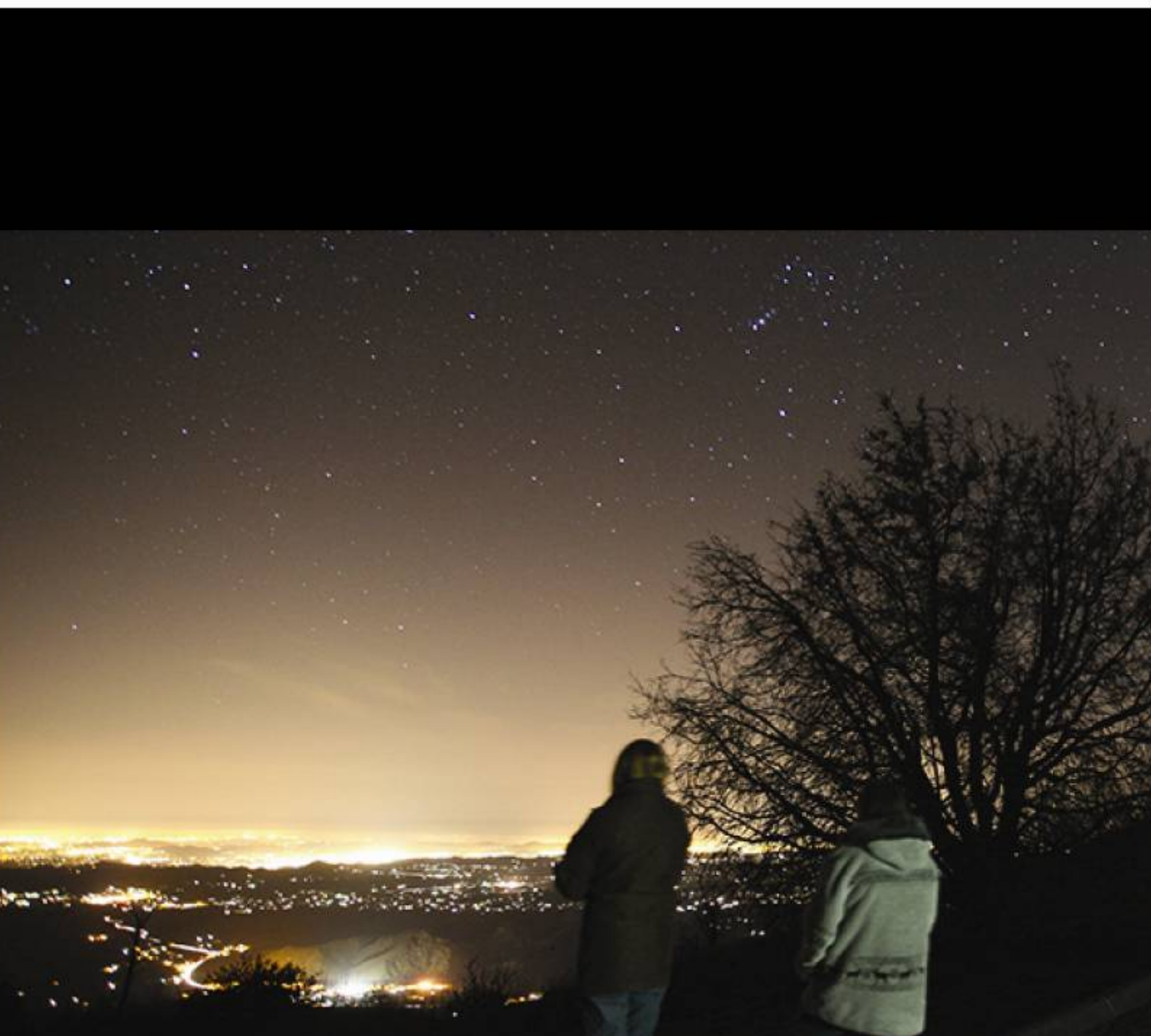




Manual da Poluição Luminosa

Atuações para o seu controlo/redução



Índice

INTRODUÇÃO	5
O QUE É A POLUIÇÃO LUMINOSA?	7
BRILHO DO CÉU	8
Brilho natural do céu	8
Brilho artificial do céu	8
Como se pode calcular o brilho do céu	10
Como se pode medir diretamente o brilho do céu	11
Cálculo da poluição luminosa quanto à luz intrusiva e brilho do céu	13
LUZ ENCANDEANTE	15
Como se pode calcular o encandeamento	16
LUZ INTRUSIVA	18
Como se pode calcular a luz intrusiva	18
OBJECTIVOS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA	18
IMPACTOS DA POLUIÇÃO LUMINOSA	21
Poluição luminosa ecológica	21
Poluição luminosa astronómica	22
Desperdício de energia em luz não útil e com impacto directo nas emissões CO ₂	23
LEGISLAÇÃO EM PORTUGAL.....	24
LEGISLAÇÃO NA EUROPA	24
RECOMENDAÇÕES PARA OS LIMITES DO BRILHO DO CÉU	25
Sistema de Zonificação e Limitações do Fluxo no Hemisfério Superior.....	25
RECOMENDAÇÕES PARA REDUZIR A POLUIÇÃO LUMINOSA.....	27
EXEMPLOS DE BOAS PRÁTICAS DE PROJETO	28
CRITÉRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA NOVA LUMINÁRIA PARA ILUMINAÇÃO EXTERIOR. ACESSÓRIOS.....	29
Critérios aplicados a refletores	29
Critérios aplicados a projetores e acessórios.....	30
Manual da Poluição Luminosa - Atuações para o seu Controlo/Redução	3

CASE STUDY 1	31
CASE STUDY 2	38
OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	44
Sobre poluição luminosa e impacto astronómico.....	44
Sobre o conceito de magnitude	44
EXEMPLOS DE POLUIÇÃO LUMINOSA	45
GRUPO DE TRABALHO	46

INTRODUÇÃO

O incremento do nível de vida experimentado nas últimas décadas pela sociedade Europeia trouxe uma série de efeitos colaterais negativos para a nossa qualidade de vida atual e futura. Um destes efeitos é o fenómeno da **poluição luminosa**.

O principal causador deste fenómeno é a iluminação pública, mal escolhida, mal projetada ou mal instalada, em qualquer das suas vertentes: urbana, viária, arquitetural ou desportiva. Outros causadores como os reclames luminosos, outdoors, canhões laser, etc. também contribuem decisivamente para este fenómeno.

Embora a palavra poluição possa parecer demasiado agressiva, para definir o efeito que produz no ambiente que nos rodeia, o facto é que a luz artificial descontrolada, emitida pelas luminárias, tem uma série de impactos sobre nós e todos os ecossistemas. Trata-se de uma agressão em si mesma e, portanto, deve ser tratada como tal.

A maioria das pessoas, por falta de informação e de enquadramento legal em Portugal, não se tem preocupado com a poluição luminosa, embora outros países — que consideramos mais avançados— já tenham **produzido e aplicado** legislação específica. As pessoas mais atentas associam estes impactos poluidores aos efeitos negativos na beleza e grandiosidade do espectáculo do céu noturno (que sai altamente prejudicado), assim como aos inconvenientes a nível científico, para a astronomia, ou a nível cultural e turístico para a observação do céu noturno movida pelo gosto e fascínio. Mas existem outros efeitos negativos, muito importantes:

- o desconforto visual causador de fadiga e insegurança rodoviária;
- a luz intrusiva;
- repercussões na saúde humana;
- alteração dos ecossistemas;
- e principalmente as emissões de CO₂ na produção da energia elétrica (adicional), desperdiçada por uma deficiente utilização na iluminação artificial.

Podemos dizer que a **poluição luminosa** apresenta inconvenientes de vária ordem, que atingem o cidadão nos aspetos mais dramáticos: o bolso, o descanso e a qualidade de vida. Neste sentido, estamos perante um fenómeno que infelizmente tem vindo a ser ignorado no nosso país e que é urgente sensibilizar todos os intervenientes, direta ou indiretamente, para a adopção de regras e procedimentos de modo a limitar os seus efeitos negativos.



A limitação destes efeitos representa um importante desafio a todos os cidadãos mas essencialmente aos projetistas, fabricantes e instaladores de luminárias.

A maior parte desta poluição luminosa, resulta da escolha de luminárias inadequadas, de um deficiente projeto de iluminação com pontos de luz mal escolhidos e/ou mal direcionados/posicionados. No presente documento pretende-se apontar as consequências e apontar para ações que visam uma redução da poluição luminosa.

O QUE É A POLUIÇÃO LUMINOSA?

Por Poluição Luminosa entende-se a poluição provocada pela luz que sai da área que se pretende iluminar. A poluição luminosa é uma consequência indesejada da iluminação exterior mal projetada ou utilizando luminárias inadequadas. Inclui efeitos adversos como a contribuição acrescida e desnecessária do brilho do céu, luz intrusiva e encandeamento, sendo a causa o somatório dos fluxos luminosos emitidos para o hemisfério superior pelas luminárias mais o fluxo refletido pelo entorno, com efeitos negativos nos ecossistemas, na saúde humana e na observação astronómica, constituindo também um desperdício de energia e de outros recursos.



Aspetto noturno de uma cidade avistada desde os arredores. Veja-se o incremento produzido no brilho do céu, que se repercute a longas distâncias dos locais onde esta poluição é produzida.



Combinação de fotos noturnas obtidas por satélite

BRILHO DO CÉU

Segundo a publicação CIE 126 (1997), o brilho do céu noturno é o que resulta da reflexão da radiação (visível ou não visível) dispersada pelos componentes da atmosfera (moléculas de gás, aerossóis e partículas de matéria) na direção da observação.

O brilho do céu resulta de dois componentes separados:

Brilho natural do céu

A componente natural do brilho do céu tem cinco fontes: a luz solar refletida pela Lua; o brilho ténue do ar na atmosfera superior, originando uma aurora residual de baixa intensidade ⁽¹⁾; e a luz solar refletida pela poeira interplanetária (luz zodiacal), a luz das estrelas e a luz muito ténue de fundo, proveniente de objetos celestes difusos que aparecem como manchas nebulosas de luz, incluindo a faixa da Via Láctea.

O brilho natural do céu é bem quantificado e é globalmente *muito inferior* ao brilho artificial ⁽²⁾. Não havendo Lua visível, o brilho natural do céu é menor do que 1/10 do brilho artificial nos arredores de uma cidade de média dimensão; e é menos de 1/50 do que se observa do interior de uma cidade.

Brilho artificial do céu

É a parte do brilho de céu que se atribui às fontes de radiação artificiais (por ex. iluminação pública), sobretudo a radiação que se emite diretamente para cima, mas também, em menor grau, a radiação que se reflete da superfície da Terra.

Este é o brilho que torna o céu mais claro e colide fortemente com os observadores do céu, com fins científicos, recreativos ou turísticos ⁽³⁾, pois reduz substancialmente a capacidade de visualizar as estrelas, **perturbando também** alguns seres vivos. É o resultado da luz projetada para cima e disseminada ou dispersada de novo para a superfície da Terra, e também da luz encandeante. Um critério intuitivo para avaliar o maior ou menor impacto da poluição luminosa num dado local consiste em olhar para cima: quanto menos estrelas se conseguirem observar a olho nu, mais severa é a poluição luminosa.

Não deve ser descurada a luz *indiretamente* radiada para cima, proveniente da reflexão em superfícies ou objetos, daí ser impossível a anulação por completo deste fenómeno, a não ser que se apaguem todos os sistemas de luz artificial. Porém, este efeito é geralmente menor do que o da radiação direta apontando acima da horizontal.

(1) Fenómeno conhecido como *airglow*, resultante da excitação do oxigénio na alta atmosfera pela radiação UV solar. A sua intensidade é ligeiramente variável, dependendo da atividade solar e da estação do ano.

(2) Veja-se, por exemplo, o seguinte link: http://www.ayton.id.au/gary/Science/Astronomy/Ast_light_pollution.htm

(3) Existe em Portugal, desde Janeiro de 2009, a *Reserva DarkSky Alqueva*®, abrangendo os municípios de Alandroal, Barrancos, Reguengos de Monsaraz, Moura, Mourão e Portel. Constitui um nicho turístico estratégico e específico (www.darksyalqueva.com e genuineland@gmail.com). A qualidade do céu desta Reserva foi certificada em Dezembro de 2011.

Este fenómeno é altamente variável e depende:

- 1- da quantidade de luz dirigida para o céu;
- 2- da quantidade de gás e poeira na atmosfera;
- 3- das condições climáticas imediatas;
- 4- da direção de onde é visto.

Um texto branco é difícil de ler sobre um **fundo claro**.

Um texto branco sobre um **fundo escuro** lê-se muito melhor. Acontece o mesmo com as estrelas.

Em más condições atmosféricas, ou na presença de poluição atmosférica, mais partículas estão presentes na atmosfera e portanto mais luz é disseminada ou dispersada de novo para a superfície da terra.

O brilho do céu é tanto mais visível quanto menor for a transparência da atmosfera.

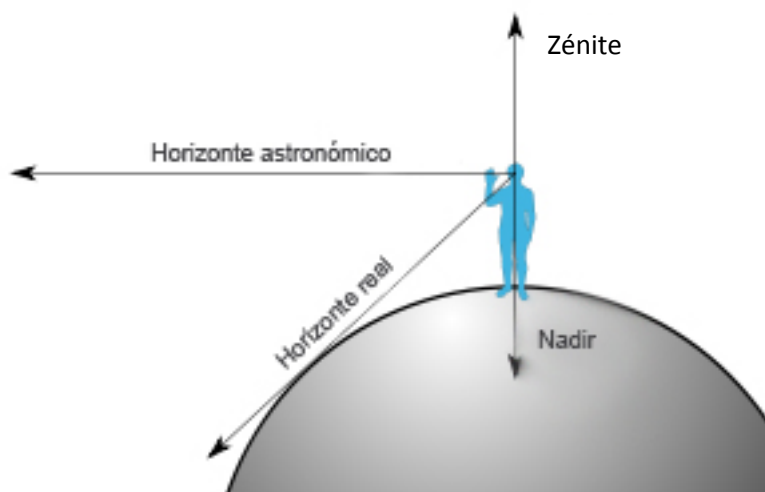


Vários níveis de poluição luminosa

O brilho artificial do céu é a fonte de maior preocupação dos observadores ocasionais do céu e dos astrónomos, porque diminui a sua capacidade de observar os objetos celestes, reduzindo consideravelmente o número de estrelas detetáveis a olho nu.

Normalmente os astrónomos preferem noites escuras, com ar seco e transparente, para as suas observações. O brilho do céu incrementa o brilho das zonas escuras do céu, reduzindo o contraste das estrelas ou outros objetos celestes contra o fundo escuro do céu. E praticamente impossibilita a observação dos objetos do céu profundo (nebulosas, galáxias e enxames de estrelas).

Em astronomia, chama-se *zénite* ao ponto do céu situado na vertical, por cima da cabeça do observador. Devido à poluição luminosa, o céu na região zenital de uma zona suburbana é 5 a 10 vezes mais brilhante do que numa região abrigada da poluição luminosa, e cerca de 50 vezes mais brilhante quando visto do interior de uma cidade. E, note-se, é na região zenital que os efeitos da poluição luminosa se fazem sentir menos, aumentando à medida que nos aproximamos do horizonte. O ponto da esfera celeste oposto ao zénite chama-se *nadir*. O nadir é sempre invisível a um observador terrestre.



Como se pode calcular o brilho do céu

A engenharia de iluminação e a astronomia utilizam os mesmos conceitos de fotometria. Os fundamentos são os mesmos, mas as convenções e as unidades práticas diferem, embora se possam, evidentemente, relacionar entre si.

Na engenharia de iluminação, as unidades fotométricas estão normalmente relacionadas com a visão fotópica: o lúmen (símbolo: lm), unidade de fluxo luminoso; o lux (lx), unidade de iluminância ou iluminação; a candela (cd), unidade de intensidade luminosa; e a candela por metro quadrado (cd/m^2), unidade de luminância.

No centro de uma cidade, a região zenital pode ser 25 a 50 vezes mais brilhante do que o brilho do céu natural. As unidades fotométricas baseiam-se na curva de visibilidade relativa (visão fotópica), onde o olho humano apresenta a sensibilidade máxima para a luz de comprimento de onda $\lambda=555 \text{ nm}$.

Na astronomia, o brilho dos objetos celestes é expresso pela sua *magnitude*, quer para objetos vistos como pontuais (estrelas), quer para objetos extensos e definidos (Sol, Lua) ou ainda para objetos difusos (nebulosas, galáxias). No caso da *magnitude visual aparente*, tal medida traduz o brilho com que se apresentam ao olho, ou a um sistema detetor que simule a sensibilidade espectral do olho humano.

Distingue-se a magnitude *visual*, a magnitude em bandas específicas de comprimentos de onda e a magnitude abrangendo todo o espectro emitido. Neste documento, e no que se refere à poluição luminosa, empregaremos a palavra *magnitude* para designar a *magnitude visual aparente*.

A escala de magnitudes é essencialmente uma escala logarítmica, onde uma diferença de 5 magnitudes corresponde a um quociente de fluxos igual a 100. Pela forma como a magnitude está definida, quanto mais brilhante for um astro, *menor* a sua magnitude (podendo assumir valores de magnitude negativos nos casos de maior brilho). Por exemplo, as 21 estrelas mais brilhantes do céu apresentam magnitudes entre $-1,5$ e $1,7$ (a magnitude do Sol vale $-26,7$). As estrelas mais ténues que podemos ver (a olho nu) de um local escuro são de magnitude 6.

A fotometria astronómica baseia-se no fluxo (total ou num intervalo específico de comprimentos de onda) medido por um sistema de deteção apropriado. Para os efeitos práticos da poluição luminosa interessa-nos sobretudo a banda do visível (aprox. de 390 nm a 700 nm). Neste documento, todos os valores fotométricos serão indicados em unidades fotópicas (lúmen, candela por metro quadrado, lux, etc.). Utiliza-se o seguinte fator de conversão ⁽⁴⁾: uma luminância de $2,52 \times 10^{-4}$ cd/m² corresponde à magnitude 21,6 por arcsec².

Como se pode medir diretamente o brilho do céu

A influência do brilho artificial do céu (consequência da poluição luminosa) calcula-se comparando a luminância medida, na região zenital, com a luminância do céu sob condições de observação praticamente ideais (magnitude 21,6 por arcsec²), que se teriam na ausência de poluição luminosa. O valor mais representativo é o quociente do brilho global do céu (b_a) pelo brilho natural deste (b_n), ambos na região zenital.

O brilho global do céu pode ser medido comodamente com o aparelho **SQM** (*Sky Quality Meter*), que é compacto (mede aproximadamente 92 mm x 67 mm x 28 mm), autónomo (utiliza apenas uma pilha de 9 V) e com um custo da ordem dos 230 euros ⁽⁵⁾. A leitura vem diretamente indicada em magnitude por segundo quadrado de arco (mag/arcsec²). Como o brilho natural médio do céu é conhecido (mag 21,6 por arcsec²), pela diferença avalia-se o impacto artificial, tendo em conta que *cada* unidade de diferença corresponde a um fator 2,512. Por exemplo, um céu com a indicação «magnitude 18,6/ arcsec²» é 15,8 vezes *mais brilhante* do que um céu onde se lê 21,6 (pois $21,6 - 18,6 = 3$ e $2,512^3 = 15,8$).



Nestas leituras, um valor maior corresponde a um céu mais escuro.

(4) A fórmula de conversão de mag/arcsec² para cd/m² e um calculador automático podem ser acedidos diretamente neste link: <http://unihedron.com/projects/darksky/magconv.php>

(5) É possível obter informações sobre este aparelho nos links:

<http://unihedron.com/projects/darksky/>

<http://www.unihedron.com/projects/sqm-lu/>

http://unihedron.com/projects/sqm-l/Intruction_sheet.pdf

Em Portugal é possível adquiri-lo na empresa Astrofoto, em Lisboa (www.astrofoto.com.pt)

E-mail: astrofotoportugal@gmail.com.

Normalmente toma-se o valor de magnitude 21,6 por arcsec² para o mínimo prático da radiação natural de fundo, correspondente a $2,52 \times 10^{-4}$ cd/m² (conversão expressa na nota 4).

O céu nunca está absolutamente escuro, mesmo quando se evitam todas as influências artificiais criadas pelo Homem. No entanto, existe uma diferença *abissal* entre o céu apenas com o seu brilho natural (sem Lua visível) e um céu medianamente poluído nos arredores de uma cidade de média dimensão. No primeiro caso, o olho (nu) deteta estrelas aproximadamente até à magnitude 6,5 (mais de 3000 estrelas visíveis num dado momento); no segundo caso a magnitude limite situa-se sensivelmente entre 4 e 4,5 (menos de 300 estrelas); no interior de uma cidade será ainda pior (menos de 120 estrelas).

Nesta publicação, apenas debateremos o brilho do céu provocado por fontes de luz artificiais.

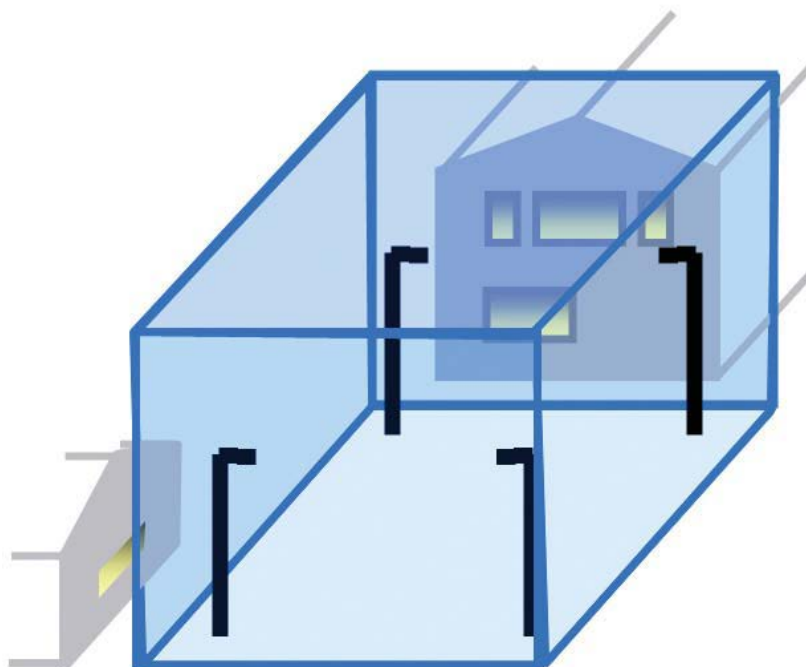


As principais fontes de luz perdida ou desviada que mais contribuem para a poluição luminosa são:

- Rótulos de publicidade
- Iluminação de áreas comerciais, parqueamentos, jardins iluminados, etc.
- Iluminação de edifícios através de projetores. Discotecas e monumentos
- Outdoors
- Estufas para horticultura iluminadas
- Iluminação de zonas industriais, aeroportos, estaleiros de construção
- Instalações desportivas iluminadas
- Iluminação de vias e estradas

Cálculo da poluição luminosa quanto à luz intrusiva e brilho do céu

Apresenta-se um método aproximado para calcular, através de um programa de cálculo luminotécnico, o brilho de céu e a luz intrusiva de uma determinada zona.



Para o efeito iremos desenhar uma hipotética caixa com as seguintes características:

- O comprimento deve corresponder à interdistância entre duas colunas contíguas, no mesmo alinhamento.
- A largura abrangerá os limites da zona em estudo; no caso de uma via, esta será a distância medida de parede a parede.
- A altura deverá ser igual ou superior à estrutura mais alta da zona, ponto de luz ou edifício na via, mesmo que fora da zona de cálculo mas na mesma via. Na ausência de superfícies refletoras na via ou local deve ser considerada uma altura virtual superior a 5 metros e considerar fatores de reflexão zero para estas superfícies virtuais reflexão e o mesmo se aplicará ao teto virtual.
- As reflexões serão no caso do piso, $R_1...R_3$, usualmente R_3 (outras no caso de não ser uma via, por exemplo, zonas ajardinadas, zonas desportivas, estacionamentos em laje de betão, etc.).
- Com estes dados e recorrendo a qualquer software de cálculo, independente, podemos calcular o nível de iluminação (Iluminância) no tecto e paredes.

É evidente que o método tem imprecisões, pois as variáveis são muitas, mas este servirá para uma possível comparação de projetos para a mesma zona.

Esta comparação só se justifica nos casos de projetos de iluminação para zonas críticas, onde é fundamental o controlo rigoroso da poluição luminosa, como por exemplo observatórios, parques naturais, reservas de céu certificado, hotéis rurais, hospitais, etc.

Em muitos casos é possível que até determinada hora sejam permitidos níveis de poluição luminosa mais elevados, por exemplo iluminação de fachadas, zonas de comércio, zonas desportivas, etc., mas não obsta que após determinada hora sejam desligadas ou reduzidas as fontes contaminantes e nesse caso o método da “caixa” pode ser utilizado apenas para essa solução reduzida.

LUZ ENCANDEANTE

Luz encandeante é a luz incidente que, devido a atributos quantitativos, direcionais ou espectrais num dado contexto, dá lugar a desconfortos, incomodidades, distrações (encandeamento desconfortável) ou a uma redução na capacidade de ver informação essencial (encandeamento incapacitante).

Esta luz perturbadora pode resultar de luz dispersa ou mal direcionada, más luminárias, fontes diretas e encandeantes e luz intrusiva resultante de luz desviada ou perdida.

O encandeamento incapacitante é medido pelo incremento limiar (TI), apenas em zonas onde sejam calculadas as luminâncias, normalmente vias fora do perímetro urbano, este tipo de encandeamento é fortemente dependente do tipo de luminárias, lâmpadas, características do piso e situação geométrica. Por exemplo, as lâmpadas de vapor de sódio alta pressão e os tubos fluorescentes são considerados normalmente como lâmpadas de baixa luminância.⁽⁶⁾ Para estas lâmpadas e luminárias associadas, normalmente os regulamentos prevêem TI mais elevados.

Em situações onde não se pode calcular o TI, por exemplo zonas urbanas, e de modo a evitar o encandeamento incapacitante, recorre-se às classes de intensidade luminosa da instalação (dadas no programa de cálculo) G1 a G6 onde se desaconselha a validação de projetos cuja classe G seja inferior a G4.

O encandeamento desconfortável é indicado pelas classes D1 a D6. Quanto mais elevado for o índice da Classe D mais baixo é o encandeamento desconfortável.



⁽⁶⁾ Atualmente existem algumas lâmpadas T5 que não se enquadram, pela sua secção/fluxo luminoso, na definição de lâmpadas de baixa luminância.

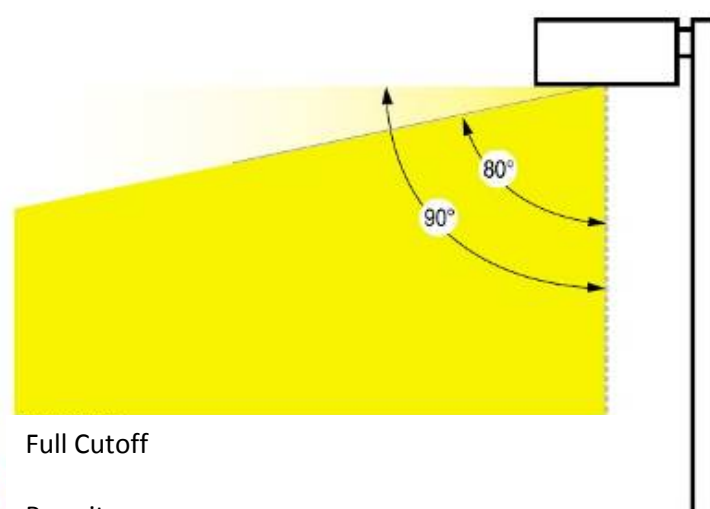
Como se pode calcular o encandeamento

Com qualquer software de cálculo luminotécnico multimarca. As tabelas e valores aconselháveis estão disponíveis no DREEIP ou na EN 13201-2.

Para controlar o encandeamento a Illuminating Engineering Society of North America (IESNA) desenvolveu as classificações CUT OFF que limitam os valores de intensidade em duas zonas com respeito ao nadir da luminária: Uma zona aplica-se a ângulos acima dos 80º em relação ao nadir e outra para ângulos acima dos 90º em relação ao nadir.

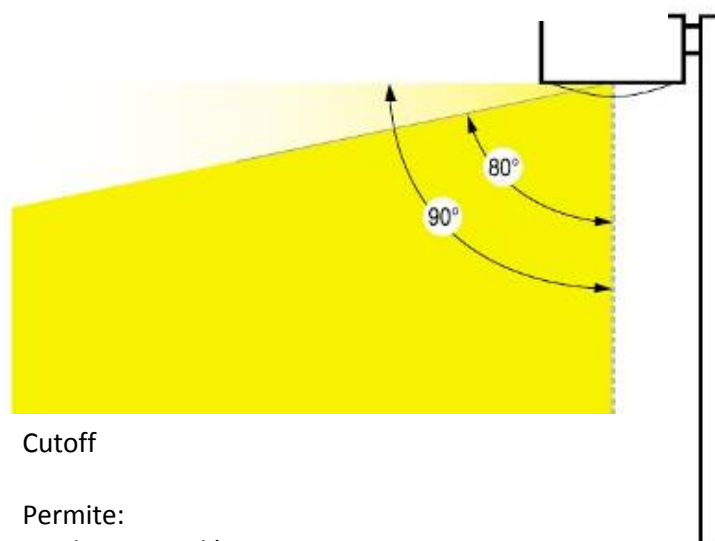
Deste modo:

Instalação com luminária full cutoff versus cutoff



Full Cutoff

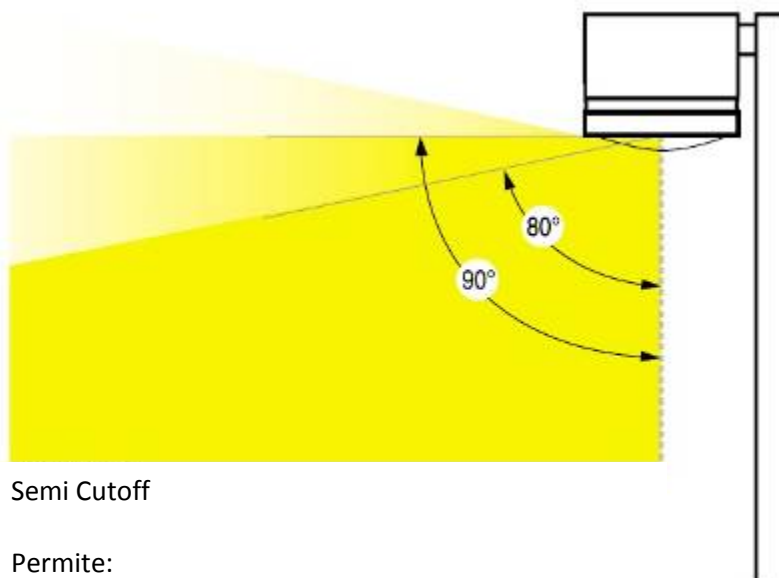
Permite:
Nenhuma luz aos 90º
100cd por 1000 lúmens aos 80º



Cutoff

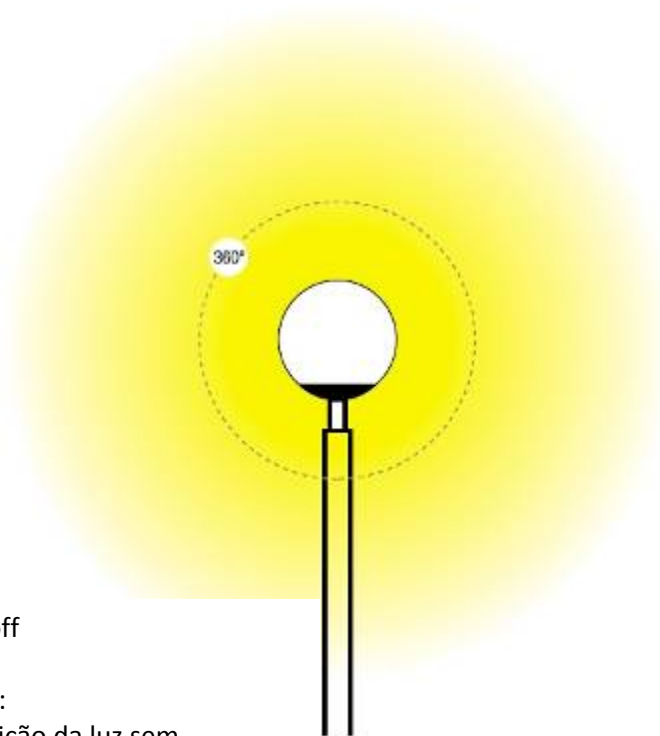
Permite:
25cd por 1000 lúmens aos 90º
100cd por 1000 lúmens aos 80º

Instalação com luminária semi cutoff versus non cutoff



Semi Cutoff

Permite:
50cd por 1000 lúmens aos 90º
200cd por 1000 lúmens aos 80º



No Cutoff

Permite:
Distribuição da luz sem
restrições em qualquer ângulo

LUZ INTRUSIVA

Este fenómeno é o resultado da luz artificial procedente de um local ou via e que *entra* pelas janelas, invadindo o interior das habitações.

A eliminação total deste fenómeno é praticamente impossível pois haverá sempre luz refletida nas paredes e no próprio piso e que acabará por atravessar as janelas. A luz intrusiva direta é a mais incómoda. No entanto este fenómeno pode ser reduzido drasticamente em instalações existentes, associando acessórios, como grelhas ou palas, que minimizem ou anulem a luz intrusiva direta e a utilização de sistemas óticos que minimizem a luz intrusiva indireta.

Como se pode calcular a luz intrusiva

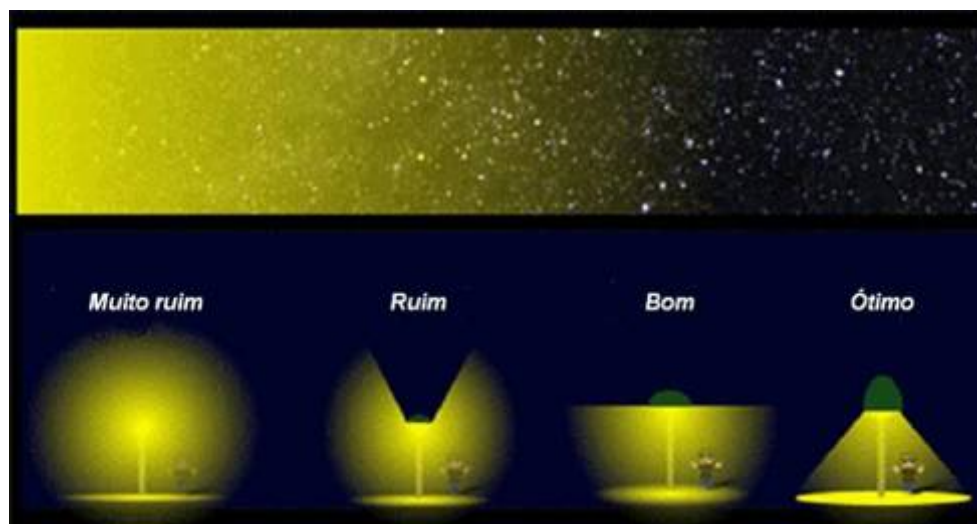
É muito difícil quantificar na prática a luz intrusiva. Podemos através de um software luminotécnico calcular a quantidade de luz que atinge determinada superfície vertical, mas existe uma forte probabilidade de erros tais as variáveis que interferem neste parâmetro.

Por outro lado, em alguns casos, e dentro de certos limites, o que se pensa ser luz intrusiva pode, na verdade, constituir uma variável que contribua para uma sensação de segurança ou de humanização dos espaços.



OBJECTIVOS DA ILUMINAÇÃO PÚBLICA

Do anteriormente exposto resulta que a poluição luminosa é um termo genérico que indica a soma total de todos os efeitos adversos da luz artificial. Também apontamos a iluminação pública, quando inadequada, como uma das fontes que mais contribui para o fenómeno da poluição luminosa. No entanto, não se pode desprender daqui que esta é um alvo a abater mas sim, que há formas de podermos reduzir ao mínimo os seus impactos, se corretamente projetada.

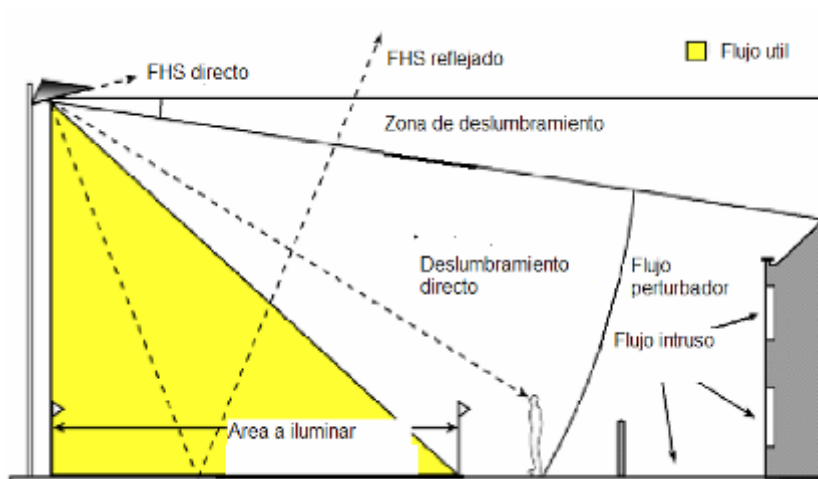


Distribuição da luz e poluição luminosa

A finalidade da iluminação pública é proporcionar ao condutor/peão a visibilidade necessária para distinguir obstáculos, traçados de vias, garantir a segurança das pessoas, proporcionar interatividade social, promover ambiências simbólicas e psicológicas, funcionar como linguagem visual, funcionar como um instrumento de atratividade e de desenvolvimento numa região. A luz encandeante prejudica ou pode mesmo anular os requisitos acima referidos.

Deverá cumprir com os seguintes requisitos:

- Plano diretor de iluminação para a zona/espço urbano
- DREEIP e/ ou EN 13201 ou outras aplicáveis na zona
- Mínimo consumo energético. Diretiva 2005/32/CE –Energy Using Products (EUP). ECO-desenho



Resumo das causas de poluição luminosa provocada pela iluminação pública

IMPACTOS DA POLUIÇÃO LUMINOSA

Poluição luminosa ecológica

O efeito da Poluição Luminosa nos ecossistemas é difícil de quantificar devido à enorme quantidade de fatores que podem influenciar os resultados.

Biologicamente há metabolismos que só podem acontecer durante a noite na escuridão, como o repouso ou a reparação. A escuridão afeta também os processos de navegação celestial, predação ou recarga dos sistemas. Por esta razão, é tão importante a escuridão como a luz do dia.

Os efeitos da poluição luminosa, direta ou indiretamente no meio ambiente, podem ser difíceis de quantificar.

Quando há campos, montanhas, bosques, rios, lagos, e/ou zonas costeiras que estão situadas muito perto de uma instalação de iluminação, existe a possibilidade, dependendo da estação do ano, de que a iluminação tenha efeitos adversos sobre insetos, plantas e animais dentro dessas zonas, contribuindo para a perturbação do habitat.

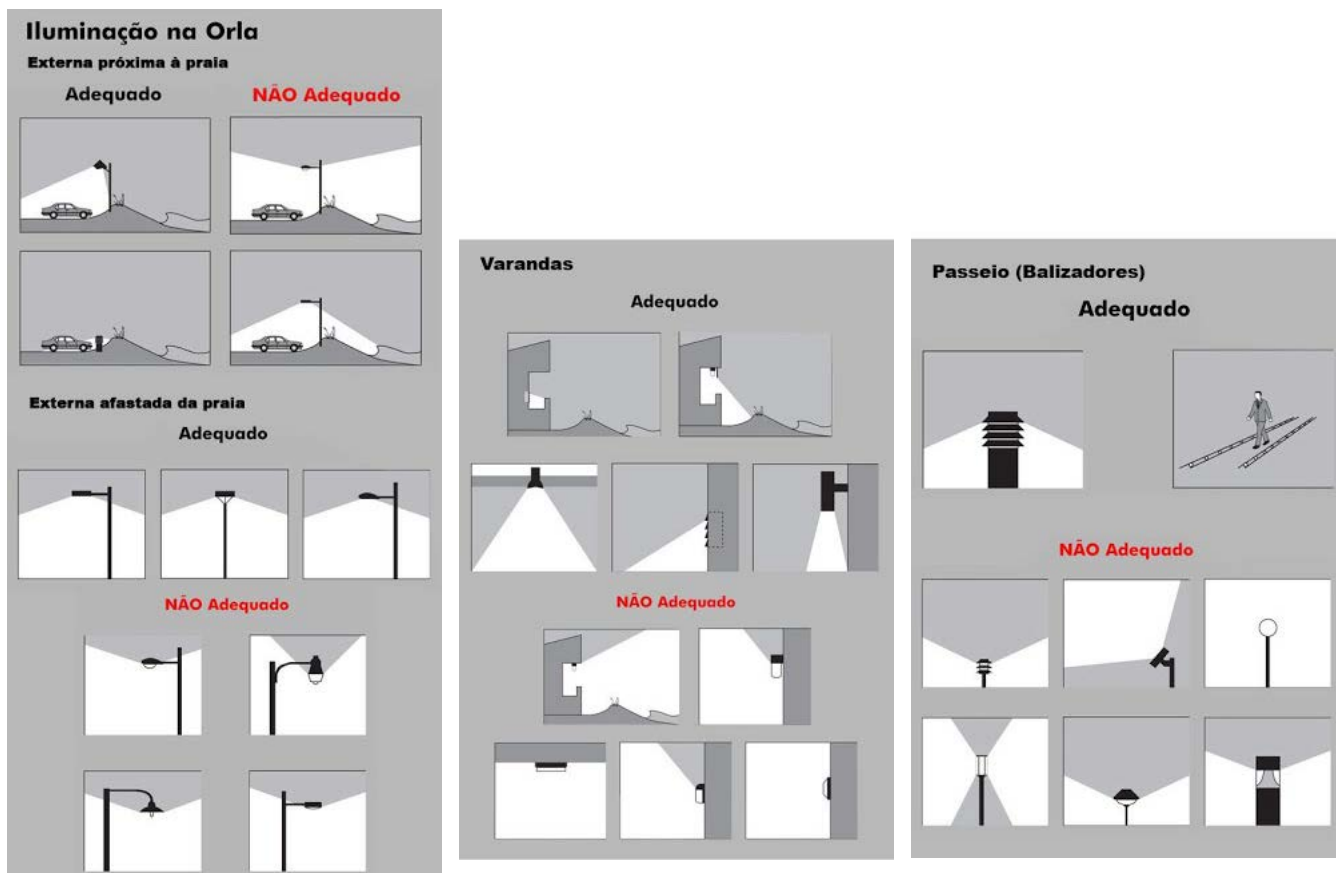
As plantas nos espaços públicos podem ser afetadas no seu crescimento e floração pela alteração do ritmo circadiano. A poluição luminosa perturba as migrações das aves, a sobrevivência das tartarugas recém-nascidas, a predação e os ecossistemas.

A sensibilidade dos seres vivos ao espectro eletromagnético da luz, é muito diferente de espécie para espécie. Em comprimentos de onda visíveis para os insetos, nós humanos somos praticamente cegos, azuis e violetas além da polarização da luz são importantes na orientação dos insetos e aves.

A iluminação pública com fontes de vapor de mercúrio atrai duas vezes mais insetos que as de vapor de sódio. As fontes de LED, Branco Quente são pouco visíveis para os insetos. Já a iluminação com fontes de vapor de sódio afeta menos os ecossistemas.

A iluminação arquitetural e outdoors deverão ser desligados após a meia-noite e a iluminação pública em geral deverá passar a um nível menor de emissão.

Exemplo de um projeto com preocupações ecológicas a nível da iluminação:



Parte do material disponibilizado pelo projeto Tamar, com orientações para a iluminação em áreas de desova das tartarugas marinhas.

Poluição luminosa astronómica

Os efeitos sobre as observações astronómicas implicarão geralmente a modificação das condições de visão do céu noturno.

Já vimos que o brilho artificial do céu contribui para uma redução do contraste, o que reduz o número de estrelas observáveis a olho nu.

Desperdício de energia em luz não útil e com impacto direto nas emissões CO₂

Para além destes impactos há a considerar outros relacionados e que resultam em luz perturbadora ou intrusiva.

Dentro destes destacamos:

- Impactos sobre os residentes

Luz direta e encandeante ou luz intrusiva.

- Impactos sobre turistas ou visitantes

Normalmente associados à iluminação decorativa por excesso e/ou uso de cor de forma inapropriada, causando incómodo visual.

- Impactos sobre os condutores

Quando estes, por via da poluição luminosa, estão sujeitos a encandeamento ou a excesso de luz que lhes provoca cansaço visual ou até perda de acuidade visual, podendo originar situações de insegurança rodoviária.

- Impactos sobre a saúde humana

Dependendo do tempo de exposição e se a luz noturna tiver uma certa intensidade e comprimento de onda abaixo dos 500 nm, esta pode contribuir para uma desregulação do ritmo circadiano e consequentemente para o aparecimento ou potenciação de alguns tipos de cancro ou outras doenças.

LEGISLAÇÃO EM PORTUGAL

Do que foi possível apurar, não existe legislação aplicável.

LEGISLAÇÃO NA EUROPA

- CIE 126 (1997) Guia para minimizar o brilho de céu
- CIE 150 (2003) Guia para a Limitação dos Efeitos Desconfortáveis da Luz Procedente das Instalações de Iluminação em Exteriores.
- Leis de Lombardia LR17/00 e LR38/04
- Leis de Marche LR10/02
- Leis de Emilia Romana LR19/03
- Leis de Abruzzo LR12/05
- Leis de Puglia LR15/05
- Leis de Umbria LR 20/05

Em Espanha existe uma vasta legislação e artigos publicados sobre esta matéria:

- Ordenanzas Municipales de Alumbrado Exterior para la Protección del Medio Ambiente mediante la mejora de la Eficiencia Energética.
- Ley 31/1988 de 31 de octubre, sobre protección de la calidad astronómica de los observatorios del I.A.C.
- Real decreto 243/1992 de 13 de marzo.
- Ley 6/2001 de 31 de mayo, de ordenación ambiental del alumbrado para la protección del medio nocturno de la Generalitat de Catalunya.
- Ley 3/2005 de 20 de abril, de protección del medio nocturno de las Illes Balears.

RECOMENDAÇÕES PARA OS LIMITES DO BRILHO DO CÉU

A CIE nº 126 de 1997 traz um importante contributo ao fazer uma divisão de zonas para estabelecer uma base para regulamentação de proteção meio ambiental conducentes a uma limitação da poluição luminosa. A ideia é simples, em caso de poluição luminosa, os impactos negativos não são iguais para todas as localizações.

Neste sentido, a CIE estabelece 4 zonas distintas de acordo com as atividades humanas e não humanas de cada Zona Meio Ambiental.

De igual modo a CIE, nesta mesma publicação, apresenta uma outra tabela que estabelece limites ao valor máximo permissível da proporção de luz emitida para cima instalada, expressa como uma percentagem do fluxo luminoso da luminária (ULOR_{inst}) para cada uma das 4 zonas meio ambientais. Portanto, caberá ao projetista a escolha de uma luminária com um ULOR abaixo do estipulado para a zona de estudo.

Sistema de Zonificação e Limitações do Fluxo no Hemisfério Superior

(CIE nº 126 de 1997)

Classificação de zonas	Descrição
E1	ÁREAS COM CONTORNOS ESCUROS: Observatórios astronómicos de categoria Internacional.
E2	ÁREAS DE BAIXO BRILHO: Zonas rurais,
E3	ÁREAS DE BRILHO MÉDIO: Zonas urbanas residenciais,
E4	ÁREAS DE BRILHO ELEVADO: Centros urbanos com atividade noturna acentuada.

Tabela 1

Classificação de zonas	Fluxo Hemisfério Superior instalado FHS _{inst} (%)
E1	0
E2	0-5
E3	0-15
E4	0-25

Tabela 2

Classificação de zonas	Índice de Zona da distância das áreas circundantes (km) até ao limite das zonas de arredores		
	E1 – E2	E2 – E3	E3 – E4
E1	1	10	100
E2	-	1	10
E3	-	-	1
E4	Sem limites		

Tabela 3

Por outro lado, a poluição da luz num ponto de determinada zona específica (o “ponto de referência”, como por exemplo um observatório, parque natural ou outra) será determinada não só pela iluminação nessa zona mas também pelo impacto da iluminação em zonas vizinhas, assim como pela dimensão dessas zonas.

A influência da iluminação nas zonas vizinhas sobre o brilho de céu global no lugar de referência (ponto de referência), depende da distância entre as fronteiras da zona e o ponto de referência.

Neste sentido existe uma terceira tabela onde se recomendam valores para a distância mínima entre a fronteira de uma zona e o ponto de referência.

Esta distância é crítica para o tamanho restritivo de zonas diferentes em redor de um lugar com um índice de zona específico, este será determinado pela direção mais desfavorável em relação às fontes do brilho de céu.

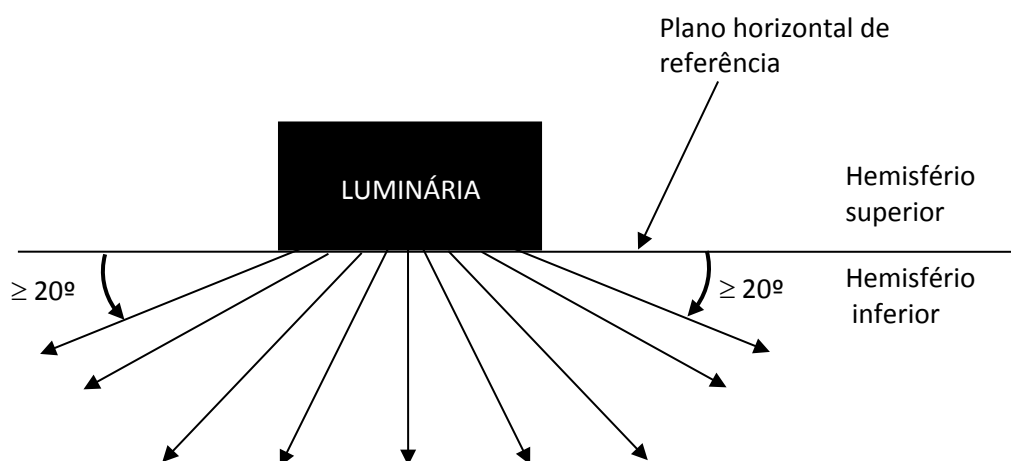
Os valores apresentados na tabela 3 resultam de experiências no terreno. Sugere-se uma avaliação posterior, caso a caso.



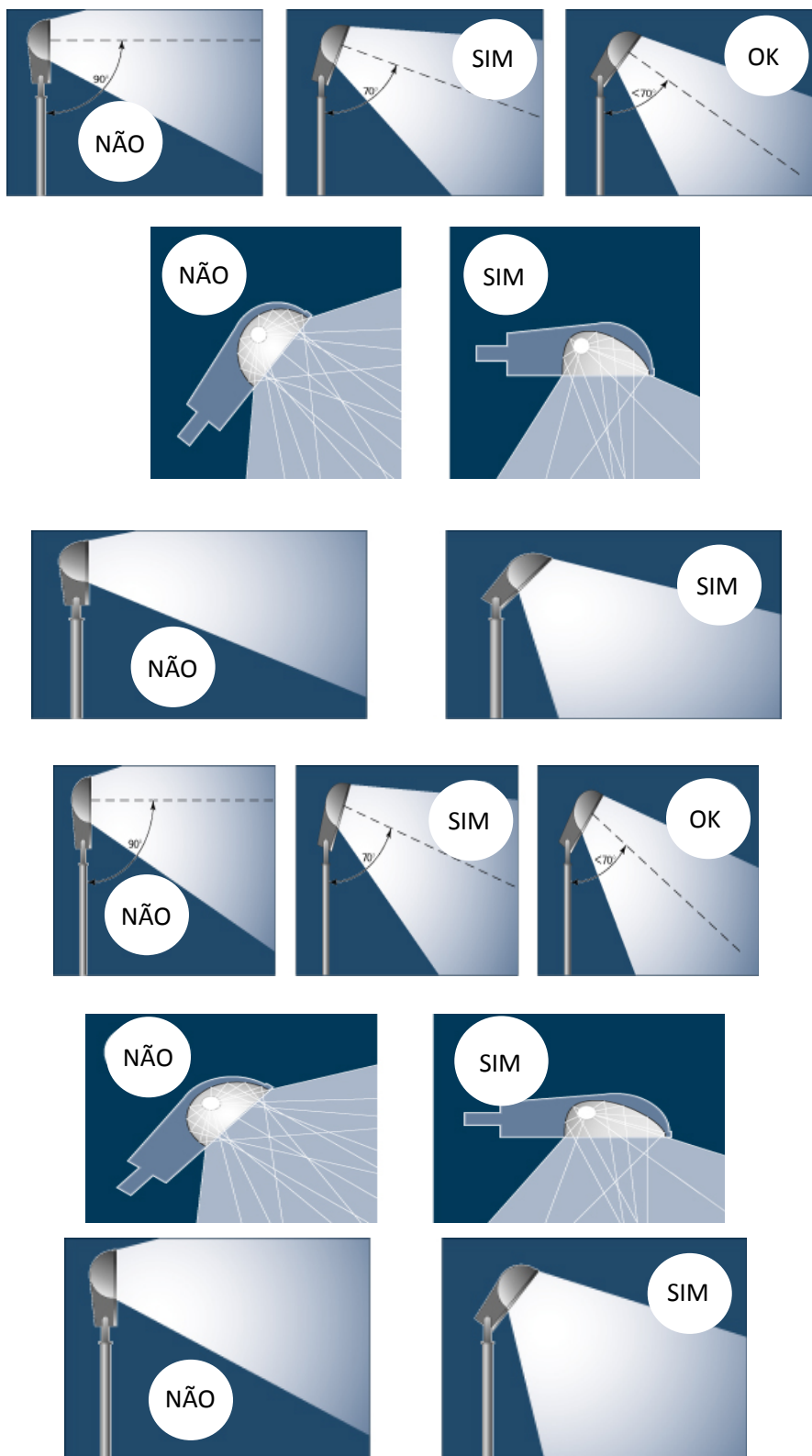
Imagens do aspeto do céu no mesmo local, durante e após o apagão ocorrido na Costa Este dos EUA em 2003 (Todd Carlson)

RECOMENDAÇÕES PARA REDUZIR A POLUIÇÃO LUMINOSA

- 1- Reduzir a emissão de luz direta para o céu e em ângulos perto da horizontal.
- 2- Evitar excessos nos níveis de iluminação.
- 3- Não utilizar lâmpadas com radiações inferiores aos 500 nanómetros.
- 4- Projetar as instalações potenciando ao máximo o fator de utilização.
- 5- Controlar na iluminação arquitetural a orientação e a potência de luz de modo a evitar luz dispersa para fora da fachada e ângulos de reflexão não orientados para zonas de observação.
- 6- A partir de determinada hora, desligar todas e quaisquer instalações que não contribua para a segurança do utilizador.
- 7- Evitar a utilização de canhões de luz ou lasers com fins publicitários, recreativos ou culturais.
- 8- Criar legislação nacional para homologação de luminárias, fontes e estabelecer critérios técnicos de projeto para áreas críticas do ponto vista ambiental como podem ser rede natura, zonas próximas de observatórios e parques naturais.



EXEMPLOS DE BOAS PRÁTICAS DE PROJETO

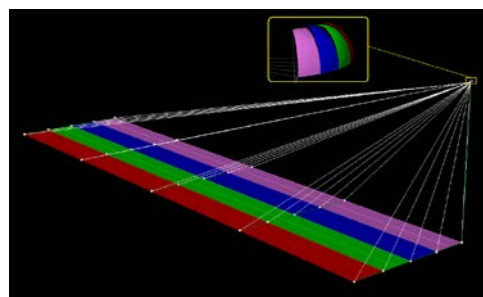
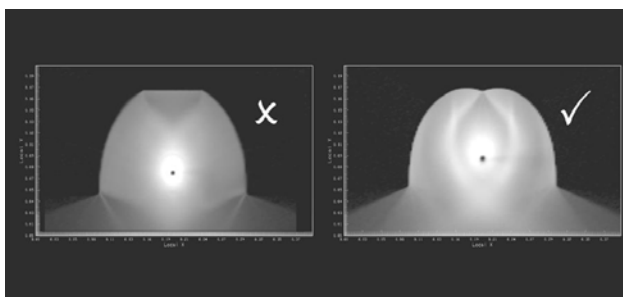
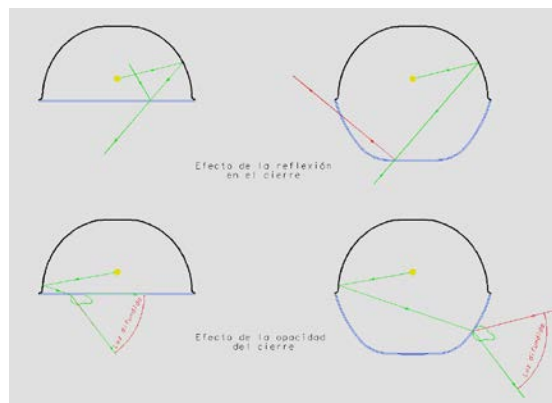
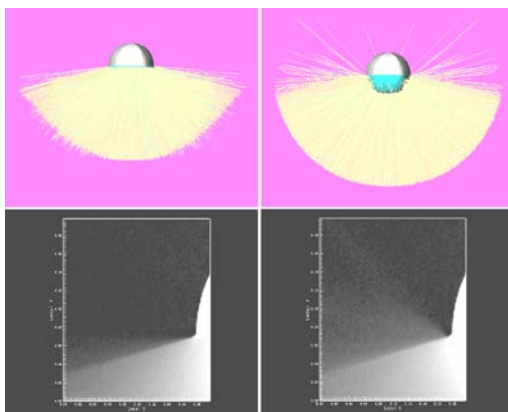


CRITÉRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE UMA NOVA LUMINÁRIA PARA ILUMINAÇÃO EXTERIOR. ACESSÓRIOS.

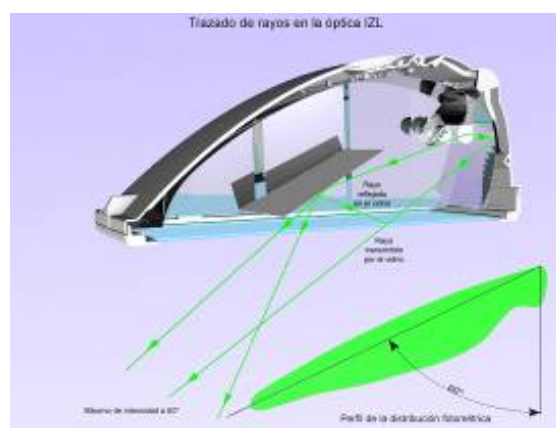
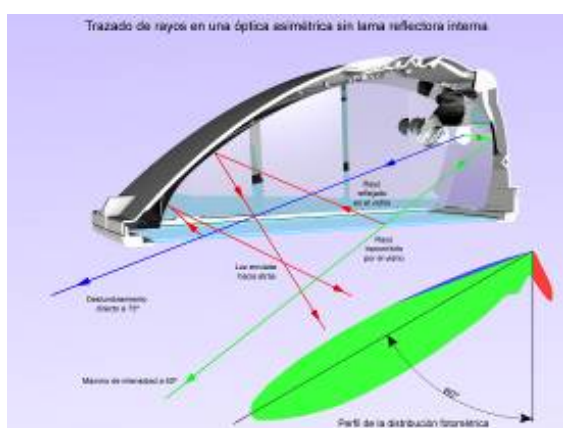
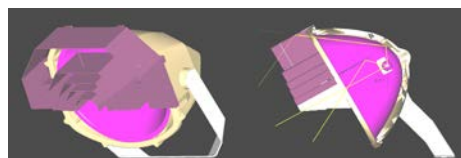
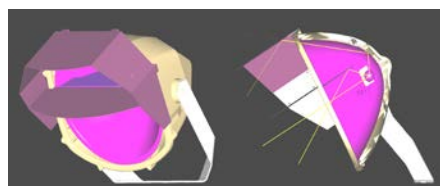
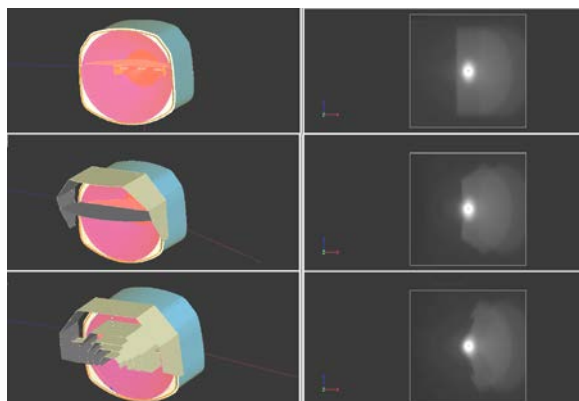
Na fase de desenvolvimento de uma luminária e concretamente um sistema ótico, devemos ter em consideração ações sobre:

- Refletores, para conseguir um maior rendimento, evitando que a luz refletida por estes volte a passar por zonas translúcidas ou difusoras. Com esta atuação conseguiremos incrementar o rendimento do refletor e assim evitar a elevação de tensão de arco da lâmpada, o que iria reduzir a vida útil desta.
- Refletores ou lentes desenhados para a utilização de lâmpadas de emissão pontual ou fontes (LEDs), de elevada relação lúmen/watt, que controlem a emissão de luz para áreas fora da zona de interesse. A utilização de difusores é contra indicada.
- Protetores do sistema ótico, planos ou policurvados de vidro, para evitar o depósito de impurezas na face exterior e a emissão de fluxo por reflexão para o hemisfério superior. Estes protetores deverão ter elevada transmitância que mantenha as suas propriedades ao longo da sua vida, sem que sejam afetados pelas emissões UVs.

Crítérios aplicados a refletores



Crítérios aplicados a projetores e acessórios



A utilização de lâminas internas permite a redução de encandeamento direto, a eliminação de energia em ângulos que produzem a poluição luminosa, energia emitida em direções não desejadas, etc. Numa palavra, aumento da eficiência energética da luminária.

A utilização de lâminas anti-encandeantes exteriores deve limitar-se ao caso de impossibilidade de controlo luminoso mediante desenvolvimento de refletores para otimização da instalação. ⁽⁷⁾

(7) Portugal deveria ter um organismo que certificasse luminárias cumpram estes critérios e apenas estas deveriam poder ser instaladas em zonas consideradas críticas, como as classificadas como zonas E1 (pág. 25).

CASE STUDY 1

Neste primeiro exemplo de simulação, vamos analisar um dos casos que mais contribuem para a poluição luminosa, em todas as suas vertentes, com um desperdício em energia. Falamos na utilização de globos, muito utilizados anteriormente nas nossas cidades, mais concretamente em zonas pedonais, jardins e algumas urbanizações.

Felizmente, este tipo de luminárias já não se aplica mas ainda existem na rede centenas de milhares destes aparelhos, opalinos ou transparentes, com lâmpadas de vapor de sódio alta pressão e alguns com lâmpadas de vapor de mercúrio alta pressão. O problema destes aparelhos é que emitem mais de 50% do seu fluxo luminoso para o hemisfério superior, sem nenhum controlo fotométrico (no cut off) e, portanto, com um contributo importante para a poluição luminosa.

Este fenómeno não se esgota só nos globos mas sim em todas as luminárias no cut off, como podem ser os antigos “nabos”, lanternas clássicas sem controlo fotométrico, apliques de parede, etc.

O caso apresentado consiste em avaliar uma instalação com os globos transparentes com protetor de lâmpada de vapor de sódio alta pressão de 100 W, com lamelas de alumínio abrilhantado, simulando os cálculos luminotécnicos para uma utilização real. Incluímos nos cálculos luminotécnicos uma variante, simulando uma caixa de acordo com os parâmetros referidos no capítulo Cálculo da poluição luminosa quanto à luz intrusiva e brilho do céu (pág. 13), deste manual, para detetar os níveis num plano horizontal e a uma determinada altura igual para todas as simulações, referentes à mesma zona.



Instalação com globos

Mais à frente demonstramos que usando uma luminária em forma de globo mas em que a calote superior é em alumínio e que esconde um refletor que imite a quase totalidade para o hemisfério inferior a 360º, neste caso semi-cut off e para as mesmas alturas e interdistâncias, se conseguirão importantes melhorias.

Como se pode ver nos quadros, os ganhos são evidentes na redução da poluição luminosa, com uma melhoria ligeira no fator de intensidade luminosa e nos níveis luminotécnicos.

Para finalizar, simulamos com uma luminária esteticamente diferente mas com tecnologia LED, considerando as mesmas variáveis. Os ganhos são absolutamente avassaladores no consumo, níveis luminotécnicos (para a solução atual) e poluição luminosa com especial ênfase no conforto visual e encandeamento nas duas vertentes (Capítulo 7 da EN 13201-2) fundamental em zonas de forte utilização pedonal.

É importante referir que o projetista pode optar, na tecnologia LED, por lentes com “backshield”, reduzindo a dispersão de luz para fora da zona pedonal e limitando assim os impactos nos ecossistemas existentes nessas zonas. No entanto, deverá ter em conta que tal solução poderá reduzir a perceção de segurança dos peões ao apenas estarem iluminadas as zonas de circulação pedonal.

De seguida apresentamos um resumo dos cálculos e quadro comparativo entre as 3 soluções.

GLOBO POLICARBONATO / Dados de planeamento

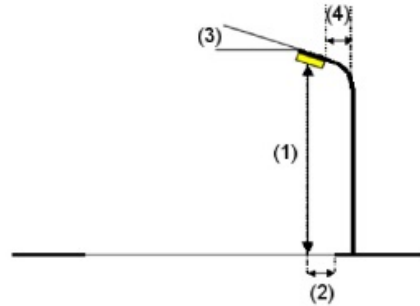
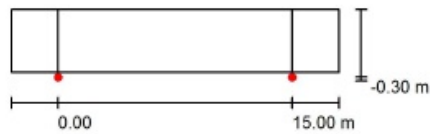
Perfil da rua

Passeio 1

(Largura: 4.000 m)

Factor de manutenção: 0.57

Distribuições de luminárias



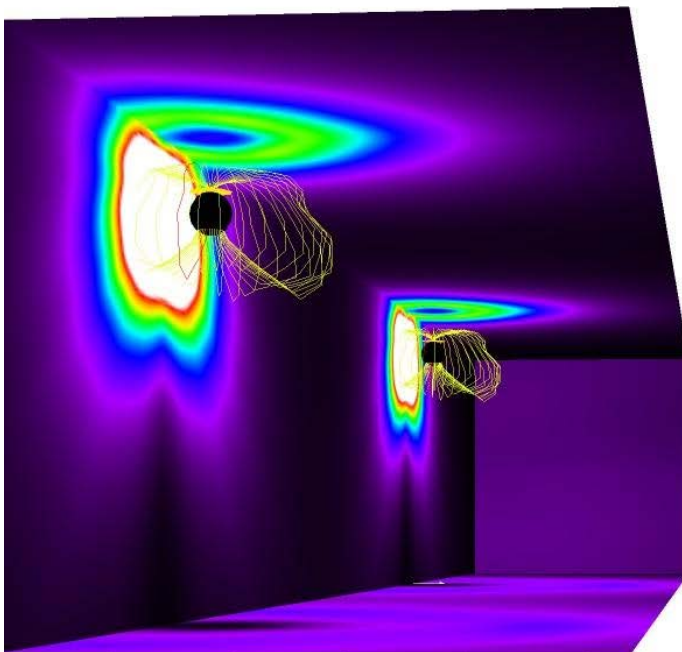
Luminária: INDAL 010239s IJX-1M1LALM
 Corrente luminosa (Luminária): 6470 lm
 Corrente luminosa (Lâmpadas): 10700 lm
 Potência luminosa: 100.0 W
 Distribuição: de um lado embaixo
 Distância entre postes: 15.000 m
 Altura de montagem (1): 4.000 m
 Altura do ponto de luz: 4.450 m
 Pendor (2): -0.300 m
 Inclinação do braço extensor (3): 0.0 °
 Comprimento do braço extensor (4): 0.000 m

Valor máximo da potência luminosa
 a 70°: 88 cd/klm
 a 80°: 70 cd/klm
 a 90°: 62 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

Simulação Método Caixa à altura de 5 metros



GLOBO CAPOTA EM ALUMINIO / Dados de planeamento

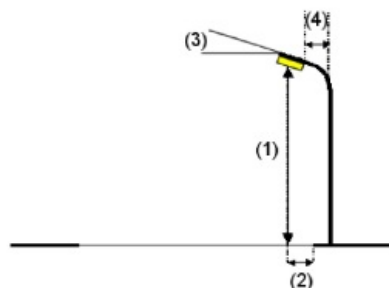
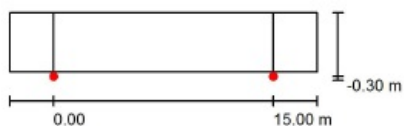
Perfil da rua

Passeio 1

(Largura: 4.000 m)

Factor de manutenção: 0.50

Distribuições de luminárias



Luminária: INDAL 6011103s IJP-1(E-anod)

Corrente luminosa (Luminária): 8052 lm

Corrente luminosa (Lâmpadas): 10700 lm

Potência luminosa: 100.0 W

Distribuição: de um lado embaixo

Distância entre postes: 15.000 m

Altura de montagem (1): 4.000 m

Altura do ponto de luz: 4.620 m

Pendulo (2): -0.300 m

Inclinação do braço extensor (3): 0.0 °

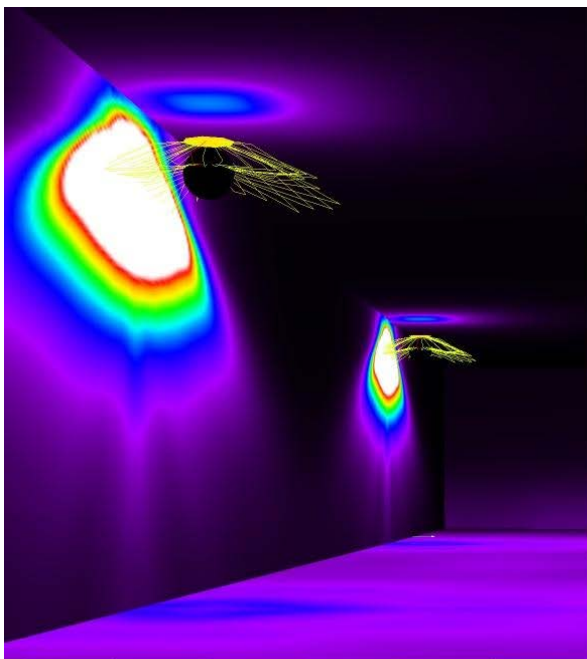
Comprimento do braço extensor (4): 0.000 m

Valor máximo da potência luminosa
a 70°: 336 cd/klm
a 80°: 153 cd/klm
a 90°: 20 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

Simulação Método Caixa à altura de 5 metros

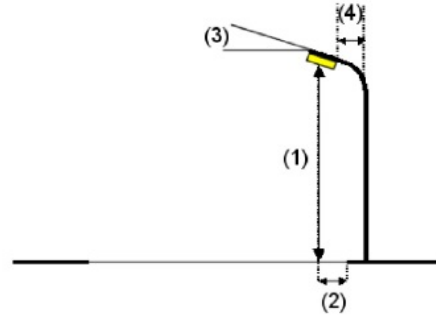
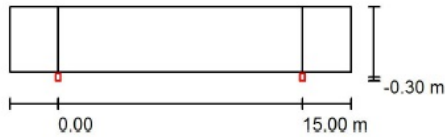


Perfil da rua

Passeio 1 (Largura: 4.000 m)

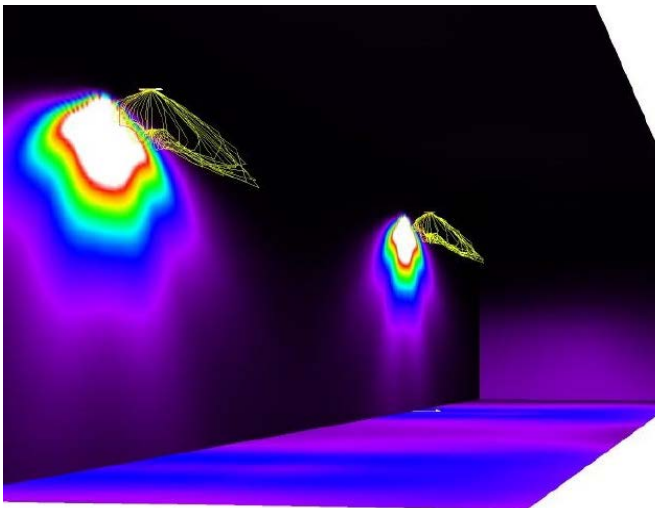
Factor de manutenção: 0.70

Distribuições de luminárias



Luminária:	RUUD LXSTS 02E** Edge Street TS 20Led	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Luminária):	2302 lm	a 70°: 342 cd/klm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	2983 lm	a 80°: 75 cd/klm
Potência luminosa:	25.0 W	a 90°: 0.00 cd/klm
Distribuição:	de um lado embaixo	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.
Distância entre postes:	15.000 m	Sem potência luminosa acima de 90°.
Altura de montagem (1):	4.000 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G6.
Altura do ponto de luz:	3.900 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.
Pendor (2):	-0.300 m	
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	
Comprimento do braço extensor (4):	0.000 m	

Simulação Método Caixa à altura de 5 metros



CONSUMO ENERGÉTICO		
	Equipamento Ferromagnético	Tecnologia LED, 20 LEDs(350ma)
LUMINÁRIAS DE 100 W		
POTÊNCIA INSTALADA (W)	100	
CONSUMO REAL A NÍVEL MÁXIMO (W)	118,0	
LUMINÁRIAS EDGE STREET 20 LEDS		
POTÊNCIA INSTALADA (W)		25
CONSUMO REAL A NÍVEL MÁXIMO (W)		25
HORAS DE FUNCIONAMENTO		
Nº HORAS ANO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA ACESA	4.339	4.339
HORAS ANO EM POTÊNCIA MÁXIMA	4.339	4.339
CONSUMOS ANUAIS		
CONSUMO ANO LUMINÁRIA DE 100 W (kWh)	503,3	0,0
CONSUMO ANO LUMINÁRIA EDGE STREET 20 LEDS (kWh)	0,0	108,5
CUSTO ENERGIA		
CUSTO kWh (EUROS)	0,1300 €	0,1300 €
EMISSÃO CO ₂ KWATT PRODUZIDO (kg CO ₂ /kW)	0,42	0,42
QUANTIDADE TOTAL DE LUMINÁRIAS		
QUANTIDADE TOTAL DE LUMINÁRIAS DE 100 W	10	0
QUANTIDADE TOTAL DE LUMINÁRIAS EDGE STREET 20 LEDS	0	10
CONSUMO TOTAL ANUAL (kWh)	5.033,2	1.084,8
FACTURA TOTAL ANUAL (EUROS)	654,32 €	141,02 €
EMISSÃO ANUAL DE CO ₂ (TONELADAS CO ₂)	2,11	0,46
REDUÇÃO CUSTOS ANUAL (EUROS)	513,30 €	
REDUÇÃO ANUAL EMISSÕES CO ₂ (TON CO ₂)	1,66	

Estudo Comparativo Jardim									
	Potência (W)	Fator de Manutenção*	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin/Em	Emin/Emax	índice G	índice D
GLOBO POLICARBONATO	100	0,9x0,89x0,71=0,57	9,9	6,42	14	0,65	0,457	NC	D6
GLOBO CAPOTA EM ALUMÍNIO	100	0,9x0,89x0,71=0,57	11	9,44	13	0,85	0,723	G1	D6
LED	25	0,95x0,95x0,81=0,73	12	7,7	18	0,62	0,435	G6	D6

Fator de Manutenção de Acordo com o DREEIP

*Fm=FMLL X FSL X FML

Estudo Comparativo Jardim - Valores no método caixa à altura de 5 m								
	Potência (W)	Fator de Manutenção*	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin/Em	Emin/Emax	
GLOBO POLICARBONATO	100	0,9x0,89x0,71=0,57	7,43	0,87	46	0,118	0,019	
GLOBO CAPOTA EM ALUMÍNIO	100	0,9x0,89x0,71=0,57	2,03	0,45	25	0,219	0,018	
LED	25	0,95x0,95x0,81=0,73	0,28	0,23	0,32	0,831	0,719	

Fator de Manutenção de Acordo com o DREEIP

*Fm=FMLL X FSL X FML

CASE STUDY 2

Para este segundo caso, pretendemos demonstrar uma situação de iluminação viária, comparando luminárias cut off, consideradas normalmente de uso corrente, com difusor em policarbonato, com uma luminária com protetor de vidro, neste caso policurvado (mais eficaz do que os vidros planos), e finalmente uma luminária full cut off de tecnologia LED.

Pretende-se demonstrar as melhorias na poluição luminosa, agora nas três vertentes, pois inclui-se a de luz intrusiva através de um maior rigor fotométrico e uma melhoria na dispersão de luz para o hemisfério superior.

Os resultados para a tecnologia LED podem ser mais otimizados se utilizarmos lentes com “backshield”.



Instalação com luminárias LED com temperatura de cor não superior a 4000 K

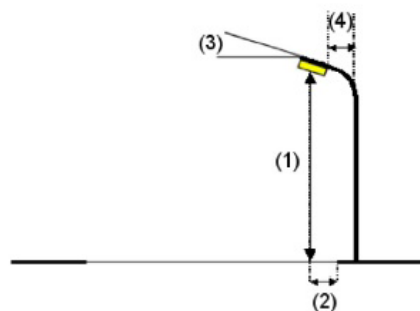
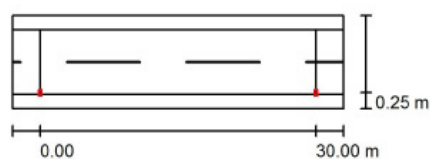
Zona Residencial IP65 Policarbonato / Dados de planeamento

Perfil da rua

Passeio 2	(Largura: 1.500 m)
Pista de rodagem 1	(Largura: 7.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Passeio 1	(Largura: 1.500 m)

Factor de manutenção: 0.61

Distribuições de luminárias



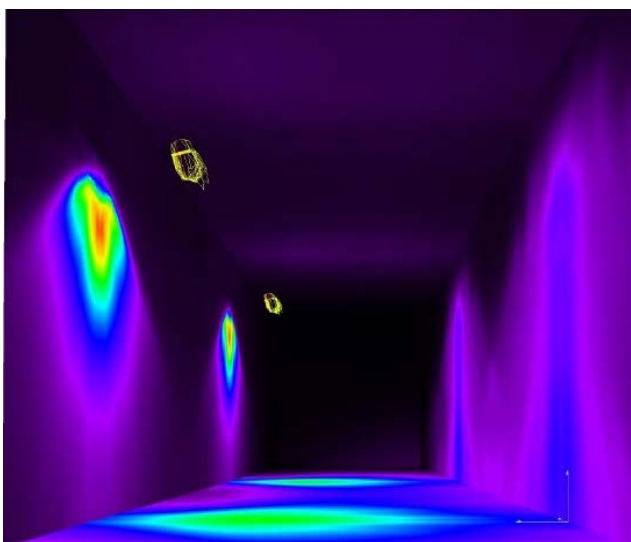
Luminária:	INDAL 010729s IVA1-PT
Corrente luminosa (Luminária):	12776 lm
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm
Potência luminosa:	150.0 W
Distribuição:	de um lado embaixo
Distância entre postes:	30.000 m
Altura de montagem (1):	8.000 m
Altura do ponto de luz:	8.213 m
Pendor (2):	0.193 m
Inclinação do braço extensor (3):	15.0 °
Comprimento do braço extensor (4):	0.750 m

Valor máximo da potência luminosa	
a 70°:	351 cd/klm
a 80°:	162 cd/klm
a 90°:	34 cd/klm

Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o ângulo dado com as verticais inferiores.

A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G1.
A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento D.6.

Simulação Método Caixa à altura de 8 metros



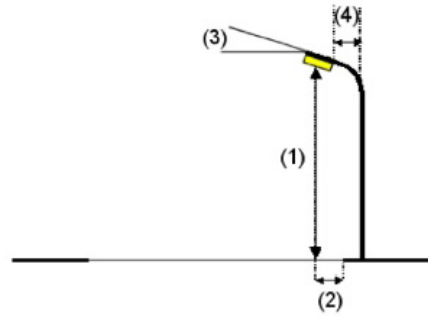
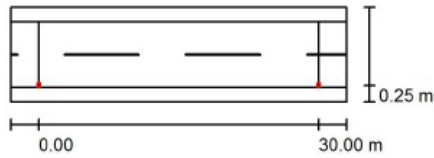
Zona Residencial IP66 Vidro / Dados de planeamento

Perfil da rua

Passeio 2	(Largura: 1.500 m)
Pista de rodagem 1	(Largura: 7.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
Passeio 1	(Largura: 1.500 m)

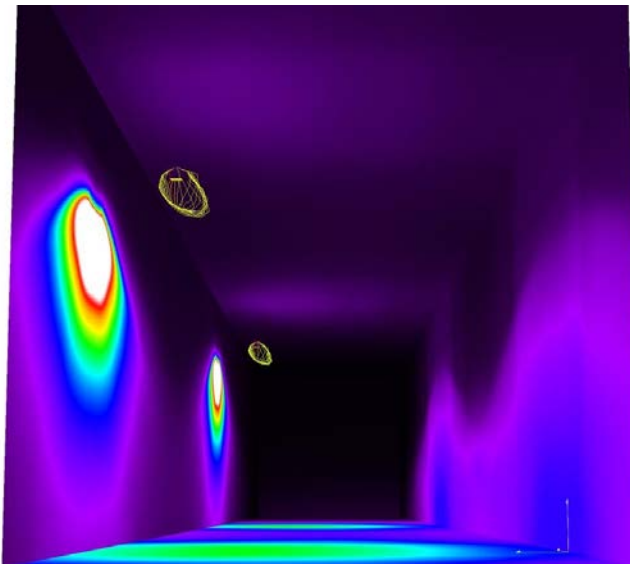
Factor de manutenção: 0.70

Distribuições de luminárias



Luminária:	INDAL 8062503s Vital-VS (D2)	
Corrente luminosa (Luminária):	13114 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	17500 lm	a 70°: 322 cd/klm
Potência luminosa:	150.0 W	a 80°: 40 cd/klm
Distribuição:	de um lado embaixo	a 90°: 2.40 cd/klm
Distância entre postes:	30.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o
Altura de montagem (1):	8.000 m	ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura do ponto de luz:	8.250 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G3.
Pendor (2):	0.250 m	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	D.6.
Comprimento do braço extensor (4):	0.750 m	

Simulação Método Caixa à altura de 8 metros



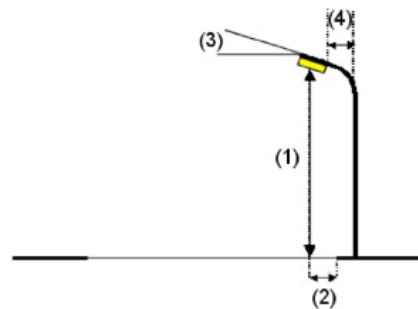
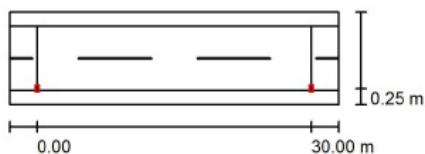
Zona Residencial LED / Dados de planeamento

Perfil da rua

Passeio 2 (Largura: 1.500 m)
 Pista de rodagem 1 (Largura: 7.000 m, Quantidade das faixas de rodagem: 2, Pavimento: R3, q0: 0.070)
 Passeio 1 (Largura: 1.500 m)

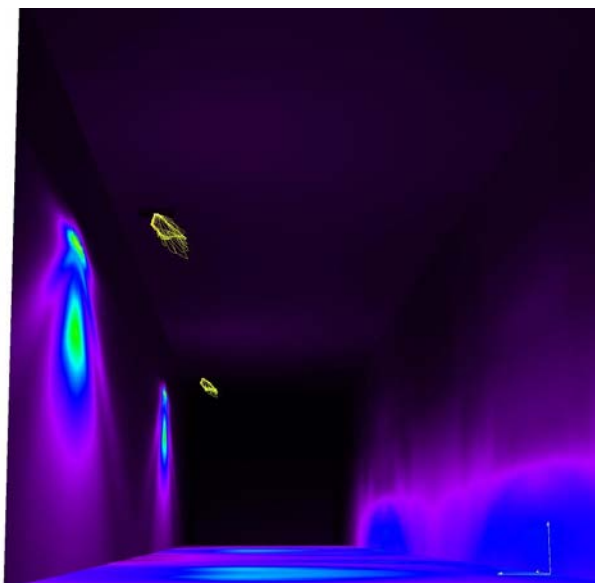
Factor de manutenção: 0.73

Distribuições de luminárias



Luminária:	CREE XSPA22H#+U** XSP, 2 optic, Double Module 4K	
Corrente luminosa (Luminária):	8674 lm	Valor máximo da potência luminosa
Corrente luminosa (Lâmpadas):	9719 lm	a 70°: 420 cd/klm
Potência luminosa:	92.0 W	a 80°: 55 cd/klm
Distribuição:	de um lado embaixo	a 90°: 0.00 cd/klm
Distância entre postes:	30.000 m	Em todas as direcções que, em uma luminária correctamente instalada, formam o
Altura de montagem (1):	8.000 m	ângulo dado com as verticais inferiores.
Altura do ponto de luz:	7.900 m	Sem potência luminosa acima de 95°.
Pendor (2):	0.250 m	A distribuição cumpre a classe de potência luminosa G4.
Inclinação do braço extensor (3):	0.0 °	A distribuição cumpre a classe de índice de ofuscamento
Comprimento do braço extensor (4):	0.750 m	D.6.

Simulação Método Caixa à altura de 8 metros



CONSUMO ENERGÉTICO	
Equipamento Ferromagnético	Tecnologia LED

LUMINÁRIAS DE 150 W

POTÊNCIA INSTALADA (W)	150	
CONSUMO REAL A NÍVEL MÁXIMO (W)	170,0	

LUMINÁRIAS LED XSP 2

POTÊNCIA INSTALADA (W)		92
CONSUMO REAL A NÍVEL MÁXIMO (W)		92

HORAS DE FUNCIONAMENTO

Nº HORAS ANO DE ILUMINAÇÃO PÚBLICA ACESA	4.339	4.339
HORAS ANO EM POTÊNCIA MÁXIMA	4.339	4.339

CONSUMOS ANUAIS

CONSUMO ANO LUMINÁRIA DE 150 W (kWh)	737,6	0,0
--------------------------------------	-------	-----

CONSUMO ANO LUMINÁRIA LED XSP 2 (kWh)	0,0	399,2
---------------------------------------	-----	-------

CUSTO ENERGIA

CUSTO Kw/h (EUROS)	0,1300 €	0,1300 €
EMISSÃO CO2 KWATT PRODUZIDO (kg CO ₂ /kW)	0,42	0,42

QUANTIDADE TOTAL DE LUMINÁRIAS

QUANTIDADE TOTAL DE LUMINÁRIAS DE 150 W	10	0
QUANTIDADE TOTAL DE LUMINÁRIAS LED XSP 2	0	10

CONSUMO TOTAL ANUAL (kWh)	7.376,3	3.991,9
---------------------------	---------	---------

FACTURA TOTAL ANUAL (EUROS)	958,92 €	518,94 €
-----------------------------	----------	----------

EMISSÃO ANUAL DE CO2 (TONELADAS CO ₂)	3,10	1,68
---	------	------

REDUÇÃO CUSTOS ANUAL (EUROS)	439,97 €	
------------------------------	----------	--

REDUÇÃO ANUAL EMISSÕES CO2 (TON CO ₂)	1,42	
---	------	--

Estudo Comparativo Zona Residencial									
	Potência (W)	Fator de Manutenção*	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin/Em	Emin/Emax	índice G	índice D
VIÁRIA IP65 POLICARBONATO	150	0,9x0,89x0,76=0,61	19	7,93	41	0,42	0,192	G1	D6
VIÁRIA IP 66 VIDRO	150	0,9x0,89x0,88=0,70	19	10	36	0,54	0,29	G3	D6
LED	92	0,95x0,95x0,81=0,73	15	8,23	25	0,55	0,328	G4	D6

Fator de Manutenção de Acordo com o DREEIP

*Fm=FMLL X FSL X FML

Estudo Comparativo Zona Residencial - Valores no método caixa à altura de 8 m									
	Potência (W)	Superfícies	Fator de Manutenção*	Em [lx]	Emin [lx]	Emax [lx]	Emin/Em	Emin/Emax	
VIÁRIA IP65 POLICARBONATO	150	Tecto	0,9x0,89x0,76=0,61	1,77	1,21	2,43	0,685	0,499	
		Parede Trás		6,17	1,05	67	0,17	0,016	
		Parede Frente		7,08	0,87	17	0,122	0,05	
VIÁRIA IP 66 VIDRO	150	Tecto	0,9x0,89x0,88=0,70	2,31	1,44	4,16	0,623	0,346	
		Parede Trás		11	0,98	157	0,085	0,006	
		Parede Frente		6,87	1,38	17	0,201	0,083	
LED	92	Tecto	0,95x0,95x0,81=0,73	1,28	1,05	1,62	0,822	0,65	
		Parede Trás		4,83	0,65	54	0,135	0,012	
		Parede Frente		5,17	0,69	20	0,133	0,034	

Fator de Manutenção de Acordo com o DREEIP

*Fm=FMLL X FSL X FML

OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Sobre poluição luminosa e impacto astronómico

Guilherme de Almeida — "**Roteiro do Céu**", Plátano Editora, Lisboa, 5.ª Edição, 2010.
<http://www.platanoeditora.pt/index.php?q=C/BOOKSSHOW/17>

Guilherme de Almeida e Pedro Ré — "**Observar o Céu Profundo**", Plátano Editora, Lisboa, 2.ª Edição, 2004. <http://www.platanoeditora.pt/index.php?q=C/BOOKSSHOW/18>

Guilherme de Almeida — "**Efeitos da poluição luminosa no espectáculo do céu nocturno**"
http://www.darkskyalqueva.com/uploads/O%20c%C3%A9u%20nocturno%20e%20a%20PL_AL_QUEVA.pdf

<http://www.britastro.org/dark-skies/simulator.html>

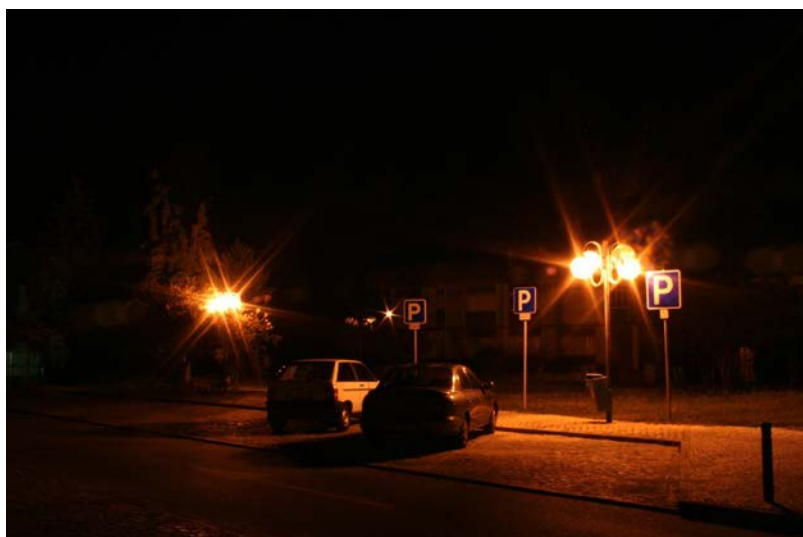
Sobre o conceito de magnitude

Guilherme de Almeida — **Norman Robert Pogson e a Escala de Magnitudes Estelares**, páginas 23 a 29 do link http://apaa.co.pt/Rev40/revista40_FINAL.pdf

Guilherme de Almeida — **Magnitude Visual Aparente de um Astro**, páginas 9 a 11 do link http://apaa.co.pt/Rev41/revista41_web.pdf

Guilherme de Almeida — **O Brilho das Estrelas e as Magnitudes Combinadas**, páginas 5 a 9 do link http://apaa.co.pt/Rev42/REVISTA_42_APAA.pdf

EXEMPLOS DE POLUIÇÃO LUMINOSA



GRUPO DE TRABALHO

Este grupo de trabalho foi constituído por:

Engº Luís Duarte

Prof. Guilherme de Almeida

Engº Alberto Van Zeller

**O CPI É UMA ASSOCIAÇÃO PARA A PROMOÇÃO E DESENVOLVIMENTO DA
LUMINOTÉCNIA E DO DESIGN DA ILUMINAÇÃO, BEM COMO DA
DIVULGAÇÃO DE BOAS PRÁTICAS DO USO DA LUZ**

www.cpi-luz.pt