

# Meio Ambiente e Sustentabilidade: conceitos e aplicações

ISBN: 978-65-88884-17-1

## Capítulo 21

### A influência da luz sobre os insetos: aspectos físicos e biológicos da visão e os efeitos da poluição luminosa

Maria Heloísa Furtunato Rocha<sup>a</sup>, Arthur Morais de Medeiros<sup>a</sup>, Jeniffer Gabrielly Pereira de Sousa<sup>a</sup>, Hadija Rodrigues Vieira<sup>a</sup>, Habyhabanne Maia de Oliveira<sup>b</sup>, Edevaldo da Silva <sup>ab\*</sup>.

<sup>a</sup> Unidade Acadêmica de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Campina Grande. Av. Universitária, s/n. Santa Cecília, Patos, Paraíba. 58708-110.

<sup>b</sup> Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA), Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba, 58051-970, Caixa Postal 5122.

**\*Autor correspondente:** Edevaldo da Silva, doutor em química e especialista em ciências ambientais e análises ambientais. Endereço: Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Ciências Biológicas. Av. Universitária, s/n. Santa Cecília, Patos, Paraíba. 58708-110. ; edevaldos@yahoo.com.br.

Data de submissão: 20-06-2022

Data de aceite: 21-10-2022

Data de publicação: 05-11-2022



10.51161/editoraime/108/96



# RESUMO

**Introdução:** No passado, o avanço de muitas atividades das sociedades humanas era limitado pela escuridão, que circunscrevia os hábitos à presença da luz natural. O surgimento da luz artificial fomentou imensurável avanço nas sociedades e alterações de hábitos humanos. Entretanto, estudos tem reportado que a presença de luz artificial tem, em algum nível, interferido na ecologia de muitos animais, especialmente os insetos. **Objetivos:** Este estudo reúne informações sobre a percepção da luz pelos insetos e os possíveis efeitos da luz artificial na vida desse grupo de animais. **Metodologia:** Trata de um estudo descritivo, de revisão bibliográfica em diferentes repositórios de teses, dissertações e base de dados de periódicos científicos. **Resultados:** Os estudos reportam que as diferentes espécies de insetos possuem sensibilidade espectral distintas, podendo ser tri ou tetracromática. Além disso, vários efeitos da iluminação artificial sobre os insetos foram observados, envolvendo desafios na reprodução, orientação e forrageio da fauna. **Conclusão:** Os insetos tem capacidade de percepção espectral que, no geral, variam entre 350 e 700 nm e sua sensibilidade depende da composição biológica dos cromatóforos presentes em sua estrutura ótica. Eles são impactados com a poluição luminosa oriunda da iluminação artificial, especialmente aqueles que têm fototaxia positiva para esse tipo de luz. Por isso, é veemente a necessidade de mais estudos e biomonitoramento da poluição luminosa e seus efeitos na vida dos seres que vivem em suas delimitações.

**Palavras-chave:** Poluição luminosa; urbanização; lâmpadas elétricas; armadilhas.

## 1 INTRODUÇÃO

A constante expansão das cidades fragiliza aspectos importantes na biodiversidade, a adição de um único ponto de luz artificial pode mudar os hábitos de toda uma comunidade de organismos (MARINS, et al., 2019).

Nos primórdios, as únicas fontes de luminosidade eram provenientes da natureza como a luz do sol, durante o dia e a luz da lua no período da noite. Estes dois recursos eram de extrema importância para os povos antigos pelo fato de auxiliar na sua localização e em suas atividades. Com o tempo, essa naturalidade se tornou insuficiente, sendo desenvolvido assim, as formas de iluminação artificial (FERREIRA; SOUZA, 2019).

Esse tipo de iluminação se intensificou com o aumento dos processos de urbanização, a qual tem consequências na biodiversidade. Os efeitos desse processo afetam algumas espécies que não conseguem se adaptar, entretanto, muitas deles, por ser tolerantes ao novo ambiente e passam pelo processo de filtragem ambiental (REIS, 2019). Neste sentido, os ambientes urbanizados possuem alto índice de iluminação artificial. Essa iluminação é indispensável para a realização de muitas atividades humanas, entretanto é prejudicial para outros seres vivos, principalmente para os insetos, por serem fortemente atraídos pela luz (BARGHINI; MEDEIROS, 2006).

O fato da iluminação artificial exercer um grande poder atrativo para esse grupo de animais tem sido estudado por diversos pesquisadores nas últimas décadas. Em geral, os estudos atuais tem foco principal nos efeitos diretos no hábito e na vida dos insetos. Hoje, sabe-se que a atração luminosa pode limitar a capacidade reprodutiva dos insetos e/ou atraí-los para regiões antropizadas, favorecendo a difusão de epidemias (BARGHINI, 2006). Para além do foco de pesquisa sobre o efeito da luz artificial no hábito e vida dos insetos, é veemente a necessidade de estudos que analisem essa influência na dinâmica e/ou aspectos ecológicos mais amplos, pois, a biodiversidade e abundância dos insetos tem diminuído devido às alterações climáticas e antrópicas do ambiente natural (HENRIQUES et al., 2019).

Dessa maneira, esses estudos contribuem com maior conhecimento sobre uma condição antrópica (luz artificial) que tende a se ampliar adentro do ambiente natural e, quanto mais se conhece sobre seus efeitos e influências, mais se terá atenção quanto ao avanço das sociedades de maneira mais sustentável.

O objetivo desse estudo foi reunir informações sobre a percepção da luz pelos insetos e os possíveis efeitos da luz artificial na vida desse grupo de animais.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

Esse estudo trata-se de uma pesquisa descritiva, de caráter qualitativo e por meio de revisão de literatura de pesquisas e estudos, publicados em periódicos científicos nas diversas bases de dados (SciELO e Google Scholar) e repositórios de dissertações e teses,

preferencialmente, dos últimos 10 anos (2012-2021) e que envolvem, em algum nível, o efeito da luz artificial nos insetos, observando os tipos de lâmpadas em ambientes abertos, as armadilhas para captura e a poluição luminosa nos insetos e outros animais.

Para tanto, foram realizadas pesquisa bibliográfica durante o primeiro semestre de 2022, a partir da combinação dos seguintes descritores: “Luz artificial” e “Inseto”/“Artificial light” and “insect”/ “Poluição luminosa” e “insetos”/ “Light pollution” and “insects”. Os critérios de inclusão foram: a. trabalhos que apresentassem esses termos nos objetivos e/ou no resumo/abstract; b. preferencialmente, trabalhos publicados nos últimos 10 anos, c. que estivesse escrito em língua portuguesa ou inglesa. Os critérios de exclusão foram: a. todos os trabalhos que não atendessem a esses critérios de inclusão; b. que, apesar de ter os termos de busca acima citados, fugiam ao objetivo desse estudo.

A escolha e inclusão dos artigos, a partir da busca acima citada, foi livre, não havendo exaustiva busca ou foco em análise cientométrica ou bibliométrica.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Aspectos históricos, físicos e biológicos relacionados à Luz**

A luz artificial evoluiu com a humanidade e ao longo do tempo, com constante aprimoramento de seu sistema, tornando-se fator importante para sobrevivência da humanidade.

O domínio do fogo no período paleolítico proporcionou aos ancestrais de nossa espécie enxergar a noite além das estrelas, desde então, o aprimoramento das técnicas de iluminação artificial vem acarretando mudanças nas biotas crepusculares e noturnas que dependem do seu sentido de visão para coexistir nas delimitações deste recurso (FERREIRA; SOUZA, 2019), pois os seres humanos tem visão adaptada para hábitos diurnos (OWENS; LEWIS, 2018).

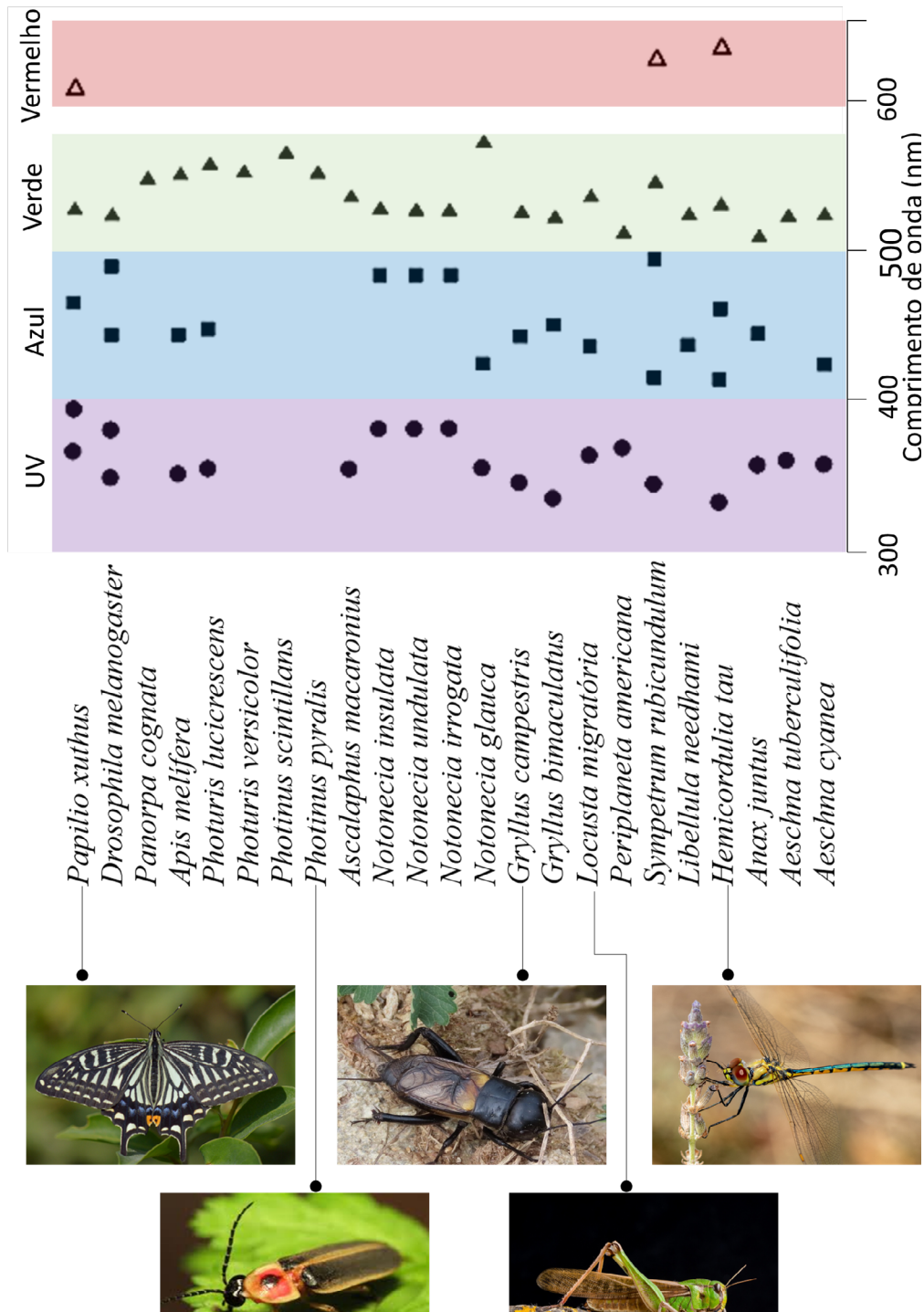
Na maioria dos insetos, há o olho composto, órgão fotorreceptor constituído por diversas unidades ópticas repetidas similares, quase idênticas, denominadas omatídeos (HONKANEN et al., 2017). Os omatídeos possuem, em sua composição, fotorreceptores com a proteína rodopsina, podendo variar quanto ao tipo, de acordo com as espécies, sua principal função é a interpretação do sinal luminoso em sinal elétrico neural (FERREIRA; SOUZA, 2019).

Fisiologicamente os omatídeos garantem baixa resolução de visão angular quando comparados aos humanos (BARGHINI, 2008), porém a presença morfológica dessa estrutura permite aos insetos captar a luz em uma distância considerável e a absorção de fótons de maneira eficiente (HONKANEN et al., 2017).

A competência deste recurso, é substancialmente reduzida em ambientes que contam com um alto teor de iluminação artificial, como em grandes cidades, por exemplo, ou mesmo em noites de lua cheia (BARGHINI, 2008). Cada espécie de inseto tem a sua

sensibilidade à exposição espectral da luz (TAVARES et al., 2016), pois depende da presença de fotorreceptores de luz nos cromatóforos.

**Figura 1:** Espectros de frequência de onda percebido por algumas espécies de insetos com sistema tricromático (UV-azul-verde) ou tetracromático (UV-azul-verde-vermelho)



**Fonte:** Tabla adaptada de (Briscoe; Chittka), 2001. Imagens: biodiversity4all.org, créditos e ano do registro fotográfico: Locusta migratória (E. Baquero 2016), Papilio xuthus (Tree Fong, 2017), Gryllus campestris (danzidro, 2022), Hemicordulia tau (Karen Retra, 2020), Photinus pyralis (Margarita Lankford, 2019).

Essa sensibilidade tem sido reportada como influência importante para a adaptabilidade do inseto, pois influencia na sua capacidade de se contrastar com flores e folhas (WANG et al., 2022). Em geral, os insetos possuem faixa de detecção da frequência de ondas entre 350 e 700 nm (BARGHINI, 2008). Na figura 1, é demonstrado a faixa espectral para alguns insetos, onde é reportado que a sua capacidade visual vai do ultravioleta ao vermelho.

Espécies com a *Papilio xuthus* e a *Hemicordia tau* são capazes de perceber, também, a luz vermelha. Mas a maioria das espécies não consegue ter esse amplo espectro de percepção da luz. Entretanto, outras espécies como a *Drosophila melanogaster* e a *Sympetrum rubicundulum* desenvolveram a habilidade perceber mais de um tipo de frequência, dentro da mesma faixa de cor. A *D. melanogaster* consegue perceber dois tipos de espectro UV e dois do espectro azul. Enquanto a *S. rubicundulum* desenvolveu a capacidade para perceber dois tipos de espectro azul.

Ou seja, a maioria dos insetos, incluindo muitos insetos visitantes de flores, tem sistema tricromático (UV-azul-verde) mas também, há insetos com o sistema tetracromático (UV-azul-verde-vermelho), tal como a espécie *Papilio xuthus* (BRISCOE; CHITTKA, 2001; Figura 1).

A percepção de comprimentos ultravioleta (300 a 400 nm) favorece a sobrevivência de seus descendentes aos mais diversos processos de seleção natural (OWENS; LEWIS, 2018).

Uma curiosidade que nos ajuda a entender a percepção ultravioleta nesses táxons é que insetos possuem uma restrita sensibilidade à cor vermelha, mesmo assim visitam frutos e polinizam flores com pigmentação avermelhada. Isso acontece pelo fato que muitas flores possuem na composição de suas pétalas pigmentos, chamados de antocianinas que refletem a radiação ultravioleta, gerando na flor visibilidade óptica perante os insetos, e assim os atraindo (BARGHINI, 2008).

Muitas espécies de seres vivos baseiam seus hábitos de acordo com o movimento planetário, à medida que a terra passa por seu movimento de rotação, a biodiversidade realiza seu ciclo diário (OWENS; LEWIS, 2018). Espécies noturnas de insetos, dependem da divisão entre dia e noite para realizar suas atividades. Singh et al. (2019, p. 2550) indica que os insetos “usam e respondem à luz para várias atividades, como ritmo biológico, reparo e recuperação no escuro, relógios circadianos e fotoperiodismo, percepção visual e orientação espacial.”

A resposta mais comum à claridade nos insetos é a fototaxia (capacidade de atração ou repulsão). A fototaxia positiva revela a tendência dos insetos a serem atraídos na direção de um determinado ponto luminoso, enquanto a fototaxia negativa aponta o distanciamento do mesmo (COELHO, et al., 2021).

Luzes que emanam quantidades consideráveis de radiação ultravioleta, como luz fluorescente azul, luz negra e luz de mercúrio, possuem alta fototaxia positiva nos insetos (SINGH, et al., 2019). Gêneros da família apidae são fortemente atraídos por grandes

comprimentos de ondas (300 à 600 nm), enquanto insetos da família muscidae tendem a responder a comprimentos entre 250 à 350 nm (SINGH, et al., 2019).

Determinadas espécies de Mucidae, relata Singh, et al. (2019), como a *Trialeurodes vaporariorum*, apresentam fototaxia negativa a luzes que emitem comprimentos de 400 nm mas são fototaticamente atraídos por comprimentos de 550 nm. Comprovando que a luz pode causar danos com a atração de indivíduos para si e também como agente repelente, influenciando para que populações passem a evitar certas áreas (SINGH, et al., 2019).

Um fator positivo das recentes descobertas de fototaxia supracitadas para a biologia, é no levantamento faunístico, corroborando na produção de armadilhas luminosas que capturam esses animais sem causar danos morfológicos, o que é ideal para manter sua conservação e poderem ser tombados em uma coleção. Tais armadilhas, usadas principalmente em mariposas, usam a luz como isca em meio a escuridão, esses indivíduos fortemente atraídos, caem em um funil e ficam presos em uma caixa que, posteriormente, são retiradas pelo seu coletor (COELHO, et al., 2021).

### 3.2 A luz artificial: Aspectos socioambientais e seus efeitos nos insetos

A poluição luminosa ocorre pelo uso inadequado da iluminação artificial, onde a luz não aproveitada será refletida, impactando o meio ambiente e os seres vivos que a luminosidade atinge. Por consequência, ela pode causar pouca visibilidade do brilho do céu, luz invasiva, luz encandeante, diminuição da visibilidade noturna e desperdício de energia (MANFRIM et al. 2019; NUNES et al. 2017).

Existem três tipos de poluição luminosa: o brilho no céu, ofuscamento e luz intrusa. Brilho no céu, pode ser compreendido como a luz alaranjada, devido as lâmpadas de vapor de sódio, que são direcionadas para cima dos centros urbanos. Essa luz, pode ser vista a quilômetros de distância e ofusca o brilho das estrelas, que estão mais próximas ou um pouco acima do horizonte. O ofuscamento é a luz que se direciona aos olhos, ofuscando momentaneamente a visão. A luz intrusa invade o interior das edificações, por meio de aberturas como janelas e portas, gerando assim, desconforto nos residentes (GARGAGLIONE, 2009).

Os impactos negativos dessa poluição podem ser sociais, ambientais, econômicos e científicos. A análise realizada por Barghini (2010) sobre os riscos da iluminação artificial, reportou que a mesma resulta em impactos ambientais, com capacidade de alterar a cadeia trófica de alguns animais, afetar diretamente na taxa reprodutiva e na alteração do número de indivíduos das populações, além de atrair insetos vetores de doenças. Seu impacto nos seres vivos são demonstrados através de estudos sobre interações competitivas, comportamento e orientação animal, relações predador-presa, comportamento reprodutivo e fisiologia animal (OLIVEIRA; LANGUI. 2011). Esses autores também reportam que a poluição luminosa atrai também insetos vetores de patologias humanas.

Alguns insetos são pragas agrícolas fototrópica positivas para a luz artificial e, por isso, a sua presença na zona urbana pode ser devida a essa atração, como a *Cephus siccifolius*,

que é considerada praga de essências florestais por depositar seus ovos no córtex e lenho de ramos vegetais e causar gotejamento na espécie vegetal infestada. Dessa maneira a presença de luz artificial pode causar infestações de espécies indesejáveis para aquela região (MARQUES et al., 2004).

Luzzi et al. (2016) atribuiu o novo registro da presença de *Mesagoma gyas gyas* (coleóptero) no município Matias Barbosa (Minas Gerais), por causa de sua atração à luz artificial próxima da região de sua ocorrência. Entretanto, eles indicam que a luz artificial “atrai os adultos e interfere no forrageamento, na busca de parceiros e em outros comportamentos naturais, além de aumentar a mortalidade por deixá-los mais expostos a predadores, atropelamentos e manipulação humana”.

Estudo realizado por Manfrim e Pelli (2019), com insetos da espécie *Phibalosoma phyllinum*, verificaram, em condições controladas de exposição à luz artificial, que essa espécie apresentou redução significativa na taxa de eclosão quando expostas à essa luz. Segundo os autores, o sistema nervoso central foi diretamente afetado pela luz, causando assim, desorientação com o ciclo dia e noite e influenciando em fatores neuro-hormonais, mudanças na habilidade de orientação, reprodução, migração e comunicação.

Outras espécies não são atraídas pela luz artificial, podendo ser indicadas como espécies bioindicadoras de poluição luminosa. Se enquadra nesse caso, a espécie *Bicellonycha lividipennis*, onde Santos, (2013), a indica como bioindicadora por ela não ser sensível à luz de sódio (luz comum na iluminação pública). Os autores corroboram que essa ausência de efeito da luz sobre essa espécie é, provavelmente, devido ao início da atividade da espécie ocorrer ainda quando há forte iluminação crepuscular.

De acordo com Instituto de Astrofísica das Canárias, ao reduzirmos a poluição luminosa, teríamos como consequência, vários benefícios, os quais seriam: diminuição do desperdício de luz, proteger o meio ambiente noturno, reduzindo as perturbações aos habitats naturais, maior segurança no tráfego noturno, melhorar a visibilidade das observações astronômicas, e diminuir o risco de doenças causados pelas emissões de luzes (NUNES; DOURADO, 2017).

Para minimizar a poluição luminosa pode-se utilizar de filtros para absorver os feixes de luz indesejáveis de uma lâmpada, evitando a atração que a luz exerce sobre algumas espécies de insetos. Para melhor visualização do céu noturno, o posicionamento correto da lâmpada evitaria a dispersão da luz para o céu e a escolha de lâmpadas de baixo consumo, evitaria o desperdício de energia e a iluminação excessiva (BARGHINI, 2010).

Dessa maneira, os estudos dos efeitos da poluição luminosa sobre os insetos reportam indícios de que os efeitos desse tipo de poluição precisam ser mais bem compreendidos, sendo um campo de pesquisa emergente, visto que seus efeitos indicam preocupações ambientais sobre biodiversidade de insetos, especialmente aqueles atraídos por esse tipo de luz.



## 4 CONCLUSÃO

Os insetos possuem um sistema de visão tri ou tetracromático. Esse tipo de sistema é definido a partir da estrutura biológica de seus cromatóforos. Estudos reportam que a sensibilidade para eles perceberem mais espectros de ondas luminosas favorecem a sua adaptabilidade no meio por permitir que eles se contrastem melhor com as cores de flores e folhas.

A poluição luminosa pode atrair insetos com ototaxia positiva à luz artificial e acarretar problemas ecológicos, como aqueles relacionados ao desenvolvimento, reprodução, orientação, forrageio e hábito do inseto e; socioambientais, como aparecimento de insetos considerados pragas ou como agentes vetores de patógenos humanos.

Os efeitos da luz artificial ainda são pouco estudada pela ecologia. Dessa maneira, estudos de biomonitoramento para analisar e diagnosticar os efeitos dessa poluição sobre as diferentes espécies, ao nível de população e de ecossistema, precisam ser fomentados para conhecimento mais amplo das suas consequências e, conseqüentemente, possíveis tomadas de decisões socioambientais.

## REFERÊNCIAS

BARGHINI, A. **Influência da iluminação artificial sobre a vida silvestre: técnicas para amenizar os impactos, com especial enfoque sobre os insetos.** (Tese em Ecologia). Universidade de São Paulo, Instituto de Biociências. São Paulo, 2008. 243 f. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41134/tde-13062008-100639/publico/Barghini.pdf>>. Acesso em: 11 de set. de 2021.

BARGHINI, A.; MEDEIRO, B. A iluminação artificial e o impacto sobre o meio ambiente. **Brazilian Journal of Environmental Sciences** (Online), n. 5, p. 5-15, 2006.

BARGHINI, A.; MEDEIROS, B. A. S. Artificial Lighting as a Vector Attractant and Cause of Disease Diffusion. **Environmental Health Perspective**, 2010, v. 118, n. 11, p. 1503-1506. 2010.

BRISCOE, A. D.; CHITTKA, L. The evolution of color vision in insects. **Annual Review of Entomology**. V. 46, p. 471–510, 2001.

COELHO, M. S.; RODRIGUES, V. S.; BARBOZA, J. B.; XAVIER, L. M. S.; ARAÚJO, J. R. E. S.; CARTAXO, P. H. A.; SILVA, J. H. B.; BULHÕES, L. E. L.; SANTOS, J. P. O. Ecology, population monitoring and faunistic analysis of insects: **A review. Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 9, p. 82-88, 2021.

FERREIRA, F. O.; SOUZA, T. S. **Comparação do Impacto de Dois Diferentes Tipos de Iluminação Artificial em Insetos Noturnos no Município de São Roque – SP.** Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Roque, 2019. Disponível em: <<http://pergamum.ifsp.edu.br/pergamumweb/vinculos/00005a/00005a8a.pdf>>. Acesso em: 07 de set. de 2021.

GARGAGLIONE, S. Poluição luminosa e a necessidade de uma legislação. *Comciência*, n. 112, p. 1-5. 2009. Disponível em: <[http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1519-76542009000800008&lng=pt&nrm=iso](http://comciencia.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-76542009000800008&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 01 de ago. 2021.

HENRIQUES, A. SANTOS, J.; TELES, C. PoLumInset: **Influência da Poluição Luminosa nos Insetos**. 2019. Disponível em: <<http://dsr.nuclio.pt/wp-content/uploads/2019/07/Poluicao-Luminosa-Insetos.pdf>>. Acessado em 6 de out. de 2022.

HONKANEN, A.; IMMONEN, E.; SALMELA L.; HEIMONEN, K.; WECKSTRÖM, M. Insect photoreceptor adaptations to night vision. **Philosophical Transitions of the Royal Society B**, v. 372: 20160077, 2017.

LUZZI, J. R.; MACIEL, T. T.; BARBOSA, B. C. Ocorrência de *Megasoma gys gys* (Herbst, 1785) (Coleoptera: Scarabaeidae) em perímetro urbano. **Entomotropica**, v. 31, n. 8, p. 60-63, 2016.

MANFRIM, T.; PELLI, A. Impacto da poluição luminosa na eclosão de *Phibalosoma phyllinum* Gray, 1835 (Bicho-Pau) em condições de laboratório. **Acta Biologica Brasiliensia**, v. 2, n. 2, p. 16-24. 2019.

MARINS, D. P. A.; VALE, C. C.; SILVA, M. R.; ALVAREZ, C. E. **Poluição luminosa: compilação de estudos científicos que comprovam que a luz excessiva das cidades interfere nos seres vivos**. Geografia Física e as Mudanças Globais, Fortaleza, junho, 2019. Disponível em: <<http://www.editora.ufc.br/images/imagens/pdf/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/241.pdf>>. Acesso em: 20 de ago. 2021.

MARQUES, O. M.; AZEVEDO, R. L.; GIL-SANTANA, H. R.; Valverde, J.; Machado, R. C. R. *Cephisus siccifolius*, praga de essências florestais, no estado da Bahia. **FLORAM**, v. 11, n. 1, p. 66-69, 2004.

NUNES, I.; DOURADO, L. Poluição luminosa e educação ambiental: um estudo de caso em Camarate, Lisboa. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, n. 24, p. 23-43, 2017.

OLIVEIRA, F. A.; LANGHI, R. **Uma proposta de ensino de astronomia por meio da abordagem temática: poluição luminosa como tema**. In: I Simpósio Nacional de Educação em Astronomia, 2011, Rio de Janeiro. Disponível em: Microsoft Word - CP17\_ATAS\_fabiana\_langhi - 1 (usp.br). Acesso em: 01 de set. 2021.

OWENS, A. C. S.; LEWIS S. M. **The impact of artificial light at night on nocturnal insects: A review and synthesis**. Ecology and Evolution. Department of Biology, Tufts University, Medford, Massachusetts, p. 11337-11358, jul., 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.4557>>. Acesso em: 07 de set. de 2021.

REIS, L. D. E. **A luz artificial a noite em parques urbanos afeta os morcegos ou as presas de morcegos?** Dissertação (Mestrado em Ecologia). Universidade de Brasília, Brasília, 2019. 84 f.

SANTOS, R. M. **Vaga-lumes bioindicadores de poluição luminosa e riqueza de espécies em áreas naturais da Serra de Paranapiacaba e em áreas urbanizadas.** Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica e Conservação). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013. 116 f.

SINGH S.; DHYANI, S.; KOKATE, P.; CHAKRABORTY, S.; NIMSADKAR, S.; Deterioration of World Heritage Cave Monument of Ajanta, India: Insights to Important Biological Agents and Environment Friendly Solutions. **Heritage**. v. 2, p. 2545-2554, 2019.

TAVARES, P. L.; CAMPOS, F. P.V.; TAVARES, A. M. **Dispositivo de iluminação artificial em câmara climatizada para criação de insetos.** In: XXI Congresso Brasileiro de Automática - CBA2016 UFES, Vitória - ES, 3 a 7 de outubro. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1064539/1/CBA20160883.pdf>. Acesso em: 06 de out. de 2022.

WANG, L. Y., STUART-FOX, D., WALKER, G. Insect visual sensitivity to long wavelengths enhances colour contrast of insects against vegetation. **Scientific Report**, v. 12, n. 982, 2022. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04702-w>