

# **Recuperação e “upgrade” da luminária inteligente da FCUL**

Trabalho realizado no âmbito da cadeira  
Projeto de Engenharia da Energia e do Ambiente

João Viegas Nº45505

Ana Farto Nº48238

Sónia Guiga Nº48245

Orientador:

Professor João Serra

**2018**

## Abstract

In 2012, Isaac Carrêlo and Rita Almeida built an intelligent solar LED luminaire. It's a luminaire that uses solar energy to produce electricity and has the advantage of being autonomous and intelligent. In the middle of 2016 it stopped working so we decided to continue with this project with the goal of arranging the damaged components that compromised its operation and to perform an "upgrade" to improve its effectiveness.

The faulty components were the battery and the radiation sensor so they had to be replaced. The LED spotlight has been replaced by LED tapes and consequently the converter has been withdrawn. The electrical circuit has been altered in order to better organize the connections between the components of the luminaire. The program in the arduino had to be rewritten due to unnecessary and incorrect codes, however the luminaire operates in the same way: the LDR indicates when it darkens and the LED tapes are activated at 20% of its nominal power, when the PIR senses movement it drives the tapes to 100% of their rated power.

The luminaire is already operational and has undergone some improvements, however there are some aspects that can be improved. This system can be used instead of conventional lamps with the benefit of renewable energy with a large total quantity available.

## Resumo

Em 2012, Isaac Carrêlo e Rita Almeida construíram uma luminária solar inteligente a LEDs. É uma luminária que recorre à energia solar para produzir eletricidade e tem a vantagem de ser autónoma e inteligente. Em meados de 2016 deixou de funcionar pelo que decidimos prosseguir com este projeto com o objetivo de arranjar as componentes danificadas que comprometiam o seu funcionamento e realizar um “upgrade” para melhorar a sua eficácia.

As componentes avariadas foram a bateria e o sensor de radiação pelo que tiveram que ser substituídos. O foco LED foi trocado por fitas LED e consequentemente, o conversor foi retirado. O circuito elétrico foi alterado de forma a organizar melhor as ligações existentes entre as componentes da luminária. O programa no arduino teve que ser reescrito devido a códigos desnecessários e incorretos, contudo a luminária opera da mesma forma: o LDR indica quando escurece e as fitas LED são ativadas a 20% da sua potência nominal, quando o PIR deteta movimento aciona as fitas LED a ligarem a 100% da sua potência nominal.

A luminária já se encontra operacional e sofreu certas melhorias, contudo existem alguns aspetos que podem ser aprimorados. Este sistema pode ser utilizado em vez dos candeeiros convencionais com o benefício de recorrer a uma energia renovável com imensa quantidade total disponível.

# Índice

1.	Introdução.....	1
2.	Sistema fotovoltaico e o seu dimensionamento.....	2
3.	Luminária e as suas componentes.....	5
3.1	Componentes elétricas.....	5
3.2	Sistema inteligente.....	8
3.3	Circuito elétrico.....	9
3.4	Estruturas.....	10
4.	Modificações.....	12
4.1	Constituintes.....	12
5.	Código.....	16
6.	Conclusões.....	
7.	Ideias para otimização do sistema.....	19
8.	Referências.....	20

# 1. Introdução

---

O desenvolvimento tecnológico tem vindo a crescer ao longo dos anos, trazendo benefícios à sociedade. Desses benefícios resultou uma melhoria na saúde das pessoas, o que tem levado ao aumento exponencial da população no mundo. Este elevado número populacional e a tecnologia cada vez mais presente na vida das pessoas acabam por implicar um maior consumo de eletricidade, provocando um aumento considerado de produção de energia.

Os preços dos combustíveis fósseis estão cada vez mais elevados e a inquietação provocada pela sua possível escassez tem levado a uma maior necessidade de encontrar alternativas, que não tenham um impacto muito acentuado no ambiente. Consequentemente existe a necessidade de investir em energias renováveis. Em situações de economia instável, o setor das energias renováveis é dos que se encontra numa melhor posição já que é dos que possui um bom retorno assegurado, mesmo com investimento maior, contribuindo assim para o aumento de investidores e um maior interesse por parte de particulares e empresas.

Com isso em mente decidiu-se aproveitar um protótipo já construído, mas que não se encontrava em funcionamento. Este protótipo emprega a potencialidade de um recurso energético intrínseco, o Sol, e para tal emprega um sistema fotovoltaico, transformando a energia solar captada em eletricidade para ser utilizada em regime noturno.

O sistema em causa é um sistema isolado, que é mais requisitado tanto em termos económicos como pela sua habilidade de ser utilizado em zonas rurais isoladas e que não possuem acesso à rede elétrica. Os sistemas isolados fotovoltaicos são normalmente aplicados para consumo próprio, e trata-se de uma tecnologia que exige pouca manutenção.

O protótipo fundamentado encontra-se instalado na Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Tratando-se de um projeto de iluminação pública que foi anteriormente construído significa que já se encontra dentro das normas e critérios.

## 2. Sistema fotovoltaico e o seu dimensionamento

---

Um sistema fotovoltaico utiliza módulos solares fotovoltaicos com o fim de transformar a energia solar em eletricidade para uso de energia elétrica para determinadas aplicações. Existem quatro tipos de aplicações com estes sistemas nomeadamente sistemas ligados à rede, com produção distribuída ou centralizada, e isolados da rede, domésticos ou não domésticos. Os sistemas isolados requerem um sistema de armazenamento de energia. O sistema PV em estudo é isolado da rede, sendo constituído, na intencionalidade de iluminação pública, por módulos fotovoltaicos, uma bateria, controlador de carga e uma fita de LEDs.

É necessário para a resposta à problemática deste projeto escolher e dimensionar as componentes deste sistema isolado da rede que tem por finalidade fornecer energia à luminária. Este sistema é autónomo e por isso tem que funcionar durante qualquer altura do ano. Logo, o método adotado foi o “método do pior mês” que tem por base o cálculo das dimensões do sistema que funcione no mês em que a procura de energia seja superior à energia solar disponível. Primeiro define-se o número de dias de autonomia ( $N$ ) e a tensão nominal do sistema. Para saber  $N$  tem-se em conta as condições meteorológicas do local de instalação e o tipo de instalação, neste caso, instalação pública, e os custos globais. Este projeto trata de uma instalação de pequenas dimensões, sendo que a tensão nominal ronda entre os 12-24 volts.

O dimensionamento é baseado na oferta e na procura de energia. A oferta de energia é a energia solar disponível ao longo do ano para o local de implementação do sistema. A procura de energia é a energia elétrica requerida para consumo. O cálculo da oferta de energia é baseado da latitude do local de instalação e orientação do painel PV. Esta orientação é determinada através do azimute  $\alpha$  e da inclinação do painel  $\beta$ . Sendo um sistema fixo e localizado no hemisfério Norte, o painel está orientado para sul ( $\alpha=0$ ), otimizando a produção de energia elétrica do sistema para que durante o dia incida uma maior porção de radiação no painel. A inclinação deverá ser  $\beta=10^\circ$  mais a latitude.

O local de implementação deste sistema PV para iluminação pública, em estudo neste projeto, é no topo das escadas de acesso ao edifício C8 da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, no Campo grande, em Lisboa (latitude 39.757N e longitude 9.157W).

Utilizando o PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) foi possível encontrar os dados sobre a radiação global disponível no painel. Os valores estão apresentados na seguinte tabela, e representados nos dois gráficos, correspondentes aos meses de verão e inverno.

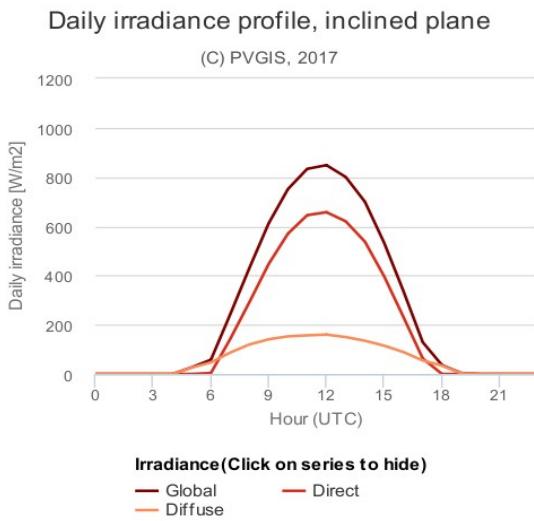


Gráfico 1: Irradiação diária num dia de junho

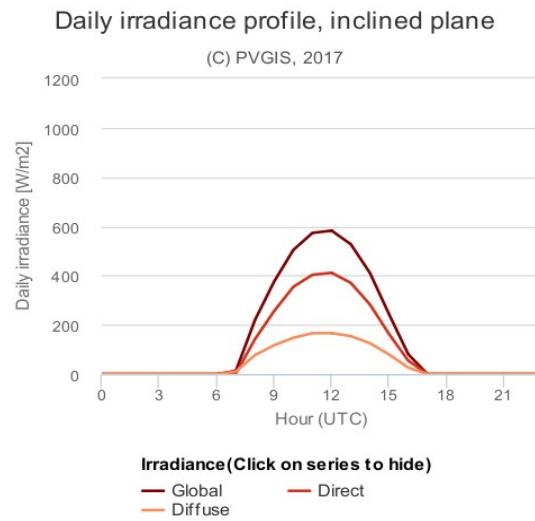


Gráfico 2: Irradiação diária num dia de dezembro

$G_{med}$ [W/m <sup>2</sup> ]	564,82
$G_{captado}$ [W/m <sup>2</sup> ]	84,72
$G$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	847,23
$A_{4h}$ [m <sup>2</sup> ]	0,109
$A_{8h}$ [m <sup>2</sup> ]	0,217

Tabela 1: Meses de Verão

$G_{med}$ [W/m <sup>2</sup> ]	429,25
$G_{captado}$ [W/m <sup>2</sup> ]	64,39
$G$ [Wh/m <sup>2</sup> ]	450,71
$A_{4h}$ [m <sup>2</sup> ]	0,204
$A_{8h}$ [m <sup>2</sup> ]	0,408

Tabela 2: Meses de Inverno

Para estimar a procura de energia diária necessária é preciso ter em conta as componentes que foram utilizadas.

Começando pela carga diária, é necessário saber a potência nominal dos 3 metros da fita de led utilizada, neste caso:

$$Potência nominal, fita de leds = 4,8\text{ W} \times 3\text{ metros} = 14,4\text{ W}$$

Agora para determinar a carga horária diária utilizamos dois intervalos de tempo para os meses de inverno e de verão, correspondentemente, 8 horas e 4 horas.

Assim,

$$Carga\ diária\ a_{8h}=0.0144\ kW \times 8\ h=0.1152\ kW.h/dia$$

$$Carga\ diária\ a_{4h}=0.0144\ kW \times 4\ h=0.0576\ kW.h/dia$$

Tendo a carga diária é, agora possível estimar a potência requerida:

$$Pot\ t_{requerida}=\frac{Carga\ diária}{\eta_{bateria} \times \eta_{controlador} \times \eta_{cabos}}$$

Tendo em conta que o rendimento da bateria é de 80%, o do controlador de carga e dos cabos 95% está em baixo estimada a Potência requerida para 8 horas:

$$Pot\ t_{requerida}=\frac{0.1152\ kWh/dia}{0.80 \times 0.95 \times 0.95}=0.160\ kWh/dia$$

Para 4 horas:

$$Pot\ t_{requerida}=\frac{0.0576\ kWh/dia}{0.80 \times 0.95 \times 0.95}=0.079\ kWh/dia$$

Tendo a estimativa para a potência requerida ir-se-á agora obter a mesma para a Potência pico, que nada mais é do que a potência PV necessária a instalar para suprir a potência requerida. Para esta estimativa precisa-se do número de horas de pico solar (PSH).

Se no pior mês a irradiância solar é  $3.5\frac{kW}{m^2}$ , e sendo o PSH o número equivalente de horas de sol por dia para uma irradiância de  $1000\ W/m^2$  então:

$$PSH=\frac{3.5\ h}{dia}$$

$$Pot\ ê\ ncia\ pico=\frac{Pot\ t_{requerida}}{PSH}[kWp]$$

Para 8 horas e 4 horas correspondentemente,  $Pot\ ê\ ncia\ pico=\frac{0.160}{3.5}=0.046\ kWp$

$$Pot\ ê\ ncia\ pico=\frac{0.079}{3.5}=0.023[kWp]$$

Relativamente aos cabos, módulos PV e controlador de carga, como já estava implementado no sistema quando nos foi proposto melhorar, os valores do dimensionamento são os mesmos. Assim, já incluídos os valores dimensionais relativos à nova bateria podemos assim apresentar de forma mais esquemática estes valores do dimensionamento do sistema- Tabela 3.

	<b>8 horas de uso</b>	<b>4 horas de uso</b>
<b>Carga diária [kWh]</b>	0.1152	0.0576
<b>Potência Requerida</b>		
$P_{pv}$ [kWh/dia]	0.160	0.079
$P_{pico}$ [kWp]	0.046	0.023
<b>V [V]</b>	12	12
<b>Cabos</b>		
<b>Resistividade</b>	0.013	0.013
<b>Comprimento [m]</b>	12	12
<b>%Vn</b>	0.025	0.025
<b>Voltage drop</b>	0.3	0.3
<b>Secção [mm<sup>2</sup>]</b>	2.727	1.397
<b>Módulos PV</b>		
<b>Área [m<sup>2</sup>]</b>	0,313	0,156
<b>Bateria</b>		
<b>Autonomia [dias]</b>		
<b>Prof. descarga</b>	0,7	0,7
<b>Capacidade [Ah]</b>		
<b>Controlador de carga</b>		
<b>V<sub>out</sub> [V]</b>	12	12
<b>P<sub>out</sub> [W]</b>	14.4	14.4

Tabela 3: Valores essenciais no dimensionamento do sistema melhorado para 8h e 4h de funcionamento

# 3. Luminária e as suas componentes

---

Nesta secção irá ser abordada a composição da luminária, os seus elementos e a suas respetivas funções de modo a que se possa compreender melhor a funcionalidade da luminária.

## 3.1 Componentes elétricas

A principal componente da luminária é o painel solar fotovoltaico que tem como papel central captar e converter a energia solar em energia elétrica. O painel consiste num módulo solar composto por 36 células. As células são compostas no mínimo por duas camadas de materiais semicondutores: uma camada positiva e uma camada negativa. Após a luz solar atingir as células fotovoltaicas, a camada negativa liberta eletrões depois de absorver quantidade suficiente de fotões. Os eletrões libertados derivam para a camada positiva promovendo uma diferença de potencial entre as camadas. Ao ligar o sistema, os eletrões deslocam-se pelo circuito gerando eletricidade. Como a energia solar é praticamente ilimitada, esta forma de energia renovável é economicamente atrativa e a mais ambientalmente benéfica já que não usa combustível ou água, não cria ruído, encontra-se disponível em qualquer lugar, a manutenção necessária é reduzida uma vez instalada e a tecnologia é madura (apesar de ainda existirem inovações).

Uma vez que o sistema encontra-se isolado da rede e a eletricidade convertida da energia solar é necessária para o uso noturno, é essencial uma bateria para armazenar a energia elétrica até esta ser consumida. Uma bateria sofre o processo de oxidação (perda de eletrões) num elétrodo e de redução (ganho de eletrões) noutro. Este processo de oxi-redução é que gera a corrente elétrica. Quando já não existe o elétrodo de oxidação, não ocorre a produção de corrente elétrica. No entanto, quando a bateria obtém uma descarga elétrica externa, o elétrodo da oxidação é composto novamente e cria um novo ciclo de oxi-redução. A bateria instalada de 12V é mais potente que a antiga e a sua capacidade de armazenamento é igualmente superior.

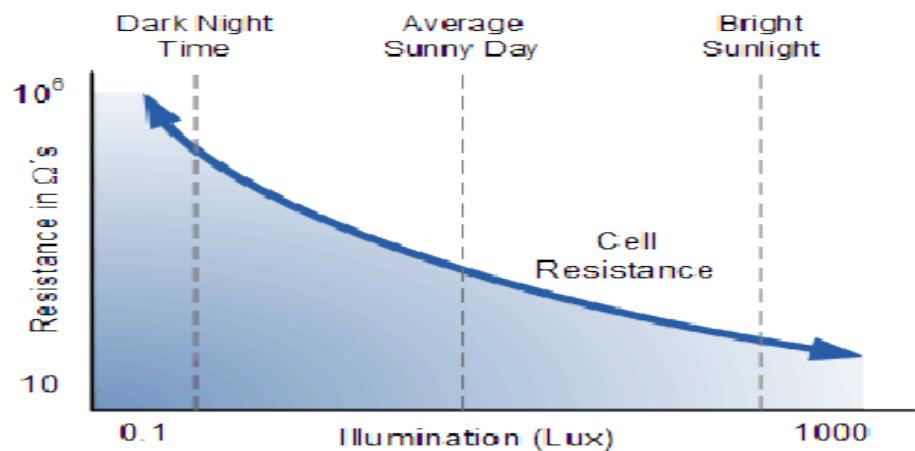
O sistema de iluminação consiste em duas fitas LED de 12V, uma fita com 1 metro e outra com 2 metros de comprimento e, cada metro possui 60 LEDs de cor branca. Um LED (*light-emitting diode*) é um diodo de junção p – n que emite luz quando ativado. Se uma corrente é aplicada aos fios, os eletrões estão aptos para recombinar com orifícios de eletrões dentro do dispositivo, libertando energia luminosa na forma de fotões. Os LEDs possuem muitas vantagens sobre as lâmpadas

incandescentes: menor consumo de energia, vida útil mais longa, maior robustez física, tamanho inferior, permutação mais acelerada, significativamente mais eficientes no consumo de energia e, possivelmente, menores preocupações ambientais relacionadas com o seu descarte.

O controlador de carga gera a carga da bateria, suspendendo o carregamento quando a bateria está plenamente carregada e o descarregamento quando atinge o limite convencionado pelo fabricante, neste caso de 70%. Esta componente é essencial uma vez que aumenta a eficiência e o tempo de vida do sistema, consequentemente atenuando os custos de operação e manutenção.

O arduino leonardo é um microcontrolador que pode ser programado para funções específicas e consegue medir diversas tensões distintas. Esta componente contém 20 portas digitais das quais 7 podem ser usadas como saída PWM e 12 como entradas analógicas, um oscilador de cristal de 16 MHz, uma ligação micro USB, um conector de alimentação, um conector ICSP e um botão de *reset*. O leonardo é diferente de todas as placas anteriores visto que tem comunicação USB integrada, dispensando a necessidade de um processador secundário. Neste projeto são utilizadas duas portas *input*: a porta analógica A0 que recebe a tensão proveniente do LDR e a porta digital 7 que obtém a tensão resultante do PIR. O código foi inserido através do microprocessador e da entrada micro USB e indica que os valores das portas A0 e 7 devem ser lidos para ativar o LED ligado na porta digital *output* 5. Já que a tensão de alimentação do arduino é 5V, utiliza-se um regulador de tensão 7809 para que este seja alimentado pela bateria.

O sensor de luminosidade ou de radiação utilizado é um LDR (*Light Dependent Resistor*). É uma resistência mutável em função da radiação eletromagnética do espetro visível pelo que a resistência diminui consoante o fluxo luminoso incidente aumenta. Geralmente a resistência varia entre cerca de  $10\ \Omega$  (fluxo luminoso intenso) e cerca de  $1M\ \Omega$  (fluxo luminoso escasso). O LDR é fabricado a partir de um material semicondutor com elevada resistência elétrica. Quando a luminosidade incidente sobre o material tem frequência suficiente, os fotões incidentes sobre o mesmo provocam a libertação de eletrões para a banda condutora que irão melhorar a sua condutividade e, deste modo diminuir a resistência. A informação fornecida pelo LDR é recebida na porta analógica A0 do arduino.



**Ilustração 1:** Variação da resistência do LDR consoante a variação do fluxo luminoso

O sensor de movimento escolhido foi um PIR (*Passive Infra Red*), um aparelho piroelétrico que deteta modificações da radiação infravermelha e calor durante a movimentação de um objeto no seu campo de visão. Um sensor PIR deteta alterações na radiação infravermelha incidente que depende da temperatura da superfície dos objetos na dianteira do sensor. Quando um objeto (como um humano) atravessa à frente do sensor, a temperatura nesse ponto do campo de visão do sensor aumenta da temperatura ambiente para a temperatura corporal e, em seguida, ao contrário. O sensor converte a modificação resultante na radiação infravermelha recebida numa mudança na tensão de saída que é recebida na porta digital 7 do arduino.

### 3.2 Sistema inteligente

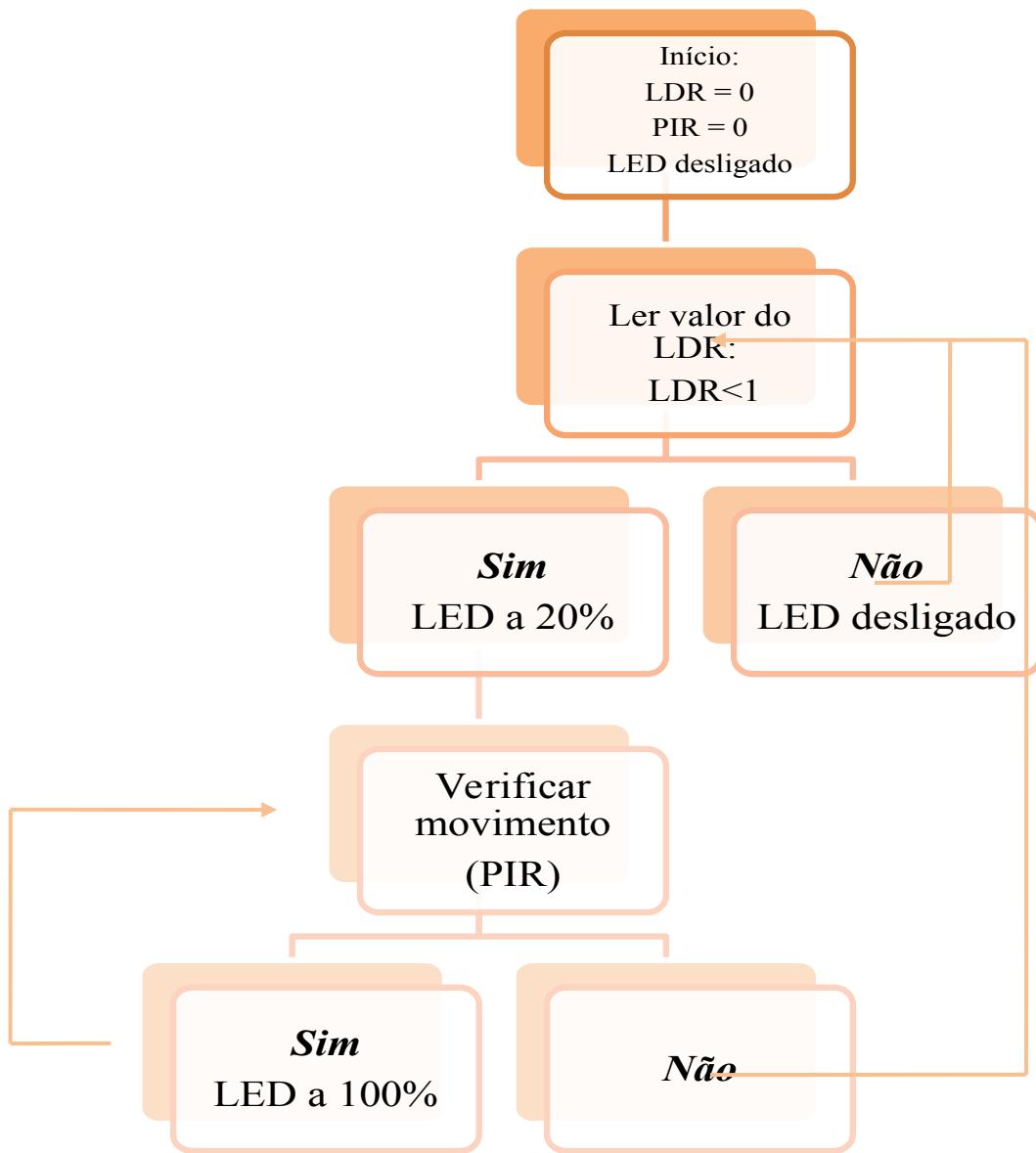


Ilustração 2: Fluxograma do arduino

O arduino gera o funcionamento da luminária segundo o fluxograma representado na Ilustração 2. Inicialmente, os sensores estão a zeros pelo que o LED encontra-se desligado. Seguidamente lê-se a tensão de saída do sensor de luminosidade LDR e se este for inferior a 1V, liga-se o LED a 20% de luminosidade uma vez que a radiação solar é escassa. Se neste caso o sensor de movimento PIR detetar alguma atividade, a intensidade luminosa do LED é aumentada até atingir 100% da sua potência. Caso a tensão do LDR for superior a 1V ou o PIR não detetar movimento, verifica-se a intensidade da radiação solar novamente pelo LDR.

### 3.3 Circuito elétrico

Seguidamente encontra-se exposta uma representação do circuito elétrico da luminária onde se pode verificar as ligações estabelecidas entre as componentes e as suas respectivas tensões.

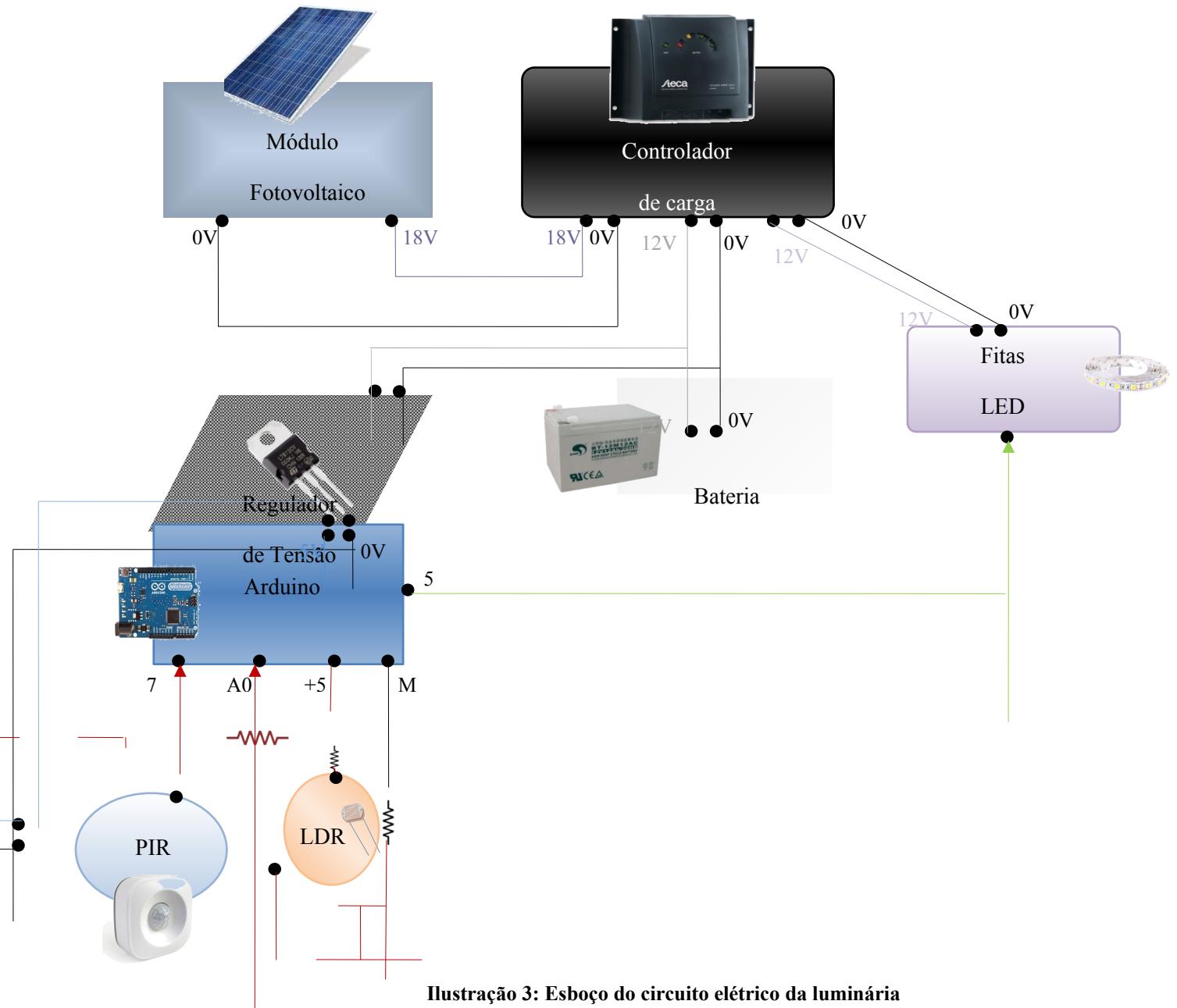


Ilustração 3: Esboço do circuito elétrico da luminária

### 3.4 ESTRUTURAS

A luminária é composta por um poste com 603 cm de altura, 10 cm de diâmetro na base e 5 cm de diâmetro no topo. O suporte é constituído por uma cantoneira de 200 cm de comprimento, uma cavilha de 15 cm de diâmetro e 20 cm de altura e, duas placas de ferro.

As placas foram cortadas e soldadas perpendicularmente à fração superior da cantoneira que foi previamente estabelecida segundo as dimensões e ângulos do projeto em SolidWorks, um *software* de CAD (Computer-Aided Design) 3D onde se gera formas tridimensionais a partir de operações geométricas elementares.

Posteriormente foram criadas mais quatro estruturas:

- Uma estrutura em PVC e assentada no topo do poste com um orifício para o LDR com vidro polido na extremidade para usufruir toda a radiação;



**Ilustração 4: LDR e a correspondente estrutura incluídas no topo do poste**

- Uma placa faixa metálica  $30^\circ$  ao plano serve de alicerce



soldada a uma com inclinação de horizontal e que ao PIR;



**Ilustração 5: PIR e o respetivo suporte**

- Uma vara soldada ao poste que se encontra ligada a uma barra de ferro que tem a função de suporte lateral ao poste aquando da sua fixação;

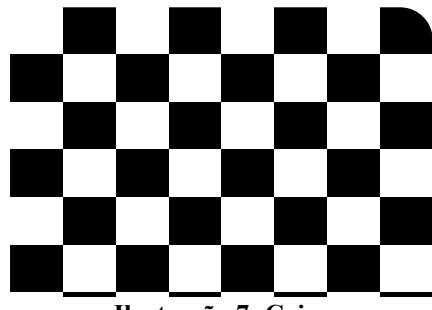


**Ilustração 6:** Estrutura que serve de apoio para a implantação do poste à parede



- A última  
uma caixa  
instalaram alguns componentes da luminária tais como a bateria, o controlador de  
carga e o arduino.

estrutura é  
onde se



**Ilustração 7:** Caixa



Durante este projeto foram necessárias duas calhas de 1 e 2 metros onde se pudesse fixar as fitas LED. Estas calhas com fitas foram inseridas num espaço existente no muro atrás do poste e da caixa.



**Ilustração 8:** Calha onde foi fixada a fita LED de 1 metro

# 4.Modificações

## 4.1 Constituintes

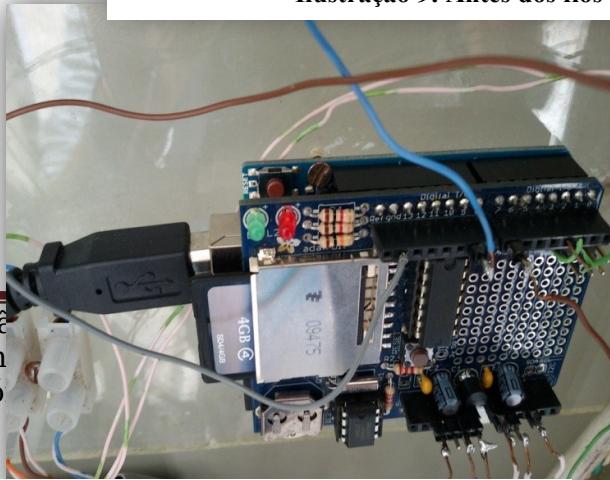
Como já foi referido anteriormente a luminária não se encontrava operacional pelo que foram imprescindíveis alterações não só para que o sistema voltasse a funcionar, mas também para que existissem aperfeiçoamentos. Portanto, foi necessário averiguar as componentes avariadas e consertá-las.

Previa-se desde o início do projeto que a bateria estava danificada e que seria fundamental substituí-la. Posteriormente foram realizados ensaios na luminária com uma bateria temporária com o objetivo de descobrir outros possíveis elementos deteriorados. Nesses ensaios simulou-se um cenário de baixa luminosidade manipulando a tensão de saída do sensor de luminosidade LDR. Verificou-se que o código no arduino não decorria como era suposto ser, o foco LED ainda funcionava, o sensor de movimento estava funcional e o sensor de luminosidade estava danificado.

Notou-se que os fios de ligação dos constituintes da luminária no arduino efetuavam mau contato nas entradas, o que poderia constituir uma razão pela qual a luminária não funcionava. Se o arduino não receber a informação dos sensores não poderá gerir o funcionamento do sistema e, assim, a luminária não funcionará. Consequentemente, os fios foram soldados com o auxílio de uma corrente elétrica.



Ilustração 9: Antes dos fios serem soldados



Joa  
An  
Só

Ilustração 10: Depois de soldar os fios

A bateria antiga encontrava-se avariada pelo que o armazenamento da energia elétrica estava comprometido e o sistema de iluminação não funcionaria sem consumir eletricidade. Logo, o próximo passo foi evidentemente trocar a bateria velha por uma nova com a tensão de 12V.

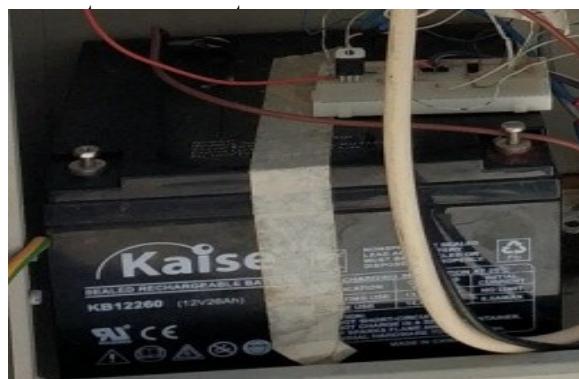


Ilustração 11: Bateria antiga



Ilustração 12: Bateria nova

ainda funcionar, desprendeu-se o PIR do suporte para analisar o seu estado e conferir se não estava possivelmente degradado pela água das chuvas uma vez que se encontra exposto ao ambiente. Determinou-se que o sensor se encontrava em condições razoáveis de funcionamento, contudo seria recomendável colocar um isolante como borracha ou silicone ao redor do sensor e entre



contrava-se danificado e não fornecia dados e a luminária pudesse funcionar. Deste modo, o sensor de luminosidade foi colocado em cima do suporte do topo do poste uma vez que é mais plásticos.

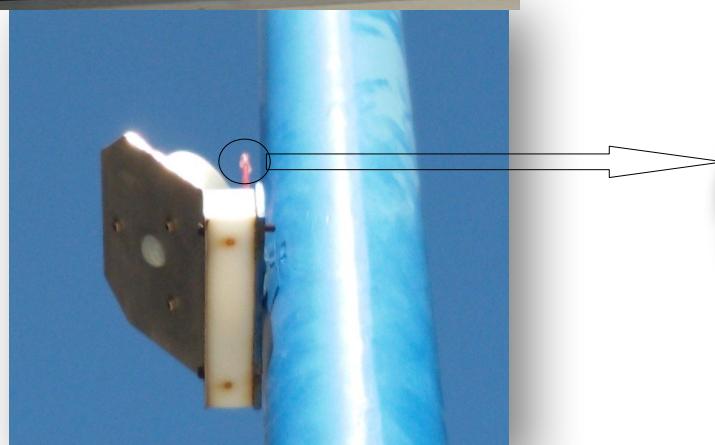
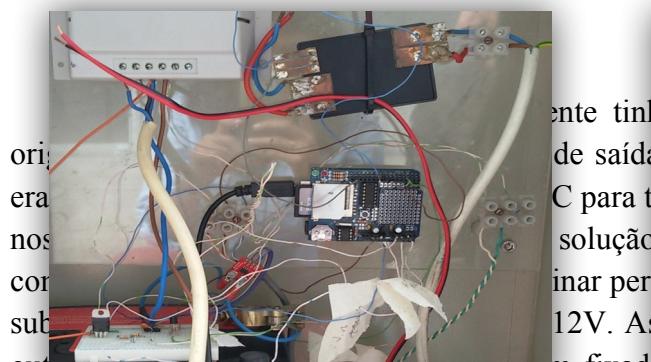
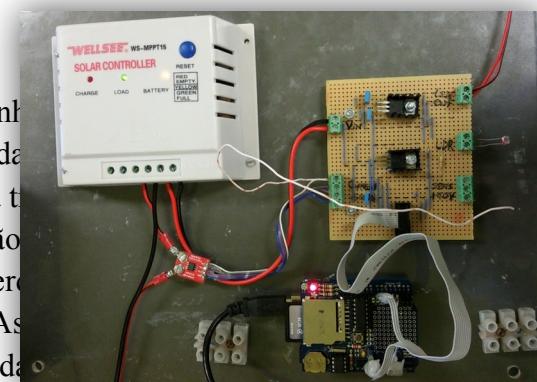


Ilustração 13: Novo sensor de luminosidade em cima do suporte do PIR

Apesar do circuito elétrico funcionar corretamente, este estava muito desordenado e era difícil identificar os fios de ligações. Deste modo, o circuito elétrico foi alterado de forma a organizar melhor as ligações existentes entre as componentes da luminária numa placa. As ligações são relativamente as mesmas, apenas foi modificada a forma de como estão apresentadas.



**Ilustração 14:** Apresentação do circuito elétrico original



**Ilustração 15:** Representação do circuito elétrico atual

num intervalo existente no muro atrás do poste. O terminal de 12V da fita LED é ligado à saída do controlador de carga na saída LOAD e a “terra” à saída GND do LOAD, sendo que o conversor tornou-se desnecessário. As fitas LED ainda têm a vantagem de possuírem maior distribuição de luminância em relação ao foco LED.



Ilustração 18: Uma fita LED com tensão de 12V

Ilustração 19: No laboratório a colar a fita LED à calha



Ilustração 20: Fita LED de 1m com a calha já inserida no muro



**Ilustração 21: Parte da fita LED acesa**

## 5. Código

---

```
#define LEDsOut_Pin 5
#define sensorMOV_Pin 7
#define LDR_Pin A0
#define CurrentSense_Pin A1

void setup () {
    // Declaração do LEDsOut_Pin como saída
    pinMode(LEDsOut_Pin, OUTPUT);
    digitalWrite(LEDsOut_Pin, LOW);

    // Declaração do sensorMOV_Pin como entrada
    pinMode(sensorMOV_Pin, INPUT);
    Serial.begin(9600);
}

void loop () {
    // leitura do valor do sensor:
    int LDR_Value = analogRead(LDR_Pin);
    Serial.println(LDR_Value);
    if(LDR_Value>980){
        analogWrite(LEDsOut_Pin, 10);
        int sensorMOV_Value = digitalRead(sensorMOV_Pin);
        if(sensorMOV_Value == 1){
            for (int fadeValue = 10 ; fadeValue <= 255; fadeValue ++){
```

```

// define o valor (varia entre 0 a 255):
analogWrite(LEDsOut_Pin, fadeValue);

// espera-se 20 milisegundos
delay(20);

}

//digitalWrite(LEDsOut_Pin, HIGH);
delay(10000);

for (int fadeValue = 255 ; fadeValue >= 10; fadeValue --) {

    // define o valor (varia entre 0 a 255):
    analogWrite(LEDsOut_Pin, fadeValue);

    // espera-se 20 millisegundos
    delay(20);

}

}

else{

    digitalWrite(LEDsOut_Pin, LOW); // desliga os LEDs
}

delay(1000);

}

```

## 6. Conclusões

---

Inicialmente pensou-se em simplesmente substituir a lâmpada LED já existente por uma com a mesma potência nominal, ficando o sistema com a mesma edificação, mas no final decidiu-se utilizar um conjunto de fitas de LEDs mudando a forma de como era iluminado o ambiente exterior.

Após varios testes foi alcançado o objetivo requerido, ou seja, colocar o sistema em funcionamento, assim como simplificar a sua estrutura. Para adquirir o resultado requerido organizámos o método em como se encontravam as conexões do circuito. Inicialmente também possuímos um código confuso e difícil de identificar o desfecho de cada comando, pelo que o tornamos mais simples.

Podemos concluir que o sistema ficou mais eficiente em termos energéticos como em económicos pois as fitas ficaram economicamente mais versado que o foco.

## 7. Ideias para otimização do sistema

---

Apesar de o sistema já se encontrar operacional e de ter sofrido melhorias, existem aspectos da luminária que podem ser aperfeiçoados para que o sistema seja mais eficiente.

A principal medida de aperfeiçoamento foi satisfeita: todas as componentes da luminária funcionarem na mesma tensão nominal. Ao substituir o foco LED com tensão de 24V para as fitas LED com tensão de 12V, o sistema passou a operar à mesma tensão e o conversor DC/DC tornou-se dispensável. O conversor tem usualmente a eficiência de 80% pelo que podem existir perdas de energia de aproximadamente 20%. Estas perdas foram eliminadas com esta medida, aumentando a produtividade do sistema.

Tal como foi referido no relatório do projeto precedente, uma medida que pode ser tomada para melhorar o sistema é estabelecer as componentes da luminária que se encontram na caixa para o interior do poste. Esta medida é mais prática, menos dispendiosa e economiza espaço.

Uma possível ideia é utilizar um painel *sun tracking*. Este tipo de painel orienta-se segundo a posição do Sol e a produção de energia aumenta de 25 a 45% para a mesma quantidade de área disponível. Uma forma simples de transformar o painel existente num *sun tracking* é recorrer a um motor e quatro sensores de luminosidade LDR. Incorpora-se o painel ao motor e coloca-se os quatro LDR em cada posição cardeal (Norte, Sul, Este e Oeste). Com os códigos corretos, o painel irá mover-se no sentido em que um dado LDR tenha detetado o valor de radiação solar mais alto. Apesar da manutenção ser mais dispendiosa, é um método útil para aumentar a geração de eletricidade e aproveitar melhor a energia solar disponível.

Uma forma mais rápida e simples de visualizar dados sobre a luminária, como a tensão do painel e dos sensores, é ligar um LCD (*liquid crystal display*) ao arduino. Deste modo, é possível visualizar no LCD a informação da luminária num dado momento temporal e atualizar num certo intervalo de tempo determinado.

## 8. Referências

---

Panão, Marta, 2018. Energia Solar, Apontamentos da cadeira de Energias Renováveis, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.

PVGIS, 2018. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

Arduino, 2018. <https://www.arduino.cc/>

Adafruit, 2018. <https://www.adafruit.com/>

# ANEXOS

# I

# Constituuintes

## A – Painel solar

# Sunmodule®

## SW 50 poly RMA

### PERFORMANCE UNDER STANDARD TEST CONDITIONS (STC)\*

SW 50		
Maximum power	$P_{max}$	50 Wp
Open circuit voltage	$U_{oc}$	22.1 V
Maximum power point voltage	$U_{mpp}$	18.2 V
Short circuit current	$I_{sc}$	2.95 A
Maximum power point current	$I_{mpp}$	2.75 A

\*STC: 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5

### PERFORMANCE AT 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

SW 50		
Maximum power	$P_{max}$	35.9 Wp
Open circuit voltage	$U_{oc}$	19.8 V
Maximum power point voltage	$U_{mpp}$	16.3 V
Short circuit current	$I_{sc}$	2.38 A
Maximum power point current	$I_{mpp}$	2.2 A

Minor reduction in efficiency under partial load conditions at 25°C: at 200W/m<sup>2</sup>, 95% (1/3%) of the STC efficiency (1000 W/m<sup>2</sup>) is achieved.

### COMPONENT MATERIALS

Cells per module	36
Cell type	Poly crystalline
Cell dimensions	62 mm x 156 mm
Front	tempered glass (EN 12150)

### SYSTEM INTEGRATION PARAMETERS

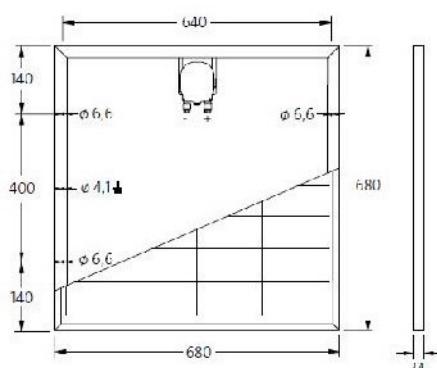
Maximum system voltage SC II	1000 V
Maximum reverse current	12 A
Increased snowload acc. to IEC 61215	5.4 kN/m <sup>2</sup>
Number of bypass diodes	2

### THERMAL CHARACTERISTICS

NOCT	46 °C
TC $I_{sc}$	0.034 %/K
TC $U_{oc}$	0.34 %/K
TC $P_{mpp}$	-0.48 %/K

### ADDITIONAL DATA

Power tolerance	+/- 10 %
J-Box	IP65
Maximum outer cable diameter	7.8 mm
Maximum wire cross section	4 mm <sup>2</sup>



- Qualified, IEC 61215
- Safety tested, IEC 61730
- Periodic Inspection



### B - Fita LED



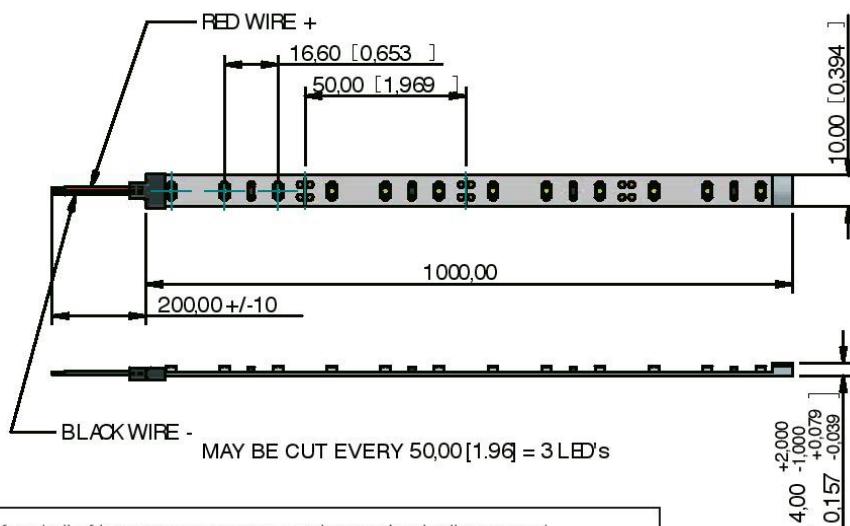
## Datasheet

ENGLISH

# LS SERIES

## FLEXIBLE LED LIGHTING STRIPS

Technical Information	Colour	Colour Temp (White only)	Light Output Lumens/m	Part Number
• LED: SMD3528 60LED/M	Cool White	5500 -7000K	550	LSCW6121MIP65RS
• Voltage: 12VDC	White	4000 -4500K	450	LSNW6121MIP65RS
• Current: 400mA	Warm White	2700 -3200K	400	LSWW6121MIP65RS
• Max consumption: (W/m) power 4.8	Red	N/A	240	LSR6121MIP65RS
• Dimensions: 10mm x 1000mm (1 Metre)	Green	N/A	350	LSG6121MIP65RS
• Beam angle: 120°	Blue	N/A	40	LSB6121MIP65RS
• Sealed up to IP65 Crystal Resin	Yellow	N/A	150	LSY6121MIP65RS



The strip itself and all of its components may not be mechanically stressed.  
 Assembly must not damage or destroy conducting paths on the circuit board.  
 Correct electrical polarity needs to be observed, wrong polarity may destroy the strip.  
 When mounting on a metallic or otherwise conductive surfaces, there needs to be electrical isolation points between strip and the mounting surface.  
 Caution needs to be taken after cutting the strip that exposed ends are insulated.

RS, Professionally Approved Products, gives you professional quality parts across all products categories. Our range has been testified by engineers as giving comparable quality to that of the leading brands without paying a premium price.

C – Controlador de Carga

João Viegas  
 Ana Farto  
 Sónia Guiga

Página 26

## Steca Solsum F

**6.6F, 8.8F, 10.10F**

The Steca Solsum F Line continues the huge success of one of the most used SHS controllers. With a power range of up to 10 A at automatically recognized 12 V or 24 V it fits to a system sizes of maximum 240 W.

The circuit board is completely electronically protected and with the LED user interface it is easy to check the battery state of charge at any time. Large terminals guarantee a simple connection of solar panels, battery and load. The Steca Solsum F works on PWM as a low loss series controller.

### BASIC



#### Product features

- Series controller
- Voltage regulation
- Automatic detection of voltage
- PWM control
- Multistage charging technology
- Current compensated load disconnection
- Automatic load reconnection
- Temperature compensation
- Common positive grounding or negative grounding on one terminal
- Monthly maintenance charge

#### Electronic protection functions

- Overcharge protection
- Deep discharge protection
- Reverse polarity protection of load, module and battery
- Automatic electronic fuse
- Short circuit protection of load and module
- Overvoltage protection at module input
- Open circuit protection without battery
- Reverse current protection at night
- Overtemperature and overload protection
- Battery overvoltage shutdown

#### Displays

- Multifunction LED display
- Multi-coloured LED
- 4 LEDs show operating states  
~ for operation, state of charge, fault messages

#### Options

- Night light function pre-set in the factory or adjustable via Steca PA RC 100
- Parameterisation of function values via Steca PA RC 100

#### Certificates

- Compliant with European Standards (CE)
- RoHS compliant
- Developed in Germany
- Manufactured according to ISO 9001 and ISO 14001

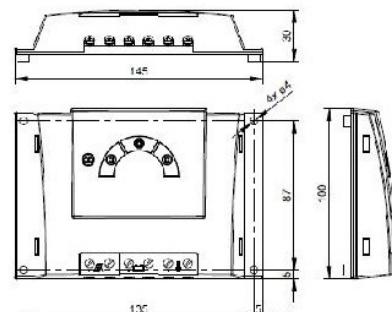


#### Areas of application:



6 A...10 A

6	8	10	20	40	80	160
145	145	145	145	145	145	145



	6.6F	8.8F	10.10F
--	------	------	--------

#### Characterisation of the operating performance

System voltage	12 V (24 V)		
Own consumption	< 4 mA		
DC input side			
Open circuit voltage solar module	< 47 V		
Module current	6 A	8 A	10 A
DC output side			
Load current	6 A	8 A	10 A
End of charge voltage	13.9 V (27.8 V)		
Boost charge voltage	14.1 V (28.8 V)		
Reconnection voltage (VR)	12.4 V	12.7 V	(24.8 V 25.4 V)
Deep discharge protection (LVD)	11.2 V ... 11.6 V (22.4 V ... 23.2 V)		
Operating conditions			
Ambient temperature	-25 °C ... +50 °C		
Fitting and construction			
Terminal (fine / single wire)	4 mm² / 5 mm² - AWG 12 / 9		
Degree of protection	IP 32		
Dimensions (X x Y x Z)	145 x 100 x 30 mm		
Weight	approx. 150 g		

Technical data at 25 °C / 77 °F

## D – Bateria

João Viegas  
Ana Farto  
Sónia Guiga

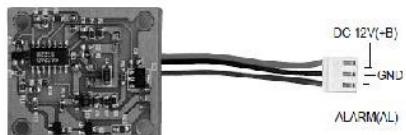


### Características da Bateria:

- Capacidade: 41 Ah (a 20h)
- Tensão: 12V
- CCA (Cold Cranking Amps): 370 A
- Dimensões em mm - Comp: 207 x Larg: 175 x Alt: 175

E – PIR

# SE-10

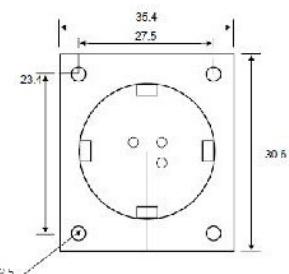


• BACK SIDE



• FRONT SIDE

## Dimensions



## Specifications

ITEM	Specification	Unit	Condition
Sensor type	Dual Element		
Housing	TO 5		
Element Size	2x1	mm	
Spacing	1	mm	
Responsivity	Min 3.2 Typ 4.0 Max <10	kw/w	7...14mm, 1Hz, 100°C (One element cover) 7...14mm, 1Hz, 100°C (Both element expose)
Noise	Typ 20 Max 50	μV P	20°C, (14-11Hz)
Effect Voltage	Min 0.2 Max 1.5	V	R <sub>U</sub> =47KΩ
Window Material	Silicon, coated		
Spectral Range	Transmission T>30 average Blocking I<0.1	%	7...14mm <4mm
Operating Voltage	12	V	
Operating Temperature	10~40	°C	
Storage Temperature	-10~80	°C	

F – Arduino

João Viegas  
Ana Farto  
Sónia Guiga

Página 29

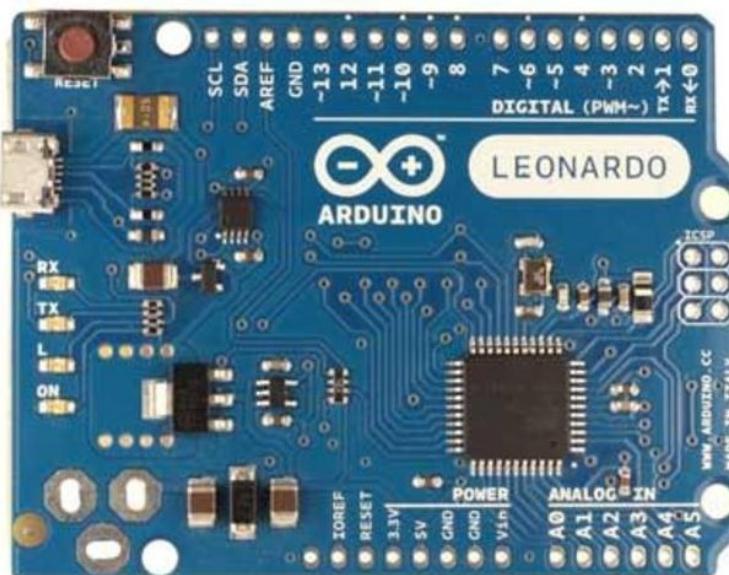
## Arduino Leonardo



Arduino Leonardo Front with headers



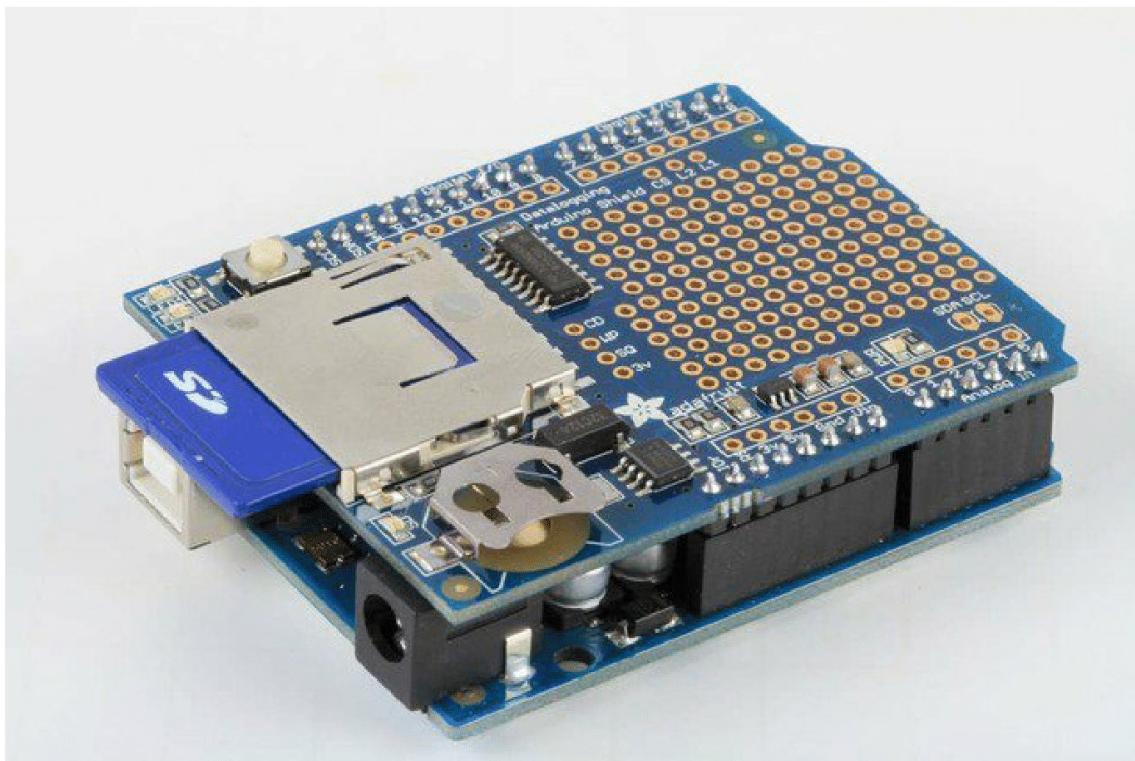
Arduino Leonardo Rear



Arduino Leonardo Front without headers

G- Adafruit

# Overview



Here's a handy Arduino shield: we've had a lot of people looking for a dedicated and well-designed data logging shield. We worked hard to engineer an inexpensive but well-rounded design. This shield makes it easy to add a 'hard disk' with gigabytes of storage to your Arduino!

Our latest version of this popular shield has all the features of the popular original, and is "R3" compatible so you can use it with just about any Arduino or compatible. You can be up and running with it in less than 15 minutes - saving data to files on any FAT16 or FAT32 formatted SD card, to be read by any plotting, spreadsheet or analysis program. This tutorial will also show you how to use two free software programs to plot your data. The included RTC (Real Time Clock) can be used to timestamp all your data with the current time, so that you know precisely what happened when!

The data logger is a reliable, well-rounded and versatile design. It is easily expanded or modified and come well supported with online documentation and libraries

## Features:

- SD card interface works with FAT16 or FAT32 formatted cards. Built in 3.3v level shifter circuitry lets you read or write super fast and prevents damage to your SD card
- Real time clock (RTC) keeps the time going even when the Arduino is unplugged. The coin cell battery backup lasts for years
- Included libraries and example code for both SD and RTC mean you can get going quickly
- Prototyping area for soldering connectors, circuitry or sensors.
- Two configurable indicator LEDs
- Onboard 3.3v regulator is both a reliable reference voltage and also reliably runs SD cards that require a lot of power to run
- Uses the "R3 layout" I2C and ICSP/SPI ports so it is compatible with a wide variety of Arduinos and Arduino-compatibles

With this new version you can use it with:

- Arduino UNO or ATmega328 compatible - 4 analog channels at 10 bit resolution, 6 if RTC is not used
- Arduino Leonardo or ATmega32u4 compatible - 12 analog channels at 10 bit resolution
- Arduino Mega or ATmega2560 compatible - 16 analog inputs (10-bit)
- Arduino Zero or ATSAMD21 compatible - 6 analog inputs (12-bit)
- Arduino Due compatible - 12 analog inputs (12-bit)

Of course you can log anything you like, including digital sensors that have Arduino libraries, serial data, bit timings, and more!

## Original Version Schematics

