

## Comparação do impacto de dois diferentes tipos da iluminação artificial em insetos noturnos no município de São Roque (SP)

Márcio Pereira<sup>1</sup>  
Iury dos Santos de Azevedo<sup>2</sup>

**Resumo:** A iluminação artificial foi introduzida para estender o período de atividade humana, entretanto o excesso desse tipo de iluminação atua de maneira negativa em diversas espécies animais, principalmente em insetos de hábitos noturnos. Com o intuito de comparar a atratividade e os possíveis impactos da iluminação emitida por lâmpadas de tecnologia LED de luz branca fria e quente sobre as comunidades de insetos em uma área urbanizada, foram realizadas coletas mensais durante os meses de março a julho de 2021. As coletas foram feitas no período de 1h, entre 18h e 19h, utilizando a técnica de armadilha luminosa para insetos noturnos. Foram coletados 209 indivíduos pertencentes a 6 ordens e 22 famílias, sendo 121 (57,9% dos indivíduos) na armadilha luminosa que utilizava iluminação LED Branca fria (6500K) e 88 (42,1%) na armadilha com iluminação LED Branca quente (3000 K). As ordens Diptera (n=178), Hemiptera (n=16) e Lepidoptera (n=9) tiveram mais indivíduos capturados. Os resultados que lâmpadas LED atraíram um pequeno número de insetos, no entanto este tipo de iluminação ainda pode exercer efeito negativo uma vez que pode ser um importante fator de atração de insetos transmissores de doenças para as casas dos seres humanos.

**Palavras-chave:** temperatura da cor; impacto; poluição luminosa; atratividade; LED.

**Abstract:** Artificial lighting was introduced to extend the period of human activity, however the excess of this type of lighting has a negative effect on several animal species, especially on insects with nocturnal habits. In order to compare the attractiveness and possible impacts of lighting emitted by LED technology lamps of cold and warm white light on insect communities in an urbanized area, monthly collections were carried out during the months of March to July 2021. collections were made in the period of 1h, between 18h and 19h, using the light trap technique for nocturnal insects. A total of 209 individuals belonging to 6 orders and 22 families were collected, 121 (57.9% of individuals) in the light trap that used cold White LED lighting (6500K) and 88 (42.1%) in the trap with warm White LED lighting (3000K). The orders Diptera (n=178), Hemiptera (n=16) and Lepidoptera (n=9) had more individuals captured. The results that LED lamps attracted a small number of insects, however this type of lighting can still exert a negative effect as it can be an important factor in attracting disease-carrying insects to human homes.

**Keywords:** color temperature; impact; light pollution; attractiveness; LED.

---

<sup>1</sup> Docente da área de Biologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Câmpus São Roque, marciopr56@gmail.com

<sup>2</sup> Discente do curso de licenciatura em Ciências Biológicas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), Câmpus São Roque, iurysazevedo@gmail.com

## Introdução

Sabe-se que características como intensidade, periodicidade e espectro dos regimes de luz natural afetam potencialmente o forrageamento, a navegação, a comunicação e a regulação dos ciclos diários e sazonais em uma infinidade de espécies (HÖLKER *et al.*, 2011; PERKIN, *et al.*, 2011; DAVIES; NEMMIE; GASTON, 2012). O excesso de iluminação artificial reconhecidamente atua de maneira negativa nos seres humanos, animais e até nos micróbios (FALCHI *et al.*, 2011; HÖLKER *et al.*, 2011; LONGCORE; RICH, 2004; ALTERMATT; EBERT, 2016). Dentre todas essas espécies, os insetos noturnos são um dos organismos mais afetados. Eles se orientam pela luz do luar para retornar ao seu habitat. Uma fonte de luz artificial que seja mais intensa que a luz da lua acaba por confundir os insetos e os atrair. Dessa forma as mariposas, besouros, formigas aladas e alguns mosquitos são especialmente afetados. A atração devido à poluição luminosa pode resultar no aumento da mortalidade devido à queima do inseto quando em contato direto com a fonte de luz artificial ou levar esses animais a uma exposição maior aos predadores (WARREN, 1990; JONES; FRANCIS, 2003; ALTERMATT; EBERT, 2016). Além disso, a iluminação artificial pode atrair organismos para fora do seu habitat nativo e interferir com o comportamento normal de alimentação, acasalamento e reprodução (LONGCORE; RICH, 2004).

Como os insetos noturnos são de grande importância como polinizadores e a principal fonte de alimento de muitos vertebrados, uma mudança no comportamento de voo para a luz, pode causar um efeito em cascata nas redes de interação de espécies. Barghini (2008) elucida a possibilidade da iluminação, ao atrair insetos diversos, ser capaz de auxiliar na propagação de doenças e até mesmo na acentuação de epidemias. Esta ocorrência se dá porque os insetos transmissores de doenças, ao serem atraídos pela luz, são em um segundo momento atraídos pelo odor das pessoas e animais e estimulados a picar.

Os seres humanos dependem muito da luz para desenvolver suas atividades e a iluminação artificial foi introduzida justamente para estender o período de atividade humana, seja no que diz respeito ao trabalho, ao lazer, como também inibindo a violência passível de ocorrer quando da sua ausência. Entretanto, luz excessiva criada por humanos ocasiona uma poluição que afeta os ecossistemas, confundindo a navegação animal, alterando interações reprodução, competição e predação dos seres que compõem o ecossistema afetado. Apesar dos danos que pode causar ao ecossistema, poluição luminosa é um assunto pouco estudado. Portanto é fundamental que se conheça as perturbações causadas pela utilização de iluminação

artificial, ainda mais considerando a demanda global por alternativas tecnológicas menos danosas ao ambiente, tendo em vista que as ações humanas já reverberam seus efeitos nocivos sobre o meio ambiente e no próprio homem. Existem diversas opções de iluminação artificial na atualidade. Para decidir qual a melhor dentre elas, os fatores de impacto ambientais devem ser analisados. Desta forma, escolher uma tecnologia que impacte menos é um dos passos em direção ao desenvolvimento sustentável.

O estudo do impacto da iluminação artificial sobre as famílias de insetos permite que conheçamos os efeitos desse uso nas comunidades de animais circunvizinhas, pois, fazem parte de cadeias alimentares, sendo também responsáveis pela polinização de algumas espécies vegetais, muitas vezes numa relação muito estreita e específica, além também de poderem contribuir, no caso de alguns indivíduos, para transmissão de doenças, como dengue, febre-amarela, chikungunya, entre outras, afetando diretamente a saúde humana (BARGHINI; MEDEIROS, 2006; HÖLKER *et al.*, 2011).

Atualmente existem no mercado algumas opções de iluminação artificial, como lâmpadas fluorescentes ou de LED (*Light-Emitting Diode*), sendo esta última uma alternativa mais cara, porém, mais econômica quando pensada a longo prazo (SANTOS *et al.*, 2015). Contudo, existem poucos estudos que relacionem a tecnologia LED com a atração por insetos, impacto este já bem estudado com iluminação por lâmpadas incandescente e fluorescente.

Neste estudo buscou-se comparar o impacto da iluminação gerada por dois tipos diferentes tonalidades de luz de lâmpadas de LED mais vendidas no mercado sobre as famílias de insetos em uma área urbana. Essas lâmpadas são diferenciadas pela tonalidade de cor que ela fornece ao ambiente, medidas em Kelvin (K). O primeiro tipo de iluminação testada é a chamada lâmpada fria, que possui a temperatura entre 6000K e 6500K e emite uma nuance de luz mais azulada. O segundo tipo testado é a lâmpada quente, que emite um tom mais amarelo de luz e a sua temperatura está entre 3000K e 3500K. É necessário esclarecer que o termo “temperatura” não se refere ao calor da lâmpada, mas sim à sua tonalidade. De maneira geral, quanto maior for a temperatura em Kelvin da lâmpada, mais branca ela será.

A opção pela comparação entre estas duas categorias de iluminação artificial deram-se por serem eficientes no que tange ao consumo energético, vendidas comumente no mercado e amplamente utilizada nos ambientes privados. Em se tratando da iluminação LED, ela promete ser uma alternativa ambiental viável, já que possui maior durabilidade dentre todas as alternativas de iluminação presentes no mercado, reduzindo assim a quantidade de resíduos sólidos, além também de quase não conter metais pesados, como, por exemplo, o mercúrio,

presente nas lâmpadas fluorescentes, que pode contaminar corpos hídricos superficiais ou águas subterrâneas e acumular-se nos biomas, na cadeia alimentar etc. (UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY, 2010; UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2012; WANG *et al.*, 2012)

Como um estudo preliminar, esta pesquisa permite aprofundar o conhecimento dos efeitos causados pelo uso da iluminação LED, que se apresenta como ambientalmente correta do ponto de vista energético e de geração de resíduos, sendo, no entanto, incipiente a compreensão de sua consequência sobre a vida animal e humana. O conhecimento desse efeito poderá servir de subsídio para planos de iluminação pública, se constatado baixo impacto sobre as famílias de insetos, já que fontes luminosas podem atrair transmissores de doenças, podendo constituir, portanto, uma ação de prevenção às epidemias causadas por tal grupo animal, resultando assim em economia com gastos em tratamentos de tais enfermidades, além dos ganhos ambientais já citados.

## Material e métodos

Foram realizadas coletas mensais no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus São Roque, durante os meses de março a abril (estação quente e chuvosa) e maio a junho (estação fria e seca) de 2021. As coletas foram feitas no período de 1h, entre 18h e 19h, utilizando a técnica de armadilha luminosa para insetos noturnos. Nesta técnica utilizou-se uma lâmpada acesa sobre um tecido ou parede branca com intuito de atrair insetos noturnos que posteriormente foram capturados com pinça ou sugador entomológico (Figuras 1a e 1b).

Conforme observa-se nas Figuras 1a) e 1b), ambas localizadas na página a seguir, uma das armadilhas luminosas utilizada para coleta de insetos noturnos foi montada com lâmpada LED branca quente, que emite um tom mais amarelo de luz e apresenta temperatura da cor entre 3000K e 3500K (Figura 1a). E na outra armadilha colocou-se uma lâmpada branca fria, que possui a temperatura da cor entre 6000K e 6500K e emite uma nuance de luz mais azulada (Figura 1b).

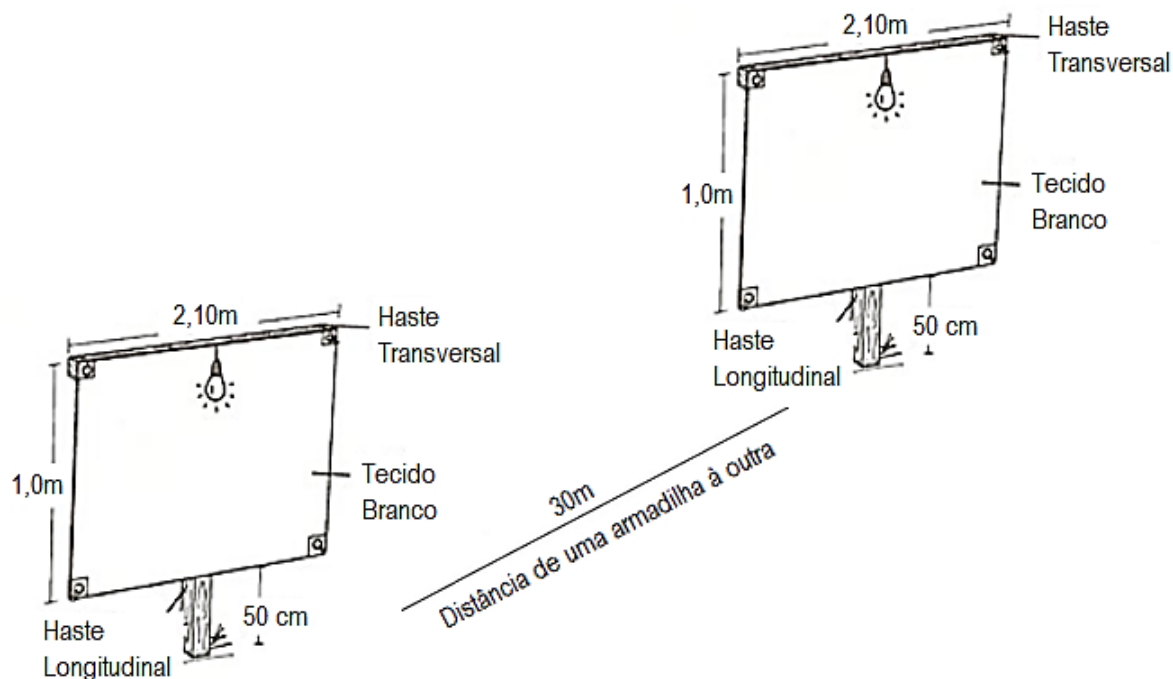
**Figura 1 - Armadilhas. 1 a) - Lâmpada 3000K e 3500K. 1 b) - Lâmpada 6000K e 6500K**



Fonte: Elaborado pelos autores

Em cada dia de coleta foram utilizadas, simultaneamente, duas armadilhas luminosas (uma utilizando uma lâmpada LED branca fria e outra com lâmpada LED branca quente) posicionadas acesas, simultaneamente, a uma distância de 30 metros uma da outra (Figura 2).

**Figura 2 - Esquema das armadilhas luminosas para coleta de insetos noturnos**



Fonte: ALMEIDA *et al.* (1998, p. 12)

As especificações técnicas das lâmpadas utilizadas na pesquisa estão descritas na Tabela 1. É importante notar que características como fluxo luminoso, potência e eficiência luminosa foram padronizados com o objetivo de testar apenas o efeito que a temperatura de cor tem sobre a atratividade de insetos noturnos.

**Tabela 1** - Especificações técnicas das lâmpadas utilizadas no experimento

Lâmpadas	Fluxo Luminoso (lm)	Potência (W)	Eficiência Luminosa (lm/W)	Temperatura
LED	803	9	89	Branca fria (6500K)
LED	803	9	89	Branca quente (3000 K)

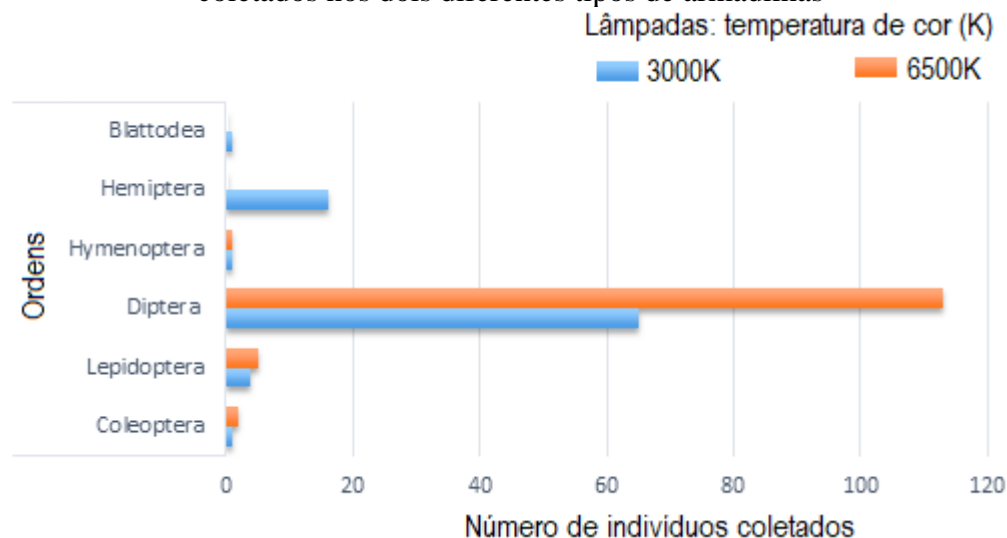
Fonte: Elaborado pelos autores

Os indivíduos coletados foram manipulados com pinças, acondicionados em recipientes de plástico com álcool 70% e levados para o laboratório de Zoologia do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) – Câmpus São Roque. Em laboratório, sob estereomicroscópio óptico, os indivíduos foram identificados com auxílio de manuais de identificação e chaves dicotômicas (RAFAEL *et al.*, 2012; CARRANO-MOREIRA, 2015), pesquisas na internet e confirmação com especialistas.

## Resultados e discussão

Durante esse período foram coletados 209 indivíduos pertencentes a 6 ordens e 22 famílias, sendo 121 (57,9% dos indivíduos capturados) na armadilha luminosa que utilizava iluminação LED Branca fria (6500K) e 88 (42,1% do total) na armadilha com iluminação LED Branca quente (3000 K). As ordens mais afetadas pela iluminação artificial foram Diptera (n=178), Hemiptera (n=16) e Lepidoptera (n=9). Os resultados indicam que lâmpadas LED atraíram poucos insetos de uma maneira geral, sendo que iluminação LED Branca quente (3000 K) atraiu 15,8% menos insetos do que as armadilhas que utilizavam iluminação LED Branca fria (6500K) (Figura 3).

**Figura 3** - Gráfico de comparação entre os números de indivíduos, por grupo taxonômico, coletados nos dois diferentes tipos de armadilhas



Fonte: Elaborado pelos autores

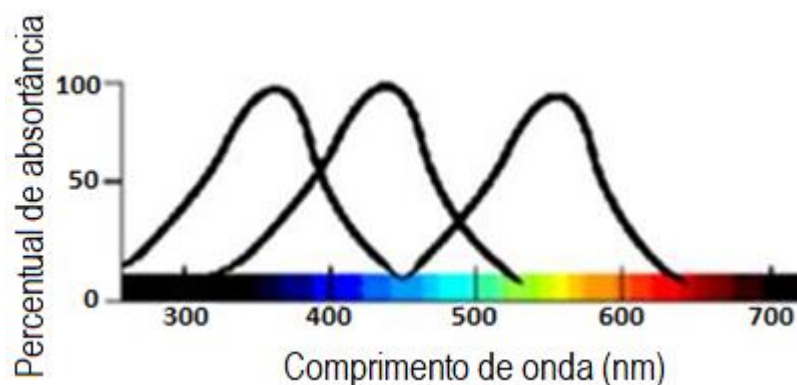
Eisenbeis e Eick (2011), realizando experimentos em luzes de rua na Alemanha, também mostraram que LEDs "brancos frios" atraíram mais insetos do que LEDs "neutros / brancos quentes". Entretanto, Wakefield *et al.* (2016) (realizando coletas na Inglaterra) e Pawson e Bader (2014) (trabalhando na Nova Zelândia) não encontraram nenhuma diferença na atração de insetos entre os LEDs "branco frio" e "branco quente". Portanto não há como afirmar qual dos dois tipos de iluminação é mais atrativa para os insetos tendo como base os estudos citados acima. Wakefield *et al.* (2016) sugerem que essas diferenças podem ser devidas a variações no desenho experimental, nos habitats pesquisados, nos equipamentos de iluminação utilizados e estação do ano em que o estudo foi realizado.

Apesar dos números totais indicarem que armadilhas que utilizaram iluminação LED Branca fria (6500K) atraíram mais insetos, os dados permitem demonstrar que os efeitos da iluminação artificial sobre os insetos se manifestam de maneiras diferentes em cada grupo, gerando uma conseqüente diversidade de comportamentos. A Figura 3 mostra que 178 indivíduos coletados (85,2% do total) pertencem à Ordem Diptera, sendo que 63,5% deles foram atraídos pela LED Branca fria. Nos outros grupos vemos resultados diferentes, Em Hymenoptera, Lepidoptera e Coleoptera a diferença de atratividade é muito pequena. Já todos os 16 indivíduos pertencentes à Ordem Hemiptera foram capturados em armadilha que estava utilizando lâmpada LED Branca quente (3000 K).

Então é possível concluir que a atratividade das luzes LED branca fria e branca quente difere entre os diferentes Ordens de insetos. Mas qual é a razão para essa diferença? O olho dos

insetos é formado por várias estruturas cônicas denominadas omatídeos, podendo ter variação em seu número a depender da espécie ou do sexo. Portanto, trata-se de um olho composto. No interior dos omatídeos encontram-se os fotorreceptores rodopsina que, dependendo do inseto, pode ser de dois, três ou quatro tipos diferentes, cada qual com sensibilidade específica para uma banda do espectro eletromagnético (Figura 4). Sua função é a tradução do sinal luminoso em sinal elétrico ao terminal nervoso (BARGHINI, 2008). Normalmente, a visão do inseto é di ou tricromática, com sensibilidades de pico deslocadas em direção à extremidade UV do espectro (comprimento de onda menor que 380 nm) e azul (com comprimento de onda situado entre 400 e 450 nm) (LAND; NILSSON, 2012). Esta característica permite ao inseto distinguir a radiação ultravioleta e violeta, que são incomuns no ambiente terrestre e abundantes no céu, e as cores azul e verde que são próprias do meio terrestre. Assim, o inseto consegue definir o espaço no qual o indivíduo deve voar, explicando o porquê de os insetos serem fortemente atraídos por fontes luminosas que emitem radiação UV (BARGHINI, 2008). As lâmpadas LED praticamente não emitem luz ultravioleta, sendo a energia elétrica quase toda transformada em radiação eletromagnética dentro da faixa de espectro de luz visível ao ser humano (400-700 nm). Dessa forma, os LED`s são menos atrativos que outras lâmpadas que usam tecnologia que emite luz ultravioleta (EISENBEIS; EICK, 2011; VAN GRUNSVEN *et al.*, 2014; WAKEFIELD *et al.*, 2016). A Figura 4 permite comparar o espectro de luz emitido por lâmpadas LED branco fria e branco quente com a fluorescente compacta e a de filamento de tungstênio.

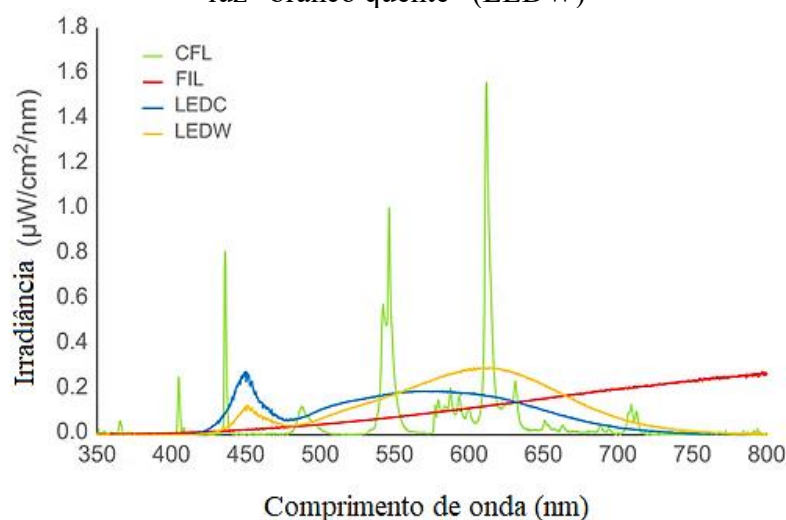
**Figura 4** - Sensibilidade espectral do olho do inseto com três rodopsinas



Fonte: BARGHINI (2008, p. 98 - modificado)



**Figura 5** - Distribuição do espectro de quatro tipos de luzes: fluorescente compacta (CFL), filamento de tungstênio (FIL), diodo emissor de luz “branco frio” (LEDC) e diodo emissor de luz “branco quente” (LEDW)



Fonte: WAKEFIELD *et al.* (2016, p. 8030)

Como já foi dito anteriormente e semelhante ao que foi relatado por Wakefield *et al.* (2016), no presente estudo a maioria dos insetos atraídos pelas luzes LED foram da Ordem Diptera. É sabido LEDs “brancos” de amplo espectro possam emitir comprimentos de onda “azul-esverdeados” (na faixa de 440 a 565 nm) (WAKEFIELD *et al.*, 2016), que é atraente para várias moscas picadoras (BISHOP *et al.*, 2004; BURKETT; BUTLER, 2005; BENTLEY *et al.*, 2009). Isso pode explicar a razão pela qual os dípteros foram tão atraídos pelas armadilhas luminosas utilizadas no presente estudo. A iluminação LED Branca fria (6500K) é a que mais emite espectros de luz dentro dessa faixa (Figura 5), o que pode explicar o maior número de coletas nas armadilhas que usaram esse tipo de iluminação. Dos indivíduos coletados aproximadamente 25,3 % pertencentes a famílias que apresentam espécies de mosquitos picadores e transmissores de doenças, sendo elas: Psychodidae (n=26), Culicidae (n=11), Ceratopogonidae (n=5) e Muscidae (n=3).

Apesar dos LEDs domésticos atraírem menos insetos do que outras tecnologias de iluminação (EISENBEIS; EICK, 2011; VAN GRUNSVEN *et al.*, 2014; POIANI *et al.*, 2015; WAKEFIELD *et al.*, 2016) a grande atração de dípteros pode ser problema. Os insetos vetores de doenças também representam uma ameaça à saúde humana quando atraídos por luzes artificiais. Indivíduos das famílias Culicidae, Psychodidae e Ceratopogonidae possuem espécies que podem transmitir doenças aos seres humanos e animais domésticos, representando uma ameaça à saúde humana quando atraídos por luzes artificiais (BARGHINI; MEDEIROS, 2010).

Foram coletadas durante a pesquisa dípteros dos gêneros *Anopheles* e *Lutzomyia*, que apresentam espécies transmissoras de doenças para os seres humanos.

Os culicídeos, por exemplo, apresentam uma forte atração a distância por iluminação artificial e não chegam a esbarrar na fonte de luz (BARGHINI; MEDEIROS, 2006). Nesses casos, os mosquitos são atraídos de longas distâncias dos seus criadouros, entram nas casas das pessoas e ficam circulando a lâmpada acesa, aumentando a chance de picadas e de transmissão de doenças (BARGHINI; MEDEIROS, 2010).

Já insetos com mobilidade menor, como os flebótomos, os indivíduos podem ser atraídos pelo cone luminoso da lâmpada acesa. Santos (2003) afirma que luminárias de luz branca podem facilitar a difusão da leishmaniose quando se encontra a menos de 50 metros de um ambiente silvestre.

É sabido que a região tropical é o maior reservatório de arbovírus do mundo e a iluminação artificial pode ser um importante fator de atratividade de vetores de novas doenças (BARGHINI; URBINATTI; NATAL, 2004)

Então, além da necessidade de desenvolver iluminação que seja mais econômica, gere menos resíduos e que limite as perturbações à vida selvagem, também deve-se levar em conta tecnologias que minimizem as consequências para a saúde humana. A influência da iluminação artificial como facilitador da disseminação de doenças transmitidas por insetos já foi relatada por outros pesquisadores, principalmente no caso da Doença de Chagas (WALTER *et al.*, 2005). Entretanto, a iluminação artificial é apenas mais uma variável a ser controlada em áreas de risco de transmissão de doenças infecciosas disseminadas por artrópodes.

## **Conclusão**

O número de insetos atraídos pelas lâmpadas LED foi pequeno, sendo que a LED Branca fria (6500K) atraiu 1,37 vezes mais insetos que a LED Branca quente (3000 K). A Ordem Diptera foi a mais atraída por ambas os tipos de iluminação, sendo as Famílias Chironomidae, Sciaridae, Mycetophilidae e Psychodidae as mais afetadas. Apesar das lâmpadas de tecnologia LED atraírem poucos insetos, esse tipo de iluminação ainda atrai dípteros dos gêneros *Anopheles* e *Lutzomyia*, que são importantes transmissoras de doenças. Assim, é importante entender melhor o efeito desse tipo de iluminação na atratividade de dípteros e outros insetos transmissoras de doenças para as casas dos seres humanos.

---

## Referências

ALMEIDA, L. M.; RIBEIRO-COSTA, C. S.; MARINONI, L. **Manual de Coleta, Conservação, Montagem e Identificação de Insetos**. Ribeirão Preto: Holos, 1998. 78p.

ALTERMATT, F.; EBERT, D. Reduced flight-to-light behaviour of moth populations exposed to long-term urban light pollution. **Biology Letters**, v. 12, n. 4, 20160111, 2016.

BARGHINI, A.; URBINATTI, P. R.; NATAL, D. Atração de mosquitos (Diptera: Culicidae) por lâmpadas incandescentes e fluorescentes. **Entomología y Vectores**, n.11, p. 611-622, 2004.

BARGHINI, A.; MEDEIROS, B. A. S. de. A iluminação artificial e o impacto sobre o meio ambiente. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** (Online), v. 5, p. 4-15, 2006.

BARGHINI, A. **Influência da iluminação artificial sobre a vida silvestre: técnicas para minimizar os impactos, com especial enfoque sobre os insetos**. 2008. Tese (Doutorado em Ecologia: Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Instituto de Biociências, University of São Paulo, São Paulo, 2008. doi:10.11606/T.41.2008.tde-13062008-100639. Acesso em: 2023-05-24.

BARGHINI, A.; MEDEIROS, B. A. S. de. Artificial lighting as a vector attractant and cause of disease diffusion. **Environmental Health Perspectives**, v. 118, p.1503-1506, 2010.

BENTLEY, M. T.; KAUFMAN, P. E.; KLINE, D. L.; HOGSETTE, J. A. Response of adult mosquitoes to light-emitting diodes placed in resting boxes and in the field. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 25, p. 285-29, 2009.

BISHOP, A. L.; WORRALL, R.; SPOHR, L. J.; MCKENZIE, H. J.; BARCHIA, I. M. Response of *Culicoides* spp. (Diptera: Ceratopogonidae) to light emitting diodes. **Australian Journal of Entomology**, v. 43, p. 184-188, 2004.

BURKETT, D. A.; BUTLER, J. F. Laboratory evaluation of colored light as an attractant for female *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, *Anopheles quadrimaculatus*, and *Culex nigripalpus*. **Florida Entomologist**, v. 88, p. 383-389, 2005.

CARRANO-MOREIRA, A. F. **Insetos: Manual de Coleta e Identificação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Technical Books, 2015. 369p.

DAVIES, T. W.; BENNIE, J.; GASTON, K. J. Street lighting changes the composition of invertebrate communities. **Biology Letters**, v. 8, n. 5, p. 764-767, 2012.

EISENBEIS, G.; EICK, K. Studie zur Anziehung nachtaktiver Insekten an die Straßenbeleuchtung unter Einbeziehung von LEDs. **Natur und Landschaft**, v. 86, p. 298-306, 2011.

FALCHI, F.; CINZANO, P.; ELVIDGE, C. D.; KEITH, D. M.; HAIM, A. Limiting the impact of light pollution on human health, environment and stellar visibility. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 2714-2722, 2011.

HÖLKER, F.; WOLTER, C.; PERKIN, E. K.; TOCKNER, K. Light pollution as a biodiversity threat. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 25, p. 681-682, 2011.

JONES, J.; FRANCIS, C. M. The effects of light characteristics on avian mortality at lighthouses. **Journal of Avian Biology**, v. 34, p. 328-333, 2003.

LAND, M. F.; NILSSON, D.-E. **Animal eyes**. 2. ed. Oxford: Oxford University Press, 2012.

LONGCORE, T.; RICH, C. Ecological light pollution. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 2, p. 191-198, 2004.

PAWSON, S. M.; BADER, M. K.-F. LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. **Ecological Applications**, v. 24, p. 1561-1568, 2014.

PERKIN, E. K.; HÖLKER, F.; RICHARDSON, J. S.; SADLER, J. P.; WOLTER, C.; TOCKNER, K. The influence of artificial light on stream and riparian ecosystems: questions, challenges and perspectives. **Ecosphere**, v. 2, n. 11, p. 1-16, 2011.

POIANI, S.; DIETRICH, C.; BARROSO, A.; COSTA-LEONARDO, A. M. Effects of residential energy-saving lamps on the attraction of nocturnal insects. **Lighting Research and Technology**, v. 47, p. 338-348, 2015.

RAFAEL, J. A.; G. A. R. MELO; C. J. B. de CARVALHO; R. CONSTANTINO (Ed.). **Insetos do Brasil: Diversidade e Taxonomia**. Ribeirão Preto, Holos Editora, 2012. 810p.

SANTOS, T. G. dos; MELLO GAIA, M. C. de; BRAZIL, R. P. Attraction of sand flies (Diptera: Psychodidae) to light traps in rural areas of Minas Gerais state, Brazil. **Journal of the American Mosquito Control Association**, v. 1, n. 19, p. 74-78, 2003.

SANTOS, T. S. dos; BATISTA, M. C.; POZZA, S. A.; ROSSI, L.S. Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais. **Engenharia Sanitaria e Ambiental** (Online), v. 20, n. 4, p. 595-602, 2015.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. **Energy Star Program**. Information on Compact Fluorescent Light Bulbs (CFLs) and Mercury, 2010. Disponível em: [http://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change\\_light/downloads/Fact\\_Sheet\\_Mercury.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/promotions/change_light/downloads/Fact_Sheet_Mercury.pdf). Acesso em: 01 abr. 2022.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Compact Fluorescent Light Bulbs (CFLs)**, 2012. Disponível em: <http://www.epa.gov/cfl/cfl-hg.html>. Acesso em: 10 abr. 2022.

VAN GRUNSVEN, R. H. A.; DONNERS, M.; BOEKEE, K.; TICHELAAR, I.; VAN GEFFEN, K. G.; GROENENDIJK, D.; BERENDSE, E. M.; VEENENDAAL, E. M. Spectral composition of light sources and insect phototaxis, with an evaluation of existing spectral response models. **Journal of Insect Conservation**, v. 18, p. 225-231, 2014.

WAKEFIELD, A.; BROYLES, M.; STONE, E. L.; JONES, G.; HARRIS, S. Experimentally comparing the attractiveness of domestic lights to insects: Do LEDs attract fewer insects than conventional light types? **Ecology and Evolution**, v. 6, p. 8028-8036, 2016.

WALTER, A.; POJO DO ROGO, I.; FERREIRA, A. J.; ROGIER, C. Risk factors for reinvasion of human dwellings by sylvatic triatomines in northern Bahia State, Brazil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 21, n. 3, p. 974-978, 2005.

WANG, J.; FENG, X.; ANDERSON, C. W. N.; XING, Y.; SHANG, L. Remediation of mercury contaminated sites - A review. **Journal of Hazardous Materials**, v. 221-222, p. 1-8, 2012.

WARREN, A. D. Predation of five species of Noctuidae at ultraviolet light by the Western Yellowjacket (Hymenoptera: Vespidae). **Journal of the Lepidopterists' Society**, v. 44, n. 1, p. 32, 1990.