

RELATÓRIO PRELIMINAR DA ILUMINAÇÃO DA ALDEIA DA CUMEADA, REGUENGOS DE MONSARAZ E SUGESTÕES DE MELHORAMENTO

Raul Cerveira Lima, PhD
Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto (ESS|PPorto)
Centro de Investigação da Terra e do Espaço da Universidade de Coimbra (CITEUC)

Resumo

Efectuou-se uma análise preliminar da iluminação pública implementada em 2016 na Cumeada (Reguengos de Monsaraz, Évora). Essa análise revelou uma iluminação muito desadequada, quer no tipo quer na quantidade de luz utilizada. Tratando-se de uma reserva de céu escuro – com classificação atribuída por um organismo internacional – e de um local onde se encontram as instalações de um observatório astronómico, sugere-se a adopção de medidas simples mas eficazes de preservação do céu nocturno local e regional. Tais medidas passam pela substituição da iluminação actual por iluminação LED com características espectrais muito distintas das actuais (pc-âmbar ou âmbar), permitindo-se dessa forma aliar o bem-estar de residentes e visitantes com os requisitos mínimos para que possam ser efectuadas observações astronómicas de qualidade e mantido o estatuto de reserva de céu escuro.

1. Introdução

Os níveis de iluminação pública ou de exterior utilizados em Portugal encontram-se, normalmente, muito acima dos valores recomendados ou utilizados noutros países, sejam europeus sejam noutros continentes. A exposição permanente a níveis de luz à noite elevados – mudança na paisagem nocturna com origem há apenas algumas décadas – terá originado, por um lado, um fenómeno de habituação da população a níveis de luz excessivos e, por isso, supérfluos. Por outro lado, impediu que as gerações mais novas pudessem conhecer outras possibilidades de iluminação e de nunca terem tido a oportunidade de usufruir de um céu de qualidade. Dada essa habituação a níveis exagerados de luz, associado também a um consumo excessivo de energia, talvez surpreenda uma franja importante da população a constatação de que a quantidade de luz suficiente para a realização de actividades normais à noite (circulação pedonal e rodoviária) é muito inferior àquela que hoje ilumina as nossas cidades, vilas, aldeias e mesmo locais isolados iluminados com a finalidade única de promover uma determinada estética ou ambiente ou por razões alegadamente de segurança criminal ou rodoviária.

A iluminação pública é um bem necessário nas sociedades modernas. Porém, os resultados da extensa investigação em torno dos diversos impactos da luz artificial à noite hoje conhecidos – ambientais, na astronomia (aumento do brilho difuso do céu) e mesmo, potencialmente, na saúde – sugerem uma ponderação cuidada que concilie os benefícios da iluminação com os prejuízos por ela causados. Não é demais referir que, na história da humanidade, os efeitos da luz à noite só se tornaram importantes a partir do final do século XIX, com o advento da lâmpada eléctrica, e que foi em crescendo até aos dias de hoje. Esse aumento não se explica apenas pelo crescimento populacional. Explica-se também pela maior eficiência de tecnologias de iluminação, por flutuações no custo da energia, pelo desconhecimento ou desvalorização do impacto da luz artificial à noite e consequentes opções erradas de iluminação e ainda pelo progressivo acesso à energia eléctrica de populações de regiões do planeta economicamente mais desfavorecidas. Porém, alguns autores defendem que, a estes factores, se sobrepôs a simples possibilidade de iluminar mais a baixo custo, sem que tenha havido qualquer evidência científica da existência de benefícios nesse aumento (Fotios & Gibbons 2018). Ou seja, ilumina-se mais porque é possível, mas não por efectiva necessidade. Independentemente das razões, é constatável que nunca na história da Terra a noite esteve tão iluminada como hoje, tendo o brilho do céu nocturno aumentado em média cerca de 2% por ano no período 2012–2016, mais ainda em Portugal no mesmo período (Kyba 2017). Todos estes dados, a que acresce a contribuição do consumo supérfluo de energia para as

alterações climáticas, sugerem a premência de reverter este crescimento e de encontrar um equilíbrio que não passe apenas pela eficiência energética mas sobretudo pela redução dos impactos e do consumo. O presente relatório está estruturado da seguinte forma: na secção 2 descreve-se o método de avaliação utilizado na análise preliminar da iluminação actual da aldeia da Cumeada e do seu impacto. Na secção 3 apresentam-se os resultados da primeira visita diurna e nocturna à aldeia da Cumeada e Observatório Astronómico. Na secção 4 discutem-se os resultados, apresentam-se soluções para melhoramento da iluminação e são sugeridos os próximos passos na metodologia de avaliação e melhoramento. Na secção 5 são apresentadas as conclusões do relatório.

2. Método

A primeira visita à aldeia de Cumeada (Reguengos de Monsaraz, Évora), local da sede da Reserva Dark Sky Alqueva e do Observatório da Cumeada (coordenadas GPS 38° 22' 01.73" N, 7° 30' 49.32" W, altitude 222 m), foi efectuada no dia e noite de 2 de fevereiro de 2019. A aldeia sofreu em 2016 uma intervenção na iluminação pública, tendo-se procedido à substituição das luminárias anteriores (lâmpadas de vapor de mercúrio¹) por iluminação LED branca, estando actualmente instaladas 74 luminárias Arquiled ARQUICITY R1. De acordo com dados do fabricante (ARQUILED 2016), a potência nominal máxima de cada luminária instalada é de 31 W, dispondo o sistema de um controlo de fluxo que permite a regulação entre 100% e 10% do fluxo máximo, por passos de 10%. Todos os pontos de luz foram georreferenciados e identificados os postes em que estava instalado mais do que uma luminária.

Realizou-se uma inspeção visual do céu à noite, no interior e nos limites da povoação, e uma recolha fotográfica de algumas das luminárias e ruas por elas iluminadas. Já em período de noite astronómica, fez-se ainda uma medição do brilho zenital do céu, num ponto próximo de Cumeada, com um fotómetro calibrado Sky Quality Meter (SQM-L), fabricado pela empresa canadiana Unihedron. Na altura da medição a Lua encontrava-se a dois dias da fase de Lua Nova mais de 5° abaixo horizonte, pelo que não exercendo qualquer tipo de influência no aumento do brilho do céu. A Via Láctea encontrava-se próxima do zénite, na altura da medição. As condições meteorológicas eram favoráveis, com céu totalmente limpo.

Percorreu-se toda a aldeia a pé para a georreferenciação e para avaliar, ponto a ponto, a interferência da iluminação com a observação do céu. Efectuou-se também uma inspeção visual e recolha fotográfica no terreno do Observatório da Cumeada. Procedeu-se, finalmente, a uma recolha fotográfica do céu nocturno no interior da aldeia e dos impactos da iluminação no terreno.

3. Resultados

A análise *in situ* por inspeção visual e fotográfica – sem recurso, nesta primeira fase dos trabalhos, à medição quantitativa dos fluxos e iluminância –, permitiu constatar o forte impacto negativo que a iluminação actual tem na observação e na qualidade do céu nocturno em particular no interior da localidade, estendendo-se este impacto a regiões vizinhas. No Apêndice apresentam-se imagens representativas obtidas no interior da aldeia da Cumeada, revelando a inadequação da iluminação actual. A análise de imagens Google StreetView (Figura 1) permite constatar que os resguardos da iluminação anterior eram do tipo *full cut-off*, design que evita a propagação da luz para cima e para os lados. As mesmas imagens revelam, porém, que a disposição das luminárias não era paralela ao solo, pelo que é razoável supor que, mesmo com esse design a iluminação proporcionaria a propagação da luz segundo a horizontal, com impacto não só local mas também à distância.

¹ Fonte da informação: ARQUILED – Case Study Cumeada. URL: https://www.arquiled.com/wp-content/uploads/2019/01/ARQUILED-CASE-STUDY-IP-CUMEADA-RESERVA-DARK-SKY®-ALQUEVA-2016_PT-P2020.pdf



Figura 1 Detalhe da aldeia de Cumeada ilustrando os candeeiros existentes antes da substituição por LED de 4000 K. Fonte: Google StreetView, data de captura da imagem: julho de 2014. Ver texto para explicação.

Constatou-se também que toda a aldeia está iluminada, desde zonas residenciais até caminhos de acesso entre a estrada EN255 e as entradas da aldeia (Figura 2). O troço da estrada EN255 entre as duas rotundas que limitam, a Norte e Sul, a aldeia de Cumeada está também iluminado com luminárias instaladas em postes no lado Oeste da estrada.

Procuraram-se, a pé, locais na aldeia onde fosse possível observar o céu nocturno sem interferência de iluminação pública. Não foi possível encontrar nenhum local que não se encontrasse afectado por algum tipo de luz da própria iluminação pública de Cumeada.

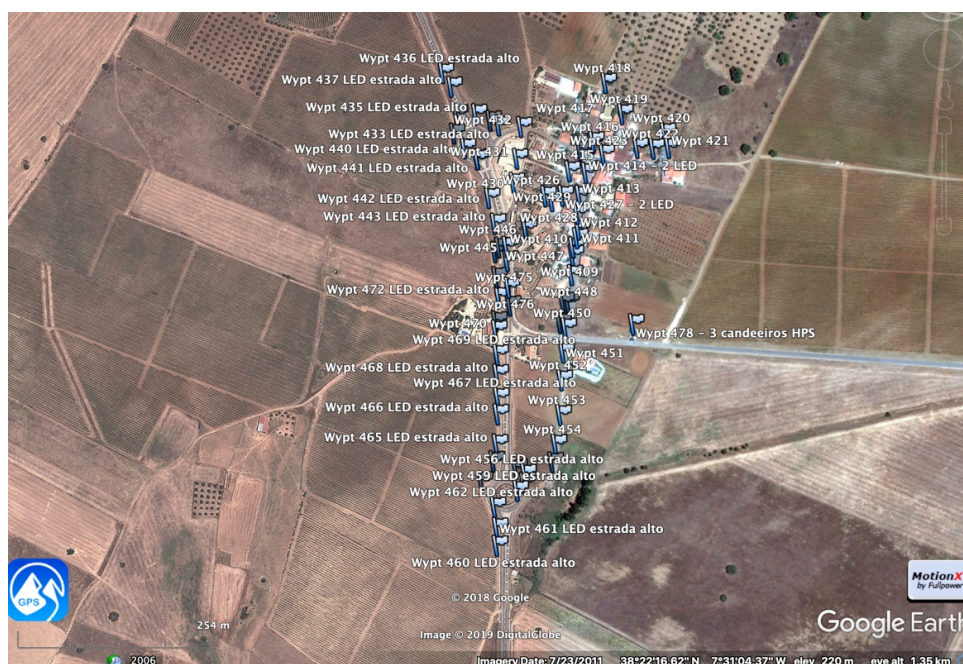


Figura 2 Georreferenciação e caracterização dos candeeiros de Cumeada.

Mesmo no terreno da sede da Reserva Dark Sky@ Alqueva, em particular no local do Observatório, é visível a luz de vários candeeiros e também o resultado da iluminação proveniente de outros. Na frente (Este) e na lateral (Sul) do edifício e terreno do Observatório encontram-se instaladas três luminárias, mais uma muito próxima, esta no cruzamento da estrada que liga Cumeada a Campinho (Figura 4). Saliente-se que o Observatório deveria, em circunstâncias ideais, estar livre de qualquer luz intrusiva (Figura 5). Na estrita necessidade de iluminar os acessos limítrofes, a escolha não deve recair em luz branca e o fluxo luminoso deve, em qualquer caso, ser minimizado.



Figura 3 Vista do interior do terreno do Observatório para Sul. A perturbação da iluminação pública é notória e incompatível com um observatório astronómico.



Figura 4 Luminárias LED de 4000 K instaladas no cruzamento que confina com o Observatório Astronómico.

Apesar de nesta primeira visita não se ter procedido à medição da iluminância, conforme acima referido, a inspeção visual permitiu constatar que a iluminação actual é excessiva, não permitindo a adaptação do olho a condições escotópicas nem, possivelmente, mesópicas. Como consequência, no interior da aldeia não é possível observar senão os astros mais brilhantes, resultado sobretudo de encandeamento, não surgindo o céu muito distinto daquele que pode ser observado numa cidade com forte poluição luminosa. Próximo de alguns candeeiros, a iluminação é tão intensa que nem as estrelas mais brilhantes conseguem observar-se. Este facto deve-se não só à altura dos postes (ver discussão adiante, secção 4) mas também ao tipo de iluminação e fluxo luminoso utilizados, suficientes para uma significativa redução do diâmetro pupilar do olho e limitando a entrada de luz dos objectos mais ténues, tornando-os invisíveis à vista desarmada.



Figura 5 Traseiras da sede da Reserva Dark Sky® Alqueva, junto ao local do Observatório. Constata-se a forte perturbação dos candeeiros que iluminam a estrada EN255, cuja altura faz com que incida luz directa nos observadores e telescópios.

Verificou-se também que as luminárias LED presentemente instaladas, apesar de terem um design *full cut-off*, não estão todas dispostas paralelamente ao solo, perdendo-se assim a vantagem que aquele design proporciona. O pequeno ângulo de inclinação de algumas delas, aparentemente com a finalidade de iluminar uma extensão de rua ou estrada maior, tem como consequência a dispersão da sua luz a distâncias superiores às desejáveis. Acresce que, nestas circunstâncias de ausência de paralelismo com o solo, o alcance dos fotões é tanto maior quanto maior for a altura do poste, contaminando regiões afastadas da aldeia.

Refira-se também que não foi possível obter medições do brilho zenital do céu em nenhum local do interior da povoação dado não ter sido possível encontrar-se um local onde a presença de candeeiros não interferisse com as medições². A medição zenital efectuada com o SQM-L às na 20h50' revelou um valor de $21.3 \pm 0.1 \text{ mag/arcsec}^2$ (SQM) na estrada para Campinho, a cerca de 1 km de Cumeada. O valor não é diferente do valor anteriormente encontrado no local (por exemplo, em 2011). De facto, salvo com iluminação com ULOR>0%, não seria de esperar a degradação da qualidade do céu no zénite com base numa concentração de luz de dimensão relativamente pequena como é o caso da Cumeada (inferior a 80

² Numa medição deste género não pode existir luz parasita a incidir no sensor.

luminárias). A esta escala (de pequenas povoações), o cone de luz proveniente da iluminação com luz LED branca é, porém, mais perturbador próximo do horizonte do que iluminação de tonalidade mais âmbar. A multiplicação destes focos de perturbação por várias localidades, algo que está a ocorrer em todo o país, irá inevitavelmente degradar a qualidade do céu em todo o território do continente e mesmo em regiões vizinhas (Bará & Lima 2018).

4. Discussão

Para uma eficaz redução dos impactos no céu e no ambiente da luz artificial proveniente de iluminação pública (ou outra), não é suficiente evitar a propagação da luz para cima ou para o lado das luminárias. A luz de um candeeiro, ao incidir no solo, é reflectida para cima e para os lados, provocando não só o aumento do brilho do céu mas a estimulação das células visuais do olho, contribuindo para a perda de adaptação ao escuro. Quanto maior o fluxo luminoso, maior será a reflexão e o conseqüente impacto. O fluxo luminoso deverá, assim, ser tão baixo quanto possível, sendo suficiente que permita que, ao caminhar, se detectem obstáculos ou irregularidades no solo.

4.1. A tecnologia LED e e poluição luminosa

A tecnologia LED tem sido anunciada, por fabricantes, distribuidores ou empresas luminotécnicas, como contribuindo para a redução da poluição luminosa. Porém, o único aspecto relevado é, nesses casos, a orientação da luz e o design da luminária, traduzido por um ULOR (Upper Light Output Ratio) de 0%, ou seja, a projecção da luz faz-se estritamente na vertical e para baixo, evitando assim a propagação de fótons para o lado e para cima, onde contribuem para o aumento do brilho difuso do céu quer localmente quer em regiões afastadas. Ressalve-se que, sendo efectivamente mais fácil encontrar-se essa característica nas luminárias LED, ela não é exclusiva dos LED e já existia em tecnologias anteriores.

Alguns tipos de LED (díodos emissores de luz) têm, em condições muito particulares que se enunciam em seguida, vantagens sobre a iluminação que vieram substituir. De entre elas, destacam-se:

- a facilidade em obterem-se ULOR de 0%;
- a possibilidade de gestão do fluxo, permitindo a redução do fluxo ou mesmo o desligamento das luminárias individualmente ou na totalidade. Esta característica permite não só proceder a uma redução da quantidade de luz no ambiente mas também obter uma poupança energética, por exemplo nos períodos da noite de menor actividade;
- uma eficácia luminosa³ um pouco superior a tecnologias anteriores, permitindo a mesma quantidade de luz que essas tecnologias com um menor consumo energético;
- uma anunciada maior longevidade.

No entanto, estas vantagens desaparecem e são sobrepostas por desvantagens se não se cumprirem, simultaneamente, alguns dos seguintes requisitos:

- fluxo luminoso tão baixo quanto possível;
- espectro com uma quantidade reduzida ou nula de comprimentos de onda curtos, algo que, com a tecnologia LED actual, só habitualmente se encontra em equipamentos com temperaturas correlacionadas de cor (CCT) inferior a 2400 K; todos os estudos científicos têm revelado impactos ou riscos muito menores quando se utilizam fontes com temperatura de cor "quente" (CCT baixos⁴, 1800 K a 2200 K, por exemplo), em todos os domínios de investigação (astronomia, ecossistemas, saúde);
- disposição das luminárias de modo a que o eixo de propagação do fluxo seja estritamente vertical para baixo;

³ Ainda conhecida como eficiência, expressa em lm/W.

⁴ Não sendo a melhor métrica para CCT elevados, pois a quantidade de azul no espectro não é dependente da CCT, para valores de CCT baixos (≤ 2400 K) esta referência é uma indicação razoável de que não existirão percentagens significativas de comprimentos de onda curtos.

- efectiva duração da iluminação quer porque o primeiro elemento a falhar não é, regra geral, o díodo emissor de luz mas sim as componentes electrónicas associadas, quer porque, dado ser uma tecnologia com poucos anos, poderão ser encontradas falhas de outro tipo que façam com que os LED não mantenham as características iniciais da altura em que foram instalados⁵.

Sem estes últimos requisitos cumpridos, os LED são ou poderão ser, efectivamente, causadores de maior poluição luminosa do que outras tecnologias.

Em 2016, aquando da instalação dos LED na Cumeada, já um conjunto significativo de impactos dos LED brancos eram conhecidos e encontravam-se divulgados não só em revistas científicas (e.g. Falchi et al. 2016; Bennie et al. 2014; Bennie et al. 2016; Rich & Longcore 2006; Longcore et al. 2016) mas também em publicações da especialidade e difundidos pela comunicação social. De facto, a instalação de LED brancos para iluminação no exterior tem sido, há vários anos, fortemente contestada pela comunidade científica – multidisciplinar e internacional –, a que a legislação ou regulamentação em diversos países [mais recente, França, Dezembro de 2018; (Gouvernement France 2018)] ou mesmo a recém-publicada recomendação europeia (GPP 2018) vêm, no seu seguimento, dar razão.

A análise em laboratório (Lima & Bará 2017) de um LED igual aos que estão instalados na Cumeada (Arquiled ARQUICITY R1) revelou uma temperatura de cor correlacionada (CCT) de 4069.5 K \pm 12.7 K, ligeiramente acima da anunciada, e o seu espectro revelou um pico de azul significativo, com potencial impacto relevante nos ecossistemas e no brilho do céu. Nessa mesma análise em laboratório, prévia a uma visita ao local, aludia-se também à inadequação dessa iluminação a uma reserva de céu escuro, face às características encontradas e independentemente do fluxo luminoso aplicado.

Ignorando momentaneamente os diversos impactos associados à luz branca, refira-se ainda que apesar de argumentos distintos que poderão passar por sensibilidades estéticas pessoais, torna-se cada vez mais unânime, mesmo entre a comunidade luminotécnica, que a tonalidade “fria” proporcionada pelos LED brancos de temperatura de cor elevada (CCT \geq 2700 K) não se adequa a zonas residenciais, quer por potenciais perturbações no ritmo circadiano e ecossistemas locais, quer por as temperaturas de cor quentes (âmbar, por exemplo) proporcionarem uma ambiência mais “intimista” e ajustada a uma sensação de conforto. Assim, nem mesmo os documentos técnicos de iluminação pública advogam hoje LED com CCT de 4000 K ou superiores para zonas residenciais, sugerindo esses documentos⁶ que não se ultrapassem os 3000 K. Estando a aldeia da Cumeada habitada, só esse facto desaconselharia a instalação de iluminação LED com CCT de 4000 K, conforme está agora.

Tal como em qualquer outro local em que sejam utilizadas fontes de luz contendo comprimentos de onda curtos – caso da luz branca, em particular LED branco –, na aldeia da Cumeada a iluminação branca tem um maior impacto na visualização a olho nu (Luginbuhl et al. 2014) ou com instrumentos ópticos do que teria iluminação com predominância de comprimentos de onda maiores ou, em alternativa, mais monocromática⁷. O olho humano é muito sensível em condições de baixa luminosidade (visão escotópica). Enquanto estimulado por iluminação forte, a capacidade de observar objectos ou astros de brilho pequeno reduz-se drasticamente, quer por encandeamento quer porque o diâmetro pupilar diminui por forma a compensar a entrada de luz. Depois da exposição a luz, para que o olho volte a conseguir visualizar objectos de brilho reduzido é necessário um período de adaptação que pode ser de muitos minutos. Com exposição a luz forte esse tempo de adaptação aumenta, podendo mesmo inviabilizar uma observação de qualidade no local, defraudando assim as expectativas de visitantes e limitando as potencialidades quer científicas quer recreativas do observatório.

A luz dos LED brancos provoca maior difusão, por dispersão de Rayleigh, do que luz de comprimentos de onda maior, caso da iluminação de vapor de sódio (baixa e alta pressão) e da iluminação LED âmbar e pc-âmbar. Assim, a perturbação para a observação astronómica é, desde logo, superior com luz branca. Por ter um espectro mais rico em comprimentos de onda (do azul ao vermelho), a luz dos LED brancos é

⁵ Tem sido encontrado um desvio cromático aleatório de várias fontes LED já com uns anos.

⁶ Apesar de recomendações científicas apontarem para a utilização de CCT inferiores a 3000 K em quaisquer instalações de luz no exterior.

⁷ Desde que comprimentos de onda elevados (laranja ou âmbar).

também mais difícil de filtrar para fins de observação e fotografia astronómica do que qualquer das outras tecnologias referidas.

Na realidade, contrariando o anunciado por alguns fabricantes ou distribuidores de iluminação LED branca, as medições revelam e os modelos de propagação da luz preveem um impacto no brilho do céu muito superior do LED branco face à luz da iluminação de vapor de sódio, mantendo-se a mesma iluminância no solo (Falchi et al. 2016).

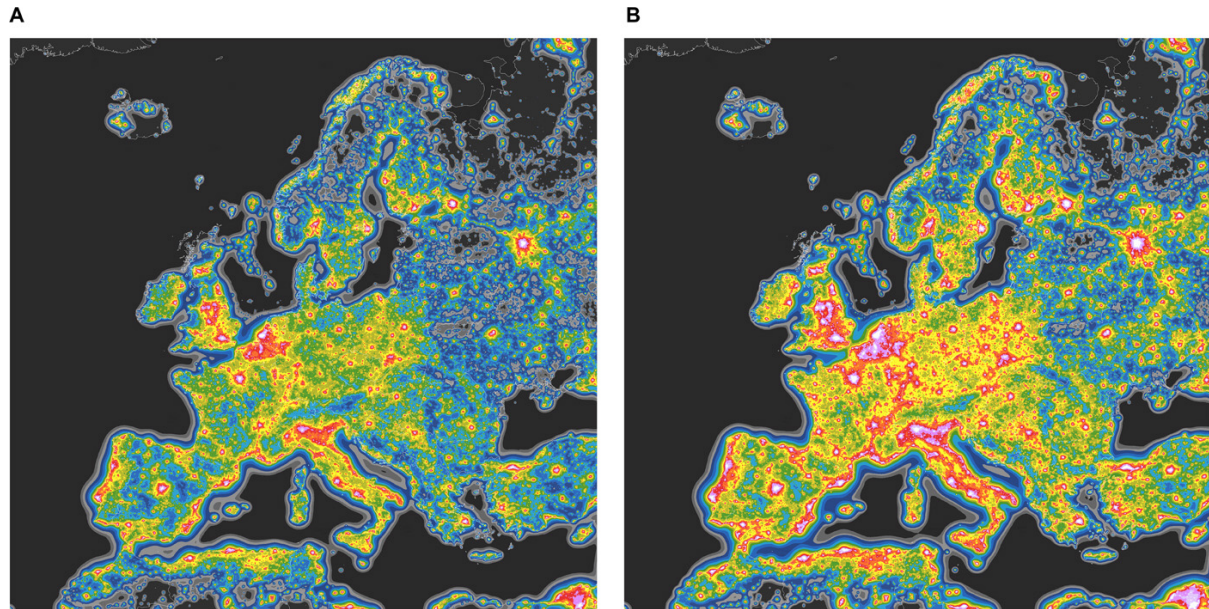


Figura 6 Impacto prospectivo da alteração da iluminação actualmente existente (A) por LED de 4000 K (B), mantendo-se o mesmo fluxo fotópico actual. As cores vermelha e branca representam um brilho do céu mais elevado, traduzindo-se na perda de qualidade do céu nocturno (de Falchi et al. 2016).

4.2. Altura dos postes

A altura elevada dos postes tem como principal finalidade conseguir iluminar-se uma área de solo maior com a mesma luminária. Porém, isso leva a que seja necessário utilizar fluxos luminosos maiores, tendo como consequência uma maior difusão da luz na atmosfera e um maior encandeamento. A solução ideal é, porém, a de instalação de postes mais baixos, menor espaçamento entre eles (para garantir uma boa uniformidade da luz no solo e evitar zonas de contraste) e fluxos luminosos baixos. Saliente-se que esta opção permite a escolha de potências muito inferiores para as fontes de luz do que aquelas que são necessárias com postes elevados, conseguindo-se assim realizar poupanças energéticas importantes.

4.3. Sugestões de melhoramento

Tal como é prática noutras regiões onde é imperativo garantir a qualidade do céu nocturno – caso das reservas de céu escuro, zonas de protecção natural ou zonas com observatórios astronómicos –, sugere-se desde logo a substituição de toda a iluminação actual por iluminação LED âmbar ou pc-âmbar ou mista. Tal substituição é tida em conta como boa-prática de iluminação de exterior por parte da comunidade científica e por organizações que atribuem algum tipo de classificação a reservas de céu escuro (Fundação Starlight, International Dark-Sky Association).

Terão de seguir-se os adequados estudos luminotécnicos e uma cuidada planificação para que exista uniformidade na iluminação com níveis satisfatórios para uma boa circulação pedonal e rodoviária. Quaisquer valores superiores a esses serão desnecessários e perturbadores do céu nocturno, dos residentes, do ecossistema local e mesmo da circulação rodoviária.

Existem também hoje soluções que permitem reduzir significativamente a componente azul do espectro, por filtragem da luz junto à fonte. Esta possibilidade poderá ser também tida em conta como complemento ou em alternativa à iluminação de tonalidade âmbar.

Importa também averiguar da necessidade efectiva de iluminação permanente do troço de estrada na EN255 entre as duas rotundas que delimitam a aldeia da Cumeada, já que na maior parte do trajecto não

há habitação nem serviços que justifiquem uma iluminação permanente. Junto ao troço Oeste, onde existe um café e restaurante, poderão manter-se pontos de luz e sinalizar convenientemente as passeadeiras que cruzam a estrada. A colocação de sinalização adequada alertando para a proximidade de uma localidade e a indicação da obrigatoriedade de redução de velocidade de circulação serão, em conjunto com a existência das rotundas, suficientes para que a circulação nesse troço se exerça em segurança, tal como ocorre noutras localidades.

A este estudo preliminar seguir-se-ão novos estudos com análises de outro tipo, bem como sugestões concretas de tipos, quantidade e iluminâncias, entre outros parâmetros relevantes.

A análise e proposta final, aliada a orçamentos ajustados, deverá ter em conta todos os elementos anteriormente referidos. Importa realçar que a solução proposta trará benefícios a todas as partes e procurará ser inovadora, no país, no que toca a iluminação que respeite o máximo possível a qualidade do céu, do ecossistema, dos residentes e dos turistas.

5. Conclusão

Nas reapreciações de reservas de céu escuro pela Fundação Starlight, fundação que atribuiu o título de Starlight Tourist Destination à Reserva Dark Sky® Alqueva, a primeira com esta categoria a nível mundial, são tidas em conta as medidas tomadas para a preservação do céu nocturno. Uma iluminação como a que se encontra presentemente instalada é totalmente desaconselhada no interior e proximidades de reservas de céu escuro e passível de ser avaliada de forma negativa na próxima reapreciação da Reserva Dark Sky® Alqueva, comprometendo a capacidade que a região tem de garantir condições de preservação e melhoria da qualidade do céu nocturno.

O Observatório Astronómico da Cumeada situa-se no interior de uma povoação habitada, pelo que não será adequado considerar-se que estará isento de iluminação nas proximidades. Porém, é possível conciliar o bem-estar dos residentes e visitantes com as observações astronómicas de qualidade, havendo mesmo vantagem em integrar uma instituição com estas características no interior de uma localidade, permitindo uma aproximação da população à Ciência. Uma instalação com os atributos do Observatório Astronómico da Cumeada tem um carácter de relevo para a Ciência, para o ensino, para a divulgação, lúdico e para atrair e sustentar um potencial turístico com especificidades raras no país, pelo que se sugere, na presente proposta, uma iluminação que preserve as qualidades particulares do local sem, com isso, prejudicar o bem-estar dos residentes.

Na impossibilidade de substituição dos postes, como medida imediata de redução dos impactos, sugere-se que, na escolha da iluminação LED âmbar ou pc-âmbar, se proceda a uma significativa redução do fluxo luminoso actualmente utilizado.

Este trabalho é preliminar e carece de continuação, em particular de medição dos níveis actuais quer da iluminância nos caminhos da aldeia quer do brilho do céu. Neste último caso recomenda-se dar início desde já a uma monitorização do brilho zenital do céu, para melhor poder avaliar-se o impacto positivo da mudança de iluminação sugerida quando comparada com a actual.

Não destoando dos níveis de iluminação excessivos que, por norma, se praticam em Portugal, a presença desta iluminação no interior de uma reserva de céu escuro revela-se particularmente desajustada, quer pela quantidade de luz quer pelo tipo de luz (LED branco), contribuindo para a degradação e eventual perda da qualidade do céu na região.

Agradecimentos

CITEUC is funded by National Funds through FCT – Foundation for Science and Technology (project: UID/Multi/00611/2013) and FEDER – European Regional Development Fund through COMPETE 2020 – Operational Programme Competitiveness and Internationalization (project: POCI-01-0145-FEDER-006922).

Financiamento

O presente relatório foi elaborado no âmbito do projecto 040599/4P0017 – PRESTAÇÃO SERVIÇOS /PROJETO ALQUEVA, prestação de serviços da Escola Superior de Saúde do Politécnico do Porto à Reserva Dark Sky® Alqueva, entidade com a qual existe protocolo firmado.

Referências

- ARQUILED, 2016. Iluminação Pública LED na Cumeada - O respeito pelo céu noturno - Reserva Dark Sky @ Alqueva - Município de Reguengos de Monsaraz. *CASE STUDY ALQUEVA*. Disponível em: https://www.arquiled.com/wp-content/uploads/2019/01/ARQUILED-CASE-STUDY-IP-CUMEADA-RESERVA-DARK-SKY@-ALQUEVA-2016_PT-P2020.pdf.
- Bará, S. & Lima, R.C., 2018. Photons without borders: quantifying light pollution transfer between territories. *International Journal of Sustainable Lighting*, 20(2). pp.51–61. Disponível em <https://doi.org/10.26607/ijsl.v20i2.87>.
- Bennie, J. et al., 2016. Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, (Plantlife 2013), p.n/a–n/a. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/1365-2745.12551>.
- Bennie, J. et al., 2014. Mapping artificial lightscapes for ecological studies. *Methods in Ecology and Evolution*, 5(6), pp.534–540.
- COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT, 2018. COMMISSION STAFF WORKING DOCUMENT EU GPP Green Public Procurement criteria for road lighting and traffic signals. *European Commission*. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/gpp/pdf/toolkit/181210_EU_GPP_criteria_road_lighting.pdf.
- Falchi, F. et al., 2016. The new world atlas of artificial night sky brightness. *Science Advances*, 2(6), pp.e1600377–e1600377. Disponível em: <http://advances.sciencemag.org/cgi/doi/10.1126/sciadv.1600377>.
- Fotios, S. & Gibbons, R., 2018. Road lighting research for drivers and pedestrians: The basis of luminance and illuminance recommendations. *Lighting Research and Technology*, 50(1), pp.154–186.
- Gouvernement France, 2018. Arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. *Journal officiel de la République française*, p.8. Disponível em: https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do;jsessionid=D34149350CCBE490DA56CD8F4DFB3F00.tplgfr34s_1?cidTexte=JORFTEXT000037864346&dateTexte=&oldAction=rechJO&categorieLien=id&idJO=JORFCONT000037864056.
- Kyba, C.C.M. et al., 2017. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent - Supplementary Materials. *Science Advances*, (2014). Disponível em: <http://advances.sciencemag.org/content/suppl/2017/11/17/3.11.e1701528.DC1>.
- Lima, R. & Bará, S., 2017. *Spectral measurement of an Arquiled LED streetlight installed at Cumeada, Dark Sky Alqueva*.
- Longcore, T., Rich, C. & DelBusso, L., 2016. *Artificial Night Lighting and Protected Lands Ecological Effects and Management Approaches (Revised)*.
- Luginbuhl, C.B., Boley, P.A. & Davis, D.R., 2014. The impact of light source spectral power distribution on sky glow. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 139, pp.21–26. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jqsrt.2013.12.004>.
- Rich, C. & Longcore, T. (eds.), 2006. *Ecological Consequences of Artificial Night Lighting*, Island Press.

APÊNDICE

Nesta secção apresenta-se um conjunto de imagens obtidas na noite de 2 de fevereiro de 2019 na aldeia de Cumeada, Reguengos de Monsaraz, Évora, com exemplos do efeito da iluminação LED branca de 4000 K utilizada actualmente.

Os exemplos escolhidos, como complemento dos apresentados no relatório, pretendem ilustrar a inadequação da iluminação escolhida. Atente-se na luz reflectida no solo. Nalguns casos é possível observar o resultado de reflexões internas na objectiva da máquina fotográfica, como consequência do brilho intenso de iluminação parasita que, nalgumas circunstâncias, não foi possível eliminar. De alguma forma esses artefactos na imagem são também representativos do encandeamento provocado pelas luminárias num observador que se encontre no local.









