PROVA DE CONCEITO DE UM SISTEMA DE ILUMINAÇÃO VIÁRIA COM TELEGESTÃO VIA BLUETOOTH

Rayenne Santos da Luz[1], Adryel Santos Sousa[2], Gilson Fernandes Braga Júnior[1],Paula Renatha Nunes da Silva

[1]Universidade Federal do Oeste do Pará, Instituto de Engenharia e Geociência,Laboratório de Sinais e Sistemas, Santarém,Brasil (santosrayenne3@gmail.com,gilson.braga@ufopa.edu.br,paula.silva@ufopa.edu.br)
[2]EEFM Onésima Pereira de Barros, Santarém, Brasil (adryelsantossousa@gmail.com)

Resumo: As cidades inteligentes empregam tecnologia e dados para aumentar a eficiência, o desenvolvimento econômico, a sustentabilidade, a segurança e a qualidade de vida dos cidadãos nas áreas urbanas. Este artigo apresenta uma prova de conceito de um sistema de monitoramento do ambiente urbano, a partir de uma rede básica que conecta postes de iluminação e semáforos, os quais são integrados utilizando comunicação Bluetooth para coleta em tempo real de informações do ambiente viário.

Palavras-chave: cidade inteligente; comunicação bluetooth; iluminação; monitoramento urbano; semáforo;

INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório Mundial da Cidade divulgado pela ONU, atualmente as áreas urbanas são formadas por 55% da população mundial e com crescimento estimado para 68% até 2050 (ONU,2022). O processo de urbanização traz consigo mais benefícios para qualidade de vida e mercado de trabalho e maior acessibilidade em outras áreas como educação e saúde. Contudo esse crescimento acelerado acaba gerando transtornos para a população, principalmente quando a infraestrutura e o planejamento não acompanham essa expansão do meio urbano. Poluição sonora e ambiental, congestionamentos de trânsitos que afetam motorista e pedestres, sensação de segurança reduzida e o uso inadequado dos recursos naturais e elétricos são frequentemente encontrados durante o processo de urbanização. Como forma de minimizar esses problemas e melhorar a vida urbana vem se disseminando o conceito de cidade inteligente, o qual consiste na união da tecnologia, sociedade e governo como maneira de viabilizar os processos e gestão da cidade.

As cidades inteligentes podem ser divididas em seis blocos: Smart Governance, Smart Economy, Smart Living, Smart People, Smart Environment e Smart Mobility (Gowda et al.,2021). A iluminação viária está contida no bloco Smart Living, ela desempenha um papel fundamental na segurança e na qualidade de vida nas cidades, ajudando na redução de crimes, prevenção de acidentes e melhoria na visibilidade noturna. A iluminação tradicional consome uma expressiva quantidade de energia e contribui para a poluição luminosa, segundo o levantamento realizado em 2008 pela PROCEL com a ELETROBRÁS a iluminação pública correspondia a 3% do consumo total de energia do país, o que corresponde à 9,7 bi kWh/ano (Thaumaturgo et al., .2009), com o desenvolvimento das tecnologias de iluminação inteligente as cidades podem aprimorar a eficiência energética e reduzir os custos reduzindo assim a necessidade de implementações de novas usinas para geração de energia elétrica, diminuindo as devastações ambientais e uso de recursos renováveis. Essa nova alternativa de iluminação faz uso da conectividade e sensores para detectar defeitos e ajustar o uso dos postes de acordo com a hora do dia, fazendo uso do conceito de internet das coisas.

Em vista disso, o trabalho tem por objetivo realizar a verificação do funcionamento de postes e indicar, por meio de um sistema de monitoramento em tempo real, medidas preventivas e de manutenção através de um app, ademais, funcionalidades envolvem mostrar a temperatura atual na cidade.

MATERIAL E MÉTODOS

A iluminação urbana tem como objetivo tornar o ambiente urbano mais seguro, uma vez que compõe todos os sistemas existentes em um meio urbano, sendo a iluminação viária, o subsistema que cuida da iluminação específica para auxiliar a segurança dos motoristas e a sua relação com os pedestres. Portanto,para projetar um sistema de iluminação existem normas de dimensionamento que devem ser seguidas.

A principal norma a ser empregada é a NBR 5101 - Iluminação Pública (ABNT, 2012), cujo principal objetivo é proporcionar visibilidade para a segurança do tráfego de veículos e pedestres, de forma rápida , precisa e confortável. As principais metas do projeto de iluminação são reduzir a probabilidade de acidentes noturnos; melhoria da qualidade de vida em comunidades carentes; auxílio aos serviços de segurança pública, facilidade para o fluxo de tráfego, destaque para edificações e espaços públicos e garantir a eficiência energética.

O projeto inicia-se após a classificação do espaço viário para veículos e pedestres, que pela NBR 5101 podem ser definidos conforme as Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Tráfego Motorizado.

Classificação	Volume de tráfego noturno[a] de veículos por hora, em ambos os sentidos*, em pita única
Level (L)	150 a 500
Médio (M)	501 a 1.200
Intenso (I)	Acima de 1.200

[a]Valor máximo das médias horárias obtidas nos períodos compreendidos entre 18 e 21 horas.

*Valores para velocidades regulamentadas por lei.

NOTA: Para vias com tráfego menor que 150 veículos por hora, considera-se exigências mínimas do grupo leve (L), e para vias com tráfego muito intenso, superior a 2.400 veículos por hora consideram-se as exigências máximas do grupo de tráfego intenso (I).

Tabela 2. Tráfego Motorizado*.

Classificação	Pedestre cruzando vias com tráfego motorizado
Sem tráfego (S)	Como nas vias arteriais
Level (L)	Como nas vias residenciais médias
Médio (M)	Como nas vias comerciais secundárias
Intenso (I)	Como nas vias comerciais principais

*O projetista deve levar em conta esta tabela, para fins de elaboração do projeto

O volume de veículos e o conflito com o volume de pedestres são informações essenciais para o cálculo da iluminância, cujo valor médio designa a quantidade de luz que chega a uma superfície, e pode ser definido como o fluxo luminoso recebido por unidade de superfície, e a sua uniformidade. Além de variar pelo volume de tráfego, a iluminância (ver Tabela 3) leva em conta o tipo de via definidos nas tabelas 4 e 5 da NBR 5101, respectivamente.

Tabela 3. Iluminância Média Mínima e Uniformidade para cada classe de Iluminação.

Classe de Iluminação	Iluminância Média Mínima $E_{med/min}$ Lux	Fator de Uniformidade mínimo $U=E_{min}/E_{med}$
V 1	30	0,4
V2	20	0,3
V3	15	0,2
V4	10	0,2
V5	5	0,2

Os requisitos luminotécnicos irão indicar a classe de iluminação, conforme pode ser visto na Tabela 4. na qual é possível observar que os valores apresentados referem-se à média mínima ($E_{méd,min}$), o que significa que é preciso considerar a depreciação do sistema, a depreciação da fonte de luz (lâmpada ou LED), a depreciação da luminária e dos componentes elétricos (reatores ou *drivers*).

Tabela 4. Iluminância Média e fator de uniformidade mínimo para cada classe de iluminação.

Classe de iluminação	Iluminância horizontal média E_{med} Lux	Fator de uniformidade mínimo U=E
P1	20	0,3
P2	10	0,25
P3	5	0,2
P4	3	0,2

Considerando a largura da via, temos algumas possibilidades de instalação das luminárias, as quais estão ilustradas na Figura 1, as quais são importantes para os cálculos fotométricos, pois levam em conta a largura da pista (L) de rolamento (com acostamento quando houver); a altura (H) de montagem da luminária; e o espaçamento (e) entre postes.

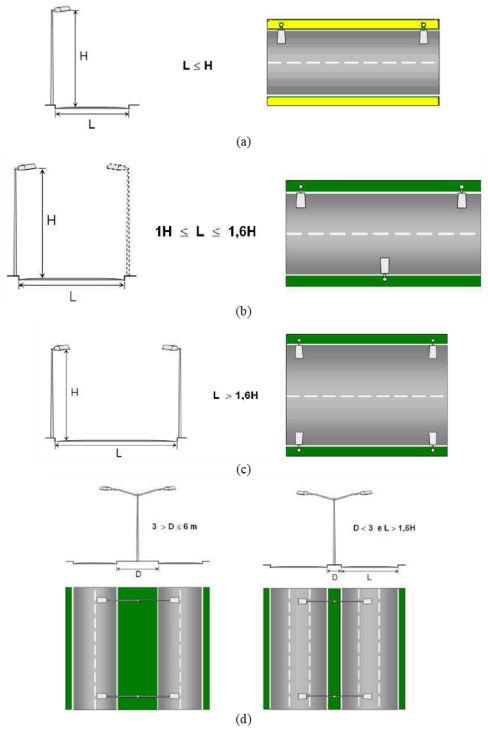


Figura 1. Disposição das luminárias nas vias públicas. (a) posteação unilateral; (b) posteação bilateral alternada; (c) posteação bilateral frente a frente; e (d) posteação central.

Portanto, os postes devem ser posicionados aproveitando-se ao máximo o espaçamento, respeitando os valores definidos para E_{med} e U. Esta recomendação deve ser observada principalmente nos projetos de vias especiais, como por exemplo os de cidades inteligentes, e vias rurais. Em alguns casos, nos centros urbanos onde existe grande circulação de pedestres, o espaçamento pode ser reduzido priorizando a distribuição luminosa.

A atualização de 2018 da NBR 5101 manteve inalterada a concepção dos projetos de iluminação viária, mas incorporou novas tecnologias, como as luminárias LED, já que anteriormente eram utilizadas luminárias de vapor de mercúrio ou de vapor de sódio. Além disso, esta revisão da norma já aborda aspectos como a dimerização e a telegestão, colocando a iluminação viária no contexto das cidades inteligentes, onde se utilizam câmeras e sensores para o monitoramento de veículos e pedestres, propondo uma iluminação inteligente de acordo com a necessidade visual do espaço e das pessoas que ali transitam.

A dimerização tem por objetivo reduzir o fluxo luminoso da lâmpada e, consequentemente, proporcionar uma redução significativa no consumo de energia elétrica, a qual é possível ser realizada em equipamentos para controle eletrônico para LED, denominados drivers, que estão disponíveis em dois terminais para controle analógico 0-10V, PWM, resistivo ou DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*). Neles, é possível efetuar esse controle conforme as limitações dos dispositivos. Vale ressaltar, que a dimerização proporciona a redução do consumo também nas lâmpadas de vapor de mercúrio e sódio.

A troca tecnológica das luminárias permitiu também a introdução do conceito de telegestão. De forma simplificada, telegestão consiste na monitoração e gerenciamento das luminárias, realizado por meio de recursos de telecomunicações. Segundo da Silva Matos (2023) a telegestão de luminárias públicas tem como principais objetivos:

- Medir periodicamente as grandezas (tensão, corrente, fator de potência, energia consumida etc.) da rede elétrica que alimenta;
- Câmeras digitais de vigilância pública, contendo algoritmos para detecção de comportamento suspeito, reconhecimento facial, objeto abandonado, invasões, leituras de placas, violações de trânsito etc.;
- Acesso gratuito à Internet por meio de redes públicas wi-fi; e emprego de sensores IoT (*Internet of Things*) para monitoramento e gerenciamento remoto de condições ambientais (temperatura, qualidade do ar, poluição sonora, alagamentos etc.), bem como de serviços públicos (energia, iluminação, água, gás etc.) e serviços domésticos (consumo de energia, água, eletrodomésticos inteligentes etc.).

Todos os dispositivos estão conectados entre si, através de uma rede mesh, que nada mais é do que uma “malha” de pontos onde existe a telegestão.

A metodologia utilizada é de natureza experimental, uma abordagem sistemática e científica para compreender o processo da iluminação viária inteligente e seu monitoramento. Este processo envolve o manuseio cuidadoso de variáveis independentes, como a intensidade da luz, a localização das luzes e o tipo de lâmpada usado, para analisar os efeitos sobre as variáveis dependentes,

como a visibilidade na estrada, a eficiência energética e a segurança dos pedestres e motoristas.

O estudo iniciou-se com a identificação do problema de má qualidade na iluminação viária. Foram observados pontos de ausência de iluminação devido às lâmpadas queimadas e a demora para realizar a manutenção necessária pela equipe responsável, esta situação resulta em uma diminuição da segurança dos moradores, pois áreas mal iluminadas facilitam a ocorrência de atividades ilegais e acidentes de trânsito. A estrutura de iluminação do ambiente está estreitamente ligada à segurança, pontos com baixa ou nenhuma luminosidade podem camuflar ações ilegais dificultando o reconhecimento e combate a essas práticas. Além disso, uma iluminação adequada é fundamental para garantir a segurança no trânsito, permitindo que os pedestres e motoristas possam ver e ser vistos claramente.

Tendo isso como base foi proposto um sistema de iluminação inteligente usando microcontrolador. Este pode monitorar automaticamente o status das lâmpadas e serve de alerta para a equipe de manutenção quando uma lâmpada estiver com problema, economizando energia enquanto mantém a segurança, a implementação deste dispositivo pode melhorar significativamente a qualidade de iluminação e a segurança dos moradores.

Ele é composto por postes de LED conectados a Resistores Dependentes de Luz (LDRs) que irão verificar o período do dia e analisar o funcionamento adequado das lâmpadas. Durante o dia, quando a incidência de luz ambiente é abundante, os LDRs entendem essa condição e indicam que as lâmpadas estão desligadas, para economizar energia. Com o passar do dia começa a escurecer e as lâmpadas devem ser ligadas para iluminar as ruas. Além disso, o sistema monitora o status operacional de cada lâmpada LED. Se uma lâmpada não estiver funcionando corretamente, o sistema identifica esse poste como defeituoso, essa informação chega para equipe de manutenção, facilitando a identificação rápida de postes que precisam de reparo. Melhorando a eficiência da manutenção e minimizando o tempo que a lâmpada fica com problemas, aumentando assim a segurança geral.

A estrutura inclui um sensor de temperatura. O qual é usado para medir as condições climáticas do ambiente urbano. Sendo muito útil em áreas onde as temperaturas extremas podem afetar o desempenho das lâmpadas. Além de proporcionar aos cidadãos a atualização do clima em tempo real, permitindo que os mesmos possam programar suas atividades diárias com mais eficácia. Todos os equipamentos instalados nos postes e as informações obtidas durante sua operação estão vinculados a um centro de monitoramento que é atualizado em tempo real via bluetooth, incorporando o conceito de internet das coisas no projeto.

Neste projeto, optamos por usar a plataforma MIT App Inventor por possuir um ambiente virtual de programação intuitiva, fácil aprendizagem, programação em bloco o que não requer do usuário conhecimento prévio em linguagens de programação, além de não exigir um poder computacional muito grande, e possui suporte para os sistemas operacionais para smartphones. Atendendo perfeitamente às necessidades do protótipo e garantindo sua eficiência na hora da execução. O app desenvolvido recebe os dados processados pelo arduino e mostra ao usuário por meio de uma interface gráfica de fácil assimilação, facilitando a comunicação homem-máquina. Essa interface contém a área para realizar a conexão com o bluetooth e ter acesso aos dados que estão sendo coletados, a disposição e identificação de todos os postes em estudo e seus respectivos status de atuação, que é indicado no visor por texto e um padrão de cor, se a lâmpada estiver funcionando normalmente o texto exibido será de cor verde, caso contrário será na cor vermelha. Outra informação também exibida nesta tela é a temperatura ambiente, que da mesma forma dos outros dados é atualizado constantemente e com precisão.

A integração de tecnologia, sociedade e governo na gestão das cidades, como proposto pelo conceito de cidade inteligente, pode trazer benefícios e desenvolvimento significativos. Com a implementação de aplicativos de monitoramento as cidades tornam-se lugares mais seguros, eficientes e melhor de viver.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o desenvolvimento do trabalho foi construída uma maquete, como pode ser vista na Figura 2, para representação de um cruzamento típico de um centro urbano, que será equipado com a iluminação viária inteligente.

A maquete é equipada com quatro postes e um semáforo de dois tempos. Cada poste conta com um LDR, como visto na Figura 3. Os resistores dependentes de luz realizam a verificação do período do dia e o estado de atuação das lâmpadas e enviam esses dados para a central de monitoramento.

A central de monitoramento foi implementada usando o Arduino (ver Figura 1), onde as informações processadas são exibidas no aplicativo, que ainda se encontra em fase de testes, buscando o reconhecimento de todos os possíveis erros e melhorar a comunicação entre servidor e usuário.

Além da iluminação, o sistema também realiza a verificação da temperatura ambiente, que também é mostrada na plataforma e atualizada quando se tem

mudança significativa. Essas informações podem ser observadas na Figura 4.

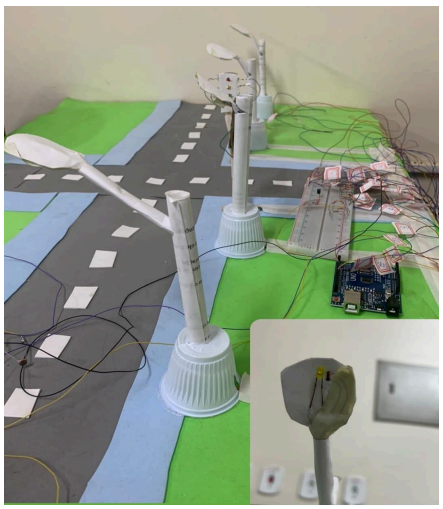


Figura 2. Disposição das luminárias nas vias públicas, com detalhe do sensor LDR.

A verificação de temperatura ambiente também é mostrada na plataforma e atualizada quando se tem mudança significativa. Essas informações podem ser observadas na figura 3.

A tela contém os botões de conexão com a rede de comunicação da aplicação, e o status de cada lâmpada que é analisado individualmente, se todos os dispositivos estiverem atuando corretamente os textos exibido será “LIGADO” e na cor verde, para se tornar mais intuitivo para aqueles que usam o dispositivo.

Caso seja detectada alguma falha durante a leitura das informações coletadas, o texto e a cor sofre alteração indicando que o poste precisa de revisão e manutenção do possível problema relatado, e no final da aplicação encontra-se o botão de sair para finalizar a execução do programa, como é observado na Figura 4.

CONCLUSÃO

O presente trabalho teve por objetivo desenvolver uma prova de conceito de um sistema de telegestão de iluminação viária, utilizando a tecnologia bluetooth. Para tanto, foi concebida uma maquete que simulasse o cruzamento de uma via pública, com os principais elementos que são monitorados, incluindo a medição de temperatura. O acionamento, a dimerização e verificação de falhas no poste, foram implementadas utilizando o Arduino, e a visualização pelo usuário é por um aplicativo bluetooth, o qual foi desenvolvido por programação em blocos. O sistema atualmente continua em testes, com o objetivo de realizar o maior número de combinações possíveis de falhas, a fim de que o resultado seja extrapolado para um sistema real que garantirá a segurança de veículos e pedestres.



Figura 4. Tela do aplicativo com todos os atuando normalmente



Figura 5. Tela do aplicativo com verificação de erro

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a gestão da Escola de Ensino Fundamental e Médio Onésima Pereira de Barros, por sua participação no projeto de extensão PRJ033-2023: Robô-Limpo: Robótica educacional e conscientização ambiental na comunidade.

REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5101/2018: iluminação pública - procedimento. Rio de Janeiro, 2018.

da Silva Mattos, L. (2023). Smart Cities. Revista do Clube Naval, 3(406), 70-75.

A ONU-Habitat. (2022). Relatório Mundial das Cidades 2022