariam a cidade histórica, que foi a primeira capital do estado de Minas Gerais, em uma futura smart city. Dessa forma, os estudos aqui realizados, são de grande importância para o município e abrem portas para novos trabalhos que venham atribuir novas tecnologias à cidade, buscando maiores informações sobre a iluminação pública dela e trazendo ainda mais benefícios aos gestores e população que nela residem.

O presente trabalho também serve de base para a elaboração de novos estudos que abordem a aplicação da tecnologia em outras cidades e regiões, como também aprimorar a metodologia de análise de viabilidade econômica em projetos que contemplem a eficiência energética destes. Outro estudo relevante sobre o assunto, seria a o retorno sobre investimento das na modalidade PPP (parcerias público privadas), que foi brevemente abordado neste texto e que vem sendo bastante utilizado na contratação de novos projetos pelas prefeituras.

É importante ressaltar que a implementação de tecnologias no parque de iluminação pública pode contribuir significativamente para o desenvolvimento sustentável dos municípios, promovendo a eficiência energética e a redução dos impactos ambientais. Por isso, novos estudos vêm com o objetivo de contribuir para o avanço das políticas públicas de gestão de iluminação e para a promoção de cidades mais sustentáveis e inteligentes.

BIBLIOGRAFIA

- ABDIB, A. B. (2019). *Guia de Boas Práticas em PPPs de Iluminação Pública*. São Paulo: EY.
- ALMG. (24 de Maio de 2023). *Cidades inteligentes buscam aliar inovação com qualidade de vida para a população*. Fonte: ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DE MINAS GERAIS: <https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Cidades-inteligentes-buscam-aliar-inovacao-com-qualidade-de-vida-para-a-populacao/>
- Assessoria de Comunicação da Prefeitura Municipal de Mariana. (2020 de Outubro de 2020). *Prefeitura Investe em Segurança e Realiza Instalação de Lâmpadas de LED*. Fonte: PORTAL DA CIDADE: <https://mariana.portaldacidade.com/noticias/cidade/prefeitura-investe-em-seguranca-e-realiza-a-instalacao-de-lampadas-de-led-2640>
- CAVALCANTE FILHO, J. P., SILVA, J. A., & LEAL, S. S. (30 de Novembro de 2021). A economia de energia elétrica na iluminação pública com o uso de lâmpadas LED: Estudo de caso da avenida Recife. *Revista Ibero- Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, pp. 1-21.
- CEMIG. (2023). *Valores de tarifas e serviços*. Acesso em 26 de abril de 2023, disponível em <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>
- DUTRA, J. C., SAMPAIO, P. R., & AMORIM, L. M. (2016). Aspectos regulatórios e desafios da iluminação pública: controvérsias e desenvolvimentos recentes. *Direito UnB - Revista de Direito da Universidade de Brasília.*, 2, pp. 120-143. Acesso em 2023 de Abril de 2023, disponível em <https://periodicos.unb.br/index.php/revistadedireitounb/article/view/24496>
- ELBERG, R. (2017). Smart Street Lighting as a Smart City: Applications and Connectivity Best Practices. *Navigant Research*, p. 31.
- EXATRON. (2023). *Relé Fotocontrolador Instantâneo FL - Falha Ligado - IP67*. Acesso em 28 de Abril de 2023, disponível em <https://www.exatron.com.br/produtos/rele-fotocontrolador-instantaneo-fl-falha-ligado-ip67>
- FREITAS, V. C. (2019). *Relação entre a paralisação das atividades da empresa Samarco após o rompimento da barragem de Fundão e a queda na arrecadação Dda prefeitura de Mariana*. Mariana: Universidade Federal de Ouro Preto.
- HEERDT, M. L., & LEONEL, V. (2007). *Metodologia Científica e da Pesquisa*. Palhoça: UnisulVirtual.
- IBGE. (2021). Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/mariana.html?>
- LOPES, L. B. (2014). *Uma avaliação da tecnologia LED na iluminação pública*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MARIANA. (Março de 2023). *Receita Municipal - Contribuição para o Custeio do Serviço de Iluminação Pública (COSIP)*. Acesso em 27 de Abril de 2023, disponível em Portal da Transparência: https://e-gov.betha.com.br/transparencia/01037-148/con_comparativoreceita.faces
- MAZUR, A. S., & MOURA, A. S. (16 de 12 de 2019). Princípios da prevenção e da precaução e o dano ambiental futuro no caso Mariana/MG de 2015. *Academia de Direito*, pp. 211-233.
- MENA, F. (15 de Julho de 2019). Experimento mostra que iluminação pública reduziu 36% dos crimes noturnos. São Paulo, SP, Brasil.
- PANSERA, G. (2019). *Análise dos benefícios e do custo de ciclo de vida para a seleção de sistemas de iluminação pública*. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo.

- PARMA, B. (18 de Outubro de 2022). *Iluminação Pública de Mariana é 100% Led*. Fonte: JORNAL O ESPETO: <https://jornaloespeto.com.br/2022/10/18/iluminacao-publica-de-mariana-e-100-led/>
- QUEIROZ, A., LOPES, R. S., BEAKLINI, A. F., FORTES, M. Z., PEREIRA, A. E., BORBA, B. S., & TOMÁZ, R. C. (2019). Efficiency Evaluation in Public Lighting by Using LED and HPS Technologies. *International Journal of Energy Science and Engineering*, 5(1), pp. 12-22.
- ROSA, J., & MARTINS, E. M. (2019). *PMI - Procedimentos de manifestação de interesse para gestão de sistema de iluminação pública*. Palhoça: Universidade do Sul de Santa Catarina.
- SANTOS, D. R., MOURA, L. F., & NOGUEIRA, E. (2020). Importância da iluminação pública na valorização do patrimônio histórico em cidades turísticas. *Revista Brasileira de Turismo*, 3(1), pp. 64-80.
- SANTOS, E. R. (2005). *Iluminação Pública como elemento de composição da paisagem urbana*. Curitiba: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- SILVA, H. T. (2022). *A representação jurídica dos municípios históricos, mineradores e turísticos de Ouro preto e Mariana (MG) e sua relação com a sustentabilidade*. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto.
- SMARTGREEN. (2023). *Telegestão de iluminação pública, utilidades e inteligencia energética, IoT – M2M*. Curitiba.
- TEIXEIRA, D. C. (2021). *Ontologia para suporte à tomada de decisão na gestão da iluminação pública*. Felgueiras: Escola Superior de Tecnologia e Gestão Politécnico do Porto.
- UNILUMIN. (2023). *Villa*. Acesso em 26 de abril de 2023, disponível em <https://unilumin-lighting.com/product/outdoor/landscape/9.html>
- VELOSO, J., & ALMEIDA, M. C. (2018). Eficiência energética da iluminação pública em cidades históricas. *Revista Monografias Ambientais*, 17(1), pp. 137-147.
- VIEIRA, M. P., & CHAVES, D. F. (2018). Análise da iluminação pública em áreas históricas e turísticas do centro de Fortaleza-CE. *Ambiente Construído*, 18(4), pp. 189-202.