

EcoLumina - Estudando Sistemas De Automatização e Controlo De Luz Em Parques Públicos

João Daniel Pereira Jardim

Universidade da Madeira

20340316@student.uma.pt

Bruno Gomes Aguiar

Universidade da Madeira

2127321@student.uma.pt

Leonardo Fernandes

Universidade da Madeira

2080021@student.uma.pt

Abstrato

A luz pública tem grande importância no âmbito de uma cidade, porque dependendo da altura do dia, possibilita a visibilidade do terreno em questão à população nas suas atividades do dia-a-dia, desde estradas rodoviárias até passeios para pedestres.

Sistemas estáticos provenientes de instalações antigas que antecedem a tecnologia moderna e não recorrem a sensores e lâmpadas mais recentes, assim como sistemas de monitorização de dados usando protocolos de comunicação por rede são os mais comuns.

Sendo os passeios e rodovias, altamente frequentados durante todo o dia, levantou-se a questão, de quais seriam os locais mais populosos em alturas do dia restritas e extremamente não populados durante o dia quase todo.

Este artigo apresenta um estudo que toma partido de um Arduino (Wifi) e sensores tais como LDR e HC-SR04, assim como LEDs para controlar a intensidade da luz ao longo do dia, dependendo da presença humana e luz natural como método de regulação. Tendo acesso de rede, também proporciona testagem de sensores, e rastreio de dados relevantes e falhas que possam ocorrer no sistema. O sistema proposto mostrou alguns dados que demonstram melhorias em relação aos tradicionais devido aos algoritmos de controlo postos à prova. Desta forma e mostrando algumas provas de poupança de energia, acresce então a ideia de que os resultados irão ao encontro também da minimização de custos.

I. INTRODUÇÃO

A (Internet das Coisas) representa um sistema físico de equipamentos que são instalados e programados, de maneira a poder sentir e palpar os dispositivos e as diferentes tecnologias que ligam e trocam informação com outros sistemas e dispositivos tomando partido de redes como a Internet. O sistema apresentado proporciona mecanismos mais avançados do que os tradicionais, com ideias de automatização de produtos e serviços, assim como princípios de regulação, monitorização e manutenção de sistemas. A Internet das coisas neste tipo de sistema torna-o mais controlável, e moldável de várias maneiras em termos de controlo administrativo e de certa forma futurísticos, no que toca à revisão e progressão de sistemas antiquados para sistemas recentes.

Na divisão de uma cidade, aplicações de sistemas ligados à (Internet das Coisas) é normalmente dividida em comercial, consumidor e espaços industriais. Um dos conectores que ligam estes todos, são os espaços verdes, também conhecidos como Parques Públicos, que representam segundo a recomendação da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) pelo menos 15% a 20% da área urbana numa cidade [1]. Tendo em conta a necessidade destes espaços, existe a necessidade de os iluminar, logo os postes de luz de rua são um aspecto essencial para a visibilidade diurna e noturna, nestes espaços urbanos, onde a ausência da mesma poderá levantar problemas de segurança, e onde a sobre-utilização das mesmas irá levantar problemas de gastos excessivos de recursos. Atualmente, sistemas de postes de luzes são mantidos e controlados fisicamente segundo sistemas estáticos, programados segundo Standards Europeus, iTeH

Standards [2], que estipulam valores fixos para o ligamento e desligamento de luzes consoante as variações dos horários sazonais de 10 a 16 horas por dia. No entanto, dois problemas se levantam.

Um deles é o nível administrativo se basear em reportagem de falhas por terceiros, dando a entender que o nível de inspeção é inexistente até que sejam apontadas falhas por parte da população diretamente às entidades responsáveis pelas redes de luzes. O segundo problema que se levanta é o funcionamento exclusivo a dois modos, proveniente da não utilização de qualquer tipo de sensores, mas sim apenas temporizadores fixos, desta forma, o sistema de luzes funcionam durante todo o dia na sua intensidade mais elevadas, até se desligar para o seu horário noturno, onde apareça quem aparecer durante este horário, o sistema de luzes que iria ser importante nessa altura irá estar inactivo. De certa forma, em suma, utiliza recursos a mais quando não deve, é um sistema de inspeção reactivo e não proactivo e por fim, em alturas críticas não proporciona atividade nem segurança.

Levantados estes problemas, este artigo e projeto representa uma ideia com mecanismos que se ligam à rede de postes, e se adapta às situações específicas do ambiente presencial, em tempo real, utilizando por meio um sistema Arduino Uno R4 com ligação Wifi, capaz de recolher dados, os partilhar em rede e também, receber dados mandados da rede para o dispositivo, de modo a conseguir tratar de alguns dos problemas que ocorrem em sistemas tradicionais de postes de luzes. No entanto, apenas com o Arduino não conseguimos resultados, desta forma tomamos partido do sensor de luz LDR, utilizado em sistemas como este proposto [3], no ramo da detecção de ciclos diurnos e noturnos no que toca aos espectros luminosos ocorrentes durante o passar do dia. Desta forma tomando decisões inversas no que toca à parábola de luz natural versus luz artificial.

Apresentando esta ideologia, não podemos falar de luz artificial sem mencionar a utilização de um sistema ligado a LEDs de resposta direta com oscilações digitais de intensidade. Como demonstrado com sucesso por vários projetos anteriores [4], a mais fácil maneira de tratar de sistemas protótipo em laboratório, é tomando partido destes LEDs, sendo que os mais práticos e efetivos no que toca à variação da intensidade de luz são só brancos.

Por fim, e também demonstrado em alguns desses projetos no âmbito da detecção de objetos [5], tomamos partido do sensor ultrassónico HC-SR04, capaz de avaliar movimentações referentes à presença espacial humana no local, sendo um mecanismo crucial para minimizar gastos de luz em alturas principalmente nocturnas, onde segundo o gráfico parabólico a intensidade deveria estar no seu pico, devido à ausência de luz natural, mas num ambiente inteligente cauteloso, só deveria isto acontecer se de facto estiver actividade humana em proximidade.

O sistema na sua completude, está construído sobre um Arduino Uno R4 (Wifi), capaz de leitura de sensores, e posterior envio de dados para ambientes Web, no entanto por ser um equipamento de reduzida capacidade apenas com 2 cores, as suas funções de rastreio são cumpridas com algumas limitações, sendo que o seu objetivo de integração

web e cloud por via wifi, no que toca à assistência remota do sistema de luzes é garantida, assim como também a nível de recolha de dados também o é a longo prazo, em termos de rastreio a sua eficácia mostra-se reduzida, e só funciona actualmente como prova de conceito, devido ao limite de dados que o sistema consegue introduzir em tempo real nos gráficos ilustrativos ser de apenas alguns minutos, desta forma o sistema em prova de conceito funciona apenas em modo “Testbench”, em contrariedade do que se pretendia, que era modo contínuo. Dito isto, fazendo múltiplos testes em regime Testbench, conseguimos visualizar que os algoritmos de código desenvolvidos estão de acordo com os resultados obtidos em Testbench, logo o sistema é comprovado.

Devido a essas limitações de modo contínuo, e por termos de trabalhar em Testbench, houve alguma necessidade de nos basearmos em estudos complementares, acerca dos picos de luz natural na Ilha da Madeira [6], que irão ser aprofundados nos resultados, assim como estudos complementares de LDR ao nível de resistência oferecida pelo sensor [7], consoante as alturas do dia, de modo a poder padronizar tem Testbench e perceber algumas das maneiras de obter resultados no campo usando apenas elementos disponíveis de laboratório como isolantes de luz e lanterna de telemóvel, como simuladores de luz solar e ausência da mesma para o regime noturno.

II. MÉTODOS

A. Arquitetura proposta:

O EcoLumina é um sistema de iluminação inteligente com o propósito de melhorar a eficácia energética sendo composto por sensores, como sensores de luz e distância, um arduino UNO R4 WIFI e um botão.

O arduino recebe a sua energia através do cabo USB-C. A parte relevante para a iluminação é composta por 3 leds, representado luzes de rua, e um sensor de luz (LDR) para detectar a luminosidade do ambiente, para detectar a passagem de um objeto o sistema possui um sensor de distância e para a ativação de forma manual o sistema possui um botão.

O LDR está ligado ao pin analógico através de uma resistência de 20k, enquanto os leds estão ligados aos pinos digitais 2, 3 e 6 através de resistências de 1k, o sensor de distância tem o trigger conectado ao pin digital 12, o echo conectado ao pin digital 11, o VCC e o GND ligado ligados ao VCC e GND do Arduino respectivamente.

• Sensor de Luz

O sensor de luz monitoriza continuamente a luminosidade do ambiente. Durante o dia, quando há luz natural suficiente, as luzes de rua permanecem apagadas para economizar energia. Conforme o anoitecer, o sensor detecta a diminuição da luz natural e aumenta gradualmente a intensidade das luzes, garantindo uma iluminação adequada e segura durante a noite.

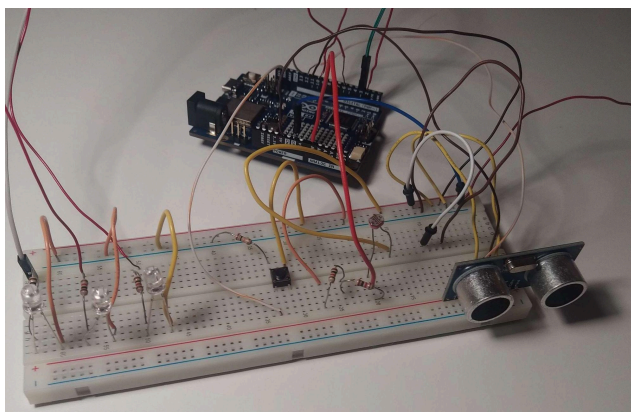


Figura 1. Arquitetura e Circuito do Sistema EcoLumina

O circuito do sistema EcoLumina é constituído por:

- Sensor de Distância

O sensor de distância está constantemente a monitorizar a passagem de pessoas e veículos. À noite, quando o sensor detecta a aproximação de um pedestre ou veículo, as luzes próximas aumentam a sua intensidade para proporcionar melhor visibilidade e segurança. Após a passagem do pedestre ou veículo, as luzes retornam à intensidade anterior, contribuindo para a economia de energia.

- Arduino

O Arduino utilizado no EcoLumina possui capacidade de se conectar, através de Wi-Fi, a um servidor, esta conectividade permite a transmissão dos dados captados pelos sensores para o servidor, sendo os dados transmitidos, níveis de luminosidade do ambiente e informações sobre a detecção de movimento.

- Servidor e Interface Web

No servidor, os dados recebidos do Arduino são armazenados e processados, a interface de utilizador (UI) acessível através de um website permite a visualização dos dados através de gráficos para que os dados possam ser facilmente avaliados.

- Botão

O botão manual permite ativar as luzes em situações de emergência ou quando houver falhas nos sensores. Este mecanismo garante que a iluminação possa ser mantida mesmo em caso de problemas técnicos, oferecendo uma camada adicional de segurança e confiabilidade.

III. RESULTADOS

A. Padronizar sensores e avaliar tipo de sistema posto à prova:

Após padronizar os sensores do sistema EcoLumina, conseguimos obter uma plataforma formatada para conseguir ter um funcionamento no campo, no entanto dado

que o estado do sistema ser ainda do tipo 'prova de conceito', os testes tiveram que ser realizados em ambiente laboratório.

Um dos sensores padronizados consoante a sua resistência foi o sensor LDR, e para o melhor percebermos e normalizando o resultado obtido para um dia normal de sol, obtivemos estes resultados, que são provenientes dos valores obtidos pelo nosso método de rastreio, normalizados para valores percentuais (0-100%). A escala escolhida para os identificar foi, desde a 'Madrugada' até o 'Crepúsculo' e conseguimos identificar caso geral um padrão semelhante a um gráfico Semi-Gaussiano, durante a 'Madrugada' até ao pico de luminosidade natural 'Meio Dia', e de seguida um decréscimo quase linear entre o 'Meio da Tarde' e o regresso à 'Madrugada', demonstrado na Figura 2.

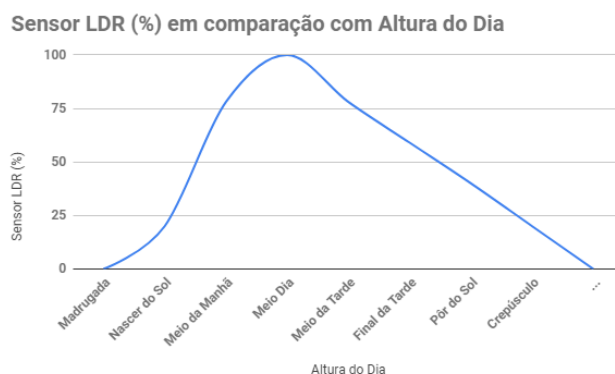


Figura 2. Gráfico (%) Sensor LDR, durante as várias etapas do dia.

B. Rastreio de dados, Plataforma Sunrise versus Sistema Tradicional versus Sistema Ecolumina:

O segundo resultado obtido tirando partido da plataforma Sunrise [6], foi uma média anual de duração do dia na Ilha da Madeira:

Data	Nascer do sol	Pôr do sol	Duração do dia	Data	Nascer do sol	Pôr do sol	Duração do dia
01/01/2024	08:10:09	18:12:41	10h 2m 32s	01/07/2024	07:03:56	21:19:55	14h 15m 59s
01/02/2024	08:02:28	18:40:19	10h 37m 51s	01/08/2024	07:22:27	21:05:47	13h 43m 20s
01/03/2024	07:34:10	19:05:42	11h 31m 32s	01/09/2024	07:43:11	20:31:51	12h 48m 40s
01/04/2024	07:54:19	20:28:28	12h 34m 9s	01/10/2024	08:02:37	19:51:43	11h 49m 6s
01/05/2024	07:19:32	20:50:06	13h 30m 34s	01/11/2024	07:26:26	18:16:21	10h 49m 55s
01/06/2024	07:00:22	21:11:20	14h 10m 58s	01/12/2024	07:52:59	18:01:30	10h 8m 31s

Figura 3. Rastreio da plataforma Web 'Sunrise', duração do dia nos vários Meses do Ano

O cálculo inicial usado foi o seguinte, utilizando os dados da tabela Figura 3:

C. Cálculos de Duração Média de um Dia:

$$\text{'Soma Mensal Minutos Total'} = \text{Janeiro} + \text{Fevereiro} + \text{Março} + \dots + \text{Novembro} + \text{Dezembro}$$

$$\text{Soma Mensal Minutos Total} = \underline{8763.12 \text{ minutos}}$$

De seguida foi feito cálculo da Média de Minutos por mês:

$$\text{‘ Média Minutos por Mês = Soma Mensal Minutos Total / Total Meses ’}$$

$$\text{Média Minutos por Mês} = 8763.1/12 = \underline{730.26 \text{ minutos}}$$

Por fim foi feita a conversão de minutos para horas, de modo a obter o valor médio anual de duração do dia na Ilha da Madeira:

$$\text{‘ Média Horas e Minutos Por Mês = Média Minutos por Mês / Minutos por Hora ’}$$

$$\text{Média Horas e Minutos por Mês} = 730.26 / 60 = \underline{12 \text{ horas e } 10 \text{ minutos}}$$

D. Avaliação de Resultados Comparativamente com Standards Europeus:

Tendo em conta que um regime tradicional de luzes está programado para ligar-se e desligar-se no período de 14 horas estipulado pelos Standards Europeus, iTeh Standards [2], de modo a abranger o mês com o dia mais longo, Julho, temos que em média este sistema além de funcionar em regime 100% intensidade durante a sua actividade normal, consome, diariamente, cerca de 2 horas de energia a mais do que deveria.

E. Limitações e Resultados de Laboratório em Regime Testbench Padronizado:

Trabalhando apenas em regime Testbench, conseguimos obter intervalos de alguns minutos de gráfico em tempo real até o sistema começar a gerar algumas inconsistências devido à limitação de hardware, nomeadamente, o término na geração de resultados no gráfico em tempo real, ao fim de alguns minutos, apesar de o sistema ainda os indexar internamente.

Utilizando como recurso de luz uma lanterna e alternando o afastamento da mesma de modo a simular a luz numa altura do dia, conseguimos obter ao segundo os diferentes brilhos de cada luz, demonstrado na Figura 4, neste caso devido ao efeito do sensor de movimento em combinação com uma alteração brusca no sensor de luz.

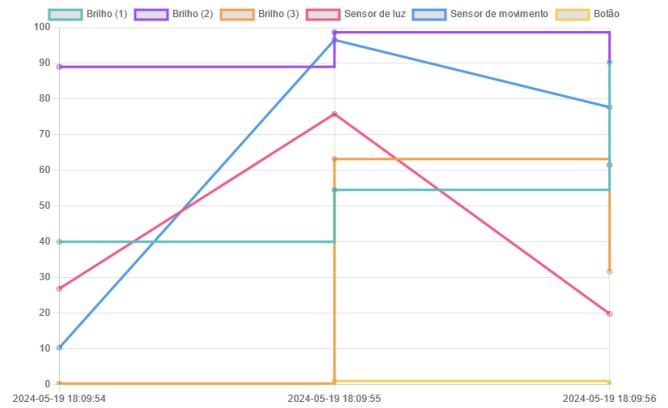


Figura 4. Foto instantânea do Sistema Estatística Web do EcoLumina

F. Propagação de Resultados em Testbench para um Gráfico Exemplar de Funcionamento do Sistema EcoLumina Durante um Dia Completo:

Os valores são de certa forma altamente oscilatórios devido ao intervalo curto, mas é possível gerar um gráfico de dados normalizados Figura 5, tendo em conta que o brilho é inversamente proporcional ao LDR em caso geral, excepto entre a fase de ‘Crepúsculo’ e ‘Madrugada’, até o ‘Nascer do Sol’.

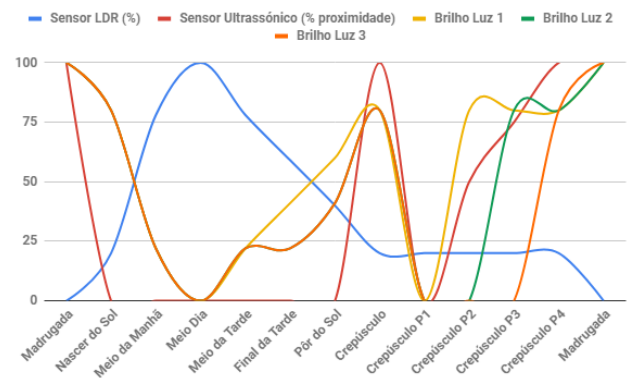


Figura 5. Gráfico Exemplar do Sistema EcoLumina durante um dia.

Usando como exemplo a fase ‘Crepúsculo’, temos uma fase do dia onde o sensor LDR atinge os seus limites inferiores, ativando as suas propriedades de altura do dia onde é necessária poupança de energia por conjugação de sensores.

Neste caso em ‘Crepúsculo P1’ onde não é detetado pelo sensor ultrassónico HC-SR04, nenhuma actividade humana, o sistema determina que deverá desligar as luzes todas.

Em ‘Crepúsculo P2’ o sensor ultrassónico encontrará alguma proximidade ao primeiro poste de luz, activando assim a mesma consoante a percentagem do LDR actual.

Em ‘Crepúsculo P3’ e ‘Crepúsculo P4’ seguindo o mesmo regime que o anterior, se a proximidade aos outros postes de

de luz se verificar, irá existir a ligação de ambos os postes consoante a % do LDR actual.

Se está deteção de proximidade deixar de existir as luzes irão voltar a ser desligadas, voltando à fase ‘Crepúsculo P1’.

G. Controlo Web e Sistema Administrativo:

Os resultados de administração foram conseguidos, usando a interface Web, temos acesso ao gráfico em tempo real, assim como uma interface de controlo Figura 6 de todos os sensores e luzes em modo estático ou dinâmico, desta maneira, é possível simular não só o ambiente EcoLumina automático e Inteligente que toma partido de sensores para se regular, mas também o ambiente tradicional, onde as luzes passam de 0% ao 100% em alturas do dia reguladas por um temporizador, admitindo ambos os sistemas, Tradicional e EcoLumina, utilizando o mesmo regime temporal de ‘Madrugada’ a ‘Crepúsculo’ conseguimos gerar um gráfico remetente a um dia exemplo completo onde os sistemas de sobreposição, ilustrado na Figura 6. É visível que o sistema EcoLumina acaba por gastar mais recursos durante os períodos de 0% actividade do sistema Tradicional, no entanto devido à utilização do sistema de sensores automático, o consumo acaba por ser altamente minimizado nas alturas de pico de luminosidade natural.



Figura 6. Interface Web de Administração e Tester, Sistema EcoLumina

H. Comparação de Custos Associados, EcoLumina versus Tradicional:

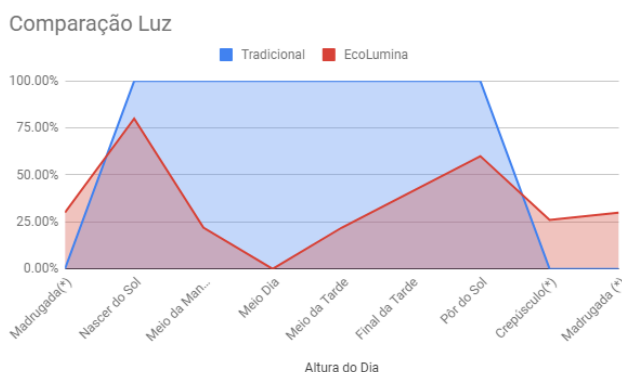


Figura 7. Gráfico Sobreposto Comparativo de Sistema EcoLumina versus Sistema Tradicional ao longo de um dia exemplar.

Por fim e tendo em conta a utilização de lâmpadas industriais de 250W, conseguimos gerar uma tabela ilustrativa Tabela 1, que corresponde a uma situação exemplo que usa o sistema de algoritmos pré-programados para o EcoLumina em actividade. Neste exemplo assumimos que durante o período 22 horas e 6 horas, o sensor ultrassónico HC-SR04, entrou em actividade 30%

das vezes ou por outras palavras, durante essas 8 horas de período nocturno 2.4 horas o sistema emite luz devido a movimentações, e durante as outras 5.6 horas o sistema esteve em regime de pausa esperando movimentações.

Horas	Altura do Dia	Tradicional (Kw/H)	EcoLumina (Kw/H)
00:00 às 06:00	Madrugada(*)	0	1.35
06:00 às 08:00	Nascer do Sol	1.5	1.2
08:00 às 11:00	Meio da Manhã	2.25	0.495
11:00 às 13:00	Meio Dia	1.5	0
13:00 às 18:00	Meio da Tarde	3.75	0.825
18:00 às 20:00	Final da Tarde	1.5	0.615
20:00 às 22:00	Pôr do Sol	1.5	0.9
22:00 às 00:00	Crepúsculo(*)	0	0.39
Total:	Dia Todo	12	5.775

(*) Assumindo que durante 30% do intervalo activa sensor Ultrassónico

Tabela 1. Arquitetura e Circuito do Sistema EcoLumina

Para este ambiente em questão os resultados obtidos foram na ordem da redução a ~50% dos custos, passando dos 12 kWh diários para 5.775 kWh.

Admitindo o valor tabelado de 0.15€ a 0.30€ do kWh, os custos energéticos associados ao sistema EcoLumina de 3 postes elétricos são de, 5.775 kWh * 30 dias = 173.25 kWh mensais, resultado em 30€ mensais de custos energéticos associados a um parque com 3 luzes em regime EcoLumina, um valor muito inferior aos 60€ do sistema em regime tradicional.

IV. DISCUSSÃO

O sistema mostrou-se altamente responsivo em termos visuais, os grande problemas para futuras modificações e aperfeiçoamentos, seriam mesmo no ramo da mostragem prolongada de resultados em tempo real na plataforma Web, não porque não é actualmente funcional, mas sim porque é limitada à capacidade de resposta do equipamento Arduino Uno R4.

Desta forma resta-nos só discutir o funcionamento do sistema em dois pontos chave mencionados ao longo do artigo mas apenas demonstrados e criticados nesta fase, tomando partido de alguns exemplos visuais, demonstrativos do sistema em funcionamento em laboratório, onde existe oscilação de luz introduzida simbolizando a luz natural, por meio de uma lanterna Figura 8, e onde a luz natural é inexistente e mas há necessidade de existir luz artificial, porque existe movimentação no espaço crítico de ligação de luzes, Figura 9.

A. Sistema EcoLumina em Regime Diurno:

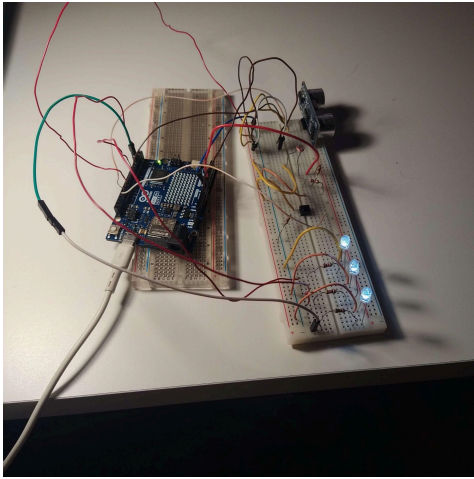


Figura 8. Sistema EcoLumina em Regime Diurno, LEDs baixos devido a luz emitida por lanterna simbolizando ‘luz natural’

Os resultados neste ambiente são satisfatórios, existe uma redução na luminosidade gradualmente consoante o foco de luminosidade natural recebido pelo sensor LDR. Desta forma, num ambiente real equivalente a um dia de sol, a luz artificial estaria muito reduzida e com um foco dedicado à zona periférica da localização, como previsto.

B. Sistema EcoLumina em Regime Noturno com Proximidade:

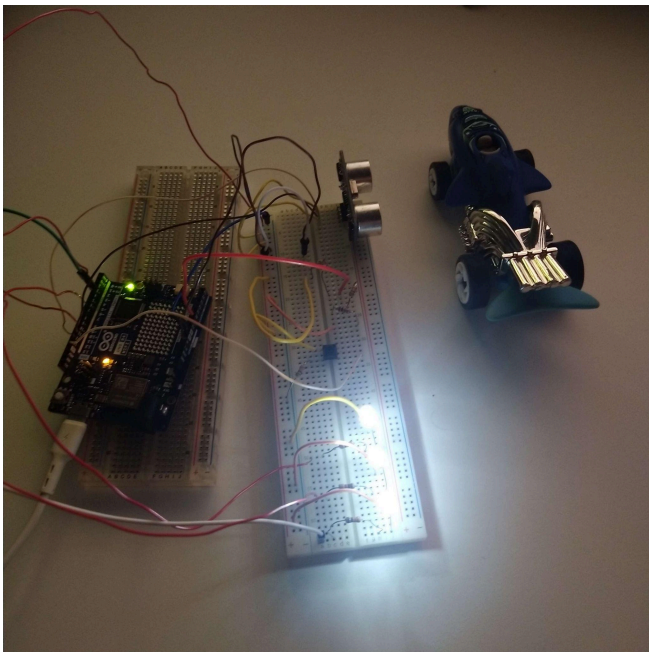


Figura 9. Sistema EcoLumina em Regime Noturno, com movimentação na periferia do sensor ultrassónico HC-SR04

Os resultados neste ambiente são também satisfatórios, porque existe um aumento luminoso artificial que pretende abordar a falta de luz natural no local, dado que neste caso, só existe este foco luminoso artificial devido à presença de

movimentação detectada pelo sensor ultrassónico HC-SR04, numa proximidade tão alta que acaba por transmitir ao sistema EcoLumina, que deverá ligar os 3 LEDs.

V. CONCLUSÃO

O sistema EcoLumina proposto neste artigo apresenta uma abordagem para a automatização e controle da iluminação pública em parques, de forma a melhorar a eficiência energética de forma a aliviar o problema do elevado custo das luzes de rua.

Utilizando sensores de luz e de distância integrados com um Arduino UNO R4 WIFI, o EcoLumina ajusta automaticamente a intensidade das luzes de rua com base na luminosidade ambiente e na presença de pedestres ou veículos, permitindo operação manual em caso de falha dos sensores.

Este método dinâmico contrasta com o sistema tradicional de iluminação, que opera em intensidade fixa, independentemente das condições ambientais, criando uma redução considerável nos custos elétricos.

Além dos benefícios económicos, o EcoLumina contribui para a sustentabilidade ambiental ao reduzir o consumo de energia e, consequentemente, as emissões de carbono associadas à geração de eletricidade.

Apesar das limitações atuais, principalmente relacionadas à capacidade de processamento e armazenamento do Arduino, os resultados obtidos em ambiente de laboratório comprovam a viabilidade do sistema EcoLumina como uma solução viável para redução de gasto em eletricidade.

REFERENCES

- [1] IUCN Systems. <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-029-Pt.pdf>. Acedido 20 de maio de 2024.
- [2] CDN Standards. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/60790/f5bfb7345fc94916bfed08ca97f5474a/SIST-EN-12665-2018.pdf>. Acedido 20 de maio de 2024.
- [3] Suzdalenko, A., e I. Galkin. «Choice of power and control hardware for smart LED luminary». 2010 12th Biennial Baltic Electronics Conference, 2010, pp. 331–34. IEEE Xplore, <https://doi.org/10.1109/BEC.2010.5630783>.
- [4] Smart Street Light Using Arduino Uno Microcontroller – MyProjectCircuits. <https://www.myprojectcircuits.com/materials/smart-street-light-using-arduino-uno-microcontroller/>. Acedido 20 de maio de 2024.
- [5] Raza, Karzan A., e Wrya Monnet. «Moving objects detection and direction-finding with HC-SR04 ultrasonic linear array». 2019
- [6] Madeira, Portugal Sunrise Sunset Times. https://sunrise.maplogs.com/madeira_portugal.16092.html. Acedido 20 de maio de 2024.
- [7] Llamas, Luis. «Measure light level with Arduino and LDR photoresistor (GL55)». Luis Llamas, 16 de março de 2015