



ILUMINAÇÃO COSTEIRA

Busca de novas tecnologias e políticas públicas para diminuição dos impactos causados pela iluminação ao bioma costeiro

Silvia Maria Carneiro de Campos

RESUMO

O artigo trata a influência da luz nos ambientes costeiros e o impacto da iluminação artificial nas tartarugas marinhas, apresentando soluções para introdução de novas tecnologias em iluminação, mais adequadas à iluminação costeira, bem como quais são as políticas públicas adotadas em outras localidades para manutenção do bioma natural.

Palavras Chave: Iluminação costeira, tartarugas marinhas, fototaxia, Led's.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o quinto maior país do mundo em extensão territorial, com 8.514.876 km², e sua costa, à leste do Oceano Atlântico, tem a extensão de sete mil quilômetros, 7.367 km para ser exato, seu contorno aumenta para cerca de nove mil quilômetros se consideramos as saliências e reentrâncias geológicas.

Neste cenário existem 273 municípios no litoral brasileiro, 46 portos marítimos, e 21 portos pluviais e nenhuma legislação sobre iluminação costeira. No Brasil não existe normalização para iluminar as praias, assunto este que precisa entrar em debate para evitar a extinção de espécies de anfíbios nativas, já que todos os anos, aumentam os empreendimentos imobiliários no litoral brasileiro e a tendência é ocuparmos cada vez mais estes espaços.

A maior referência em conservação das tartarugas marinhas no Brasil é o Projeto Tamar, cujo nome surgiu da união de duas palavras: Tartaruga Marinha, conseqüentemente TAMAR. Seu fundador Guy Marcovaldi é atual diretor do programa, e conseguiu regulamentar algumas diretrizes junto ao CONAMA sobre a iluminação nas áreas de proteção do projeto na Bahia. O projeto tem mapeado pelos menos 26 áreas de desova importantes ao desenvolvimento destas espécies na costa brasileira. (figura 1)



Figura 1: Mapeamento de áreas de desova das tartarugas marinhas no Brasil

Fonte: Projeto Tamar 2019 disponível em www.tamar.org.br

De domínio público, o Projeto Tamar, disponibiliza material técnico para auxiliar o uso de iluminação artificial nas áreas costeiras, principalmente em áreas de desova. Preocupado com a possível extinção das espécies, este instituto de pesquisas promove a conservação das tartarugas nas praias brasileiras.

O intuito deste artigo é apresentar dados sobre o sistema visual das tartarugas marinhas e quais os impactos causados pela iluminação artificial no ambiente costeiro, quanto a desova das tartarugas, assim como apresentar o conceito de iluminação amigável para estes locais, bem como sugerir diretrizes para uma iluminação menos invasiva às tartarugas e a outras espécies, ou seja, uma iluminação ECO Friendly.

A FOTOPOLUIÇÃO E AS TARTARUGAS MARINHAS

Existem dois tipos de luz artificial que têm o impacto mais significativo sobre os habitats de nidificação das tartarugas marinhas.

O primeiro é a luz intrusa, que se refere à luz que sai da área a ser iluminada. O segundo é o "brilho", que se refere à luminância da fonte, o ofuscamento ou brilho indesejado da perspectiva de um observador.

O ofuscamento ocorre quando o brilho da fonte é maior do que a luminância do campo visual à qual os olhos estão adaptados, independentemente se essa luz realmente ilumina a área em que o observador está localizado. O brilho faz com que o olho seja continuamente atraído em direção à fonte brilhante e também pode



impedir o observador de visualizar adequadamente um alvo pretendido. Em ambos os casos, é necessário um ajuste de diretrizes de projeto, a fim de iluminar o necessário, sem causar impactos ao meio.

Legenda: A iluminação artificial da praia a noite pode interferir no comportamento das tartarugas adultas e dos filhotes pela fototaxia positiva e pela fototaxia negativa.

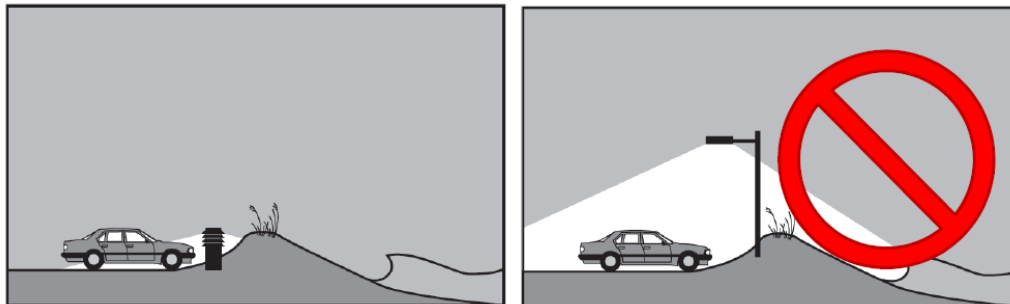


Figura 2: comparativo de iluminação adequada e inadequada na costa marítima.
Fonte: Dados produzidos pelo o autor (2017) adaptado de Witherington e Martin (2003)

Para não prejudicar a reprodução das tartarugas marinhas luminárias utilizadas nas construções costeiras precisam de projetos qualificados como full cut off, estas luminárias necessitam tipologias que não possam ser visualizadas da costa (FIGURA3). Além disso, é necessário avaliar o espectro da luz das fontes, cuja recomendação para este fim é um espectro de comprimento superior a 580nm, a fim de evitar a fototaxia positiva e a fototaxia negativa nos animais deste bioma. (STFL 2014).

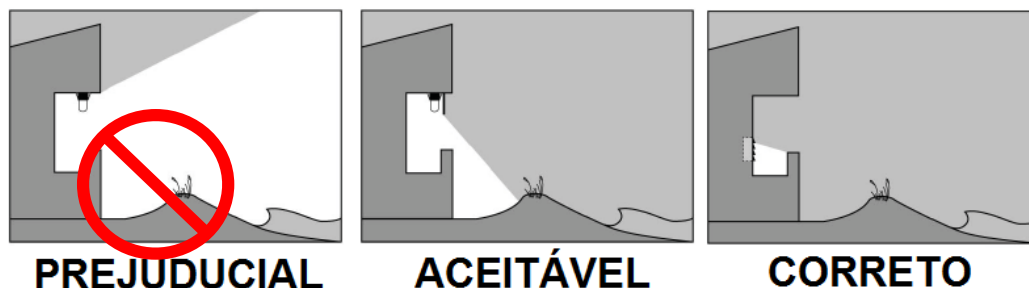


Figura 3: comparativo de iluminação adequada e inadequada na costa marítima.
Fonte: Dados produzidos pelo o autor (2019) adaptado de Witherington e Martin (2003)



Para as tartarugas marinhas a fotopoluição é um fator impactante em todas as fases de sua vida, mas principalmente quando elas são filhotes. Os filhotes rompem os ovos após um período de incubação que varia de 45 a 60 dias, dependendo do calor da areia. Em movimentos sincronizados, emergem em conjunto, retirando a areia até alcançarem a superfície, e correm em grupos para o mar. A saída do ninho acontece quase sempre à noite, estimulada pelo resfriamento da areia. Naturalmente durante a desova, os filhotes correm para o mar, orientados pela luz da lua, refletidos na água, mas quando é utilizada a luz artificial na costa, ocorre uma desorientação chamada fototaxia positiva, onde os filhotes são atraídos pela luz e morrem antes de chegar à água. Deve-se evitar a visualização de fontes de luz em toda a área costeira, onde a iluminação deve ser balizada o mais baixo possível, e voltada ao sentido contrário ao da praia, para que a luz não cause atração das tartarugas e de outros animais marinhos, lembrando que existe uma lei de proteção ambiental que garante zero lux, ou seja, proíbe a iluminação na zona costeira do sul da Bahia onde existe o Centro Tamar. (SALIES 2015)

A desorientação afeta negativamente a sobrevivência dos recém-nascidos, aumentando as chances de filhotes serem comidos por predadores terrestres, atropelados e esmagados por veículos nas vias locais, mortos por exposição a temperaturas letais após o nascer do sol exautidos e desidratados ao não encontrarem a água, que é o seu habitat natural. Estudos comportamentais mostraram que os filhotes orientam-se por comprimentos de onda mais curtos de luz (luz branca), incluindo o ultravioleta, que é medido em 360 nanômetros, eles são mais sensíveis a comprimentos de onda variando entre 360 e 500 nm. As pesquisas indicaram que os filhotes são menos sensíveis a comprimentos de onda superiores a 580 nanômetros. (Witherington e Bjorndal, 1991).

Estudos documentados por Kawamura et al. (2009) na praia de Nagasaki-Bana em Kagoshima, Japão, documentaram a influência da iluminação UV na orientação dos filhotes, com ênfase especial em como a iluminação lunar poderia afetar sua orientação e o reconhecimento da direção do mar, a pesquisa registrou luz ultravioleta no mar durante todas as fases do ciclo lunar. Fato que condena o uso de fontes de luz com emissão de espectro UV, para não prejudicar a orientação dos filhotes na desova.

Além dos problemas causados pela fototaxia positiva que atrai os filhotes para a luz, existe a fototaxia negativa que impede que as tartarugas fêmeas adultas cheguem à costa para a desova. Elas preferem praias onde não há iluminação, o que causa em determinadas áreas excesso de desovas, agrupadas nas poucas áreas escuras remanescentes. Estas altas concentrações de ninho podem ser prejudiciais à população de tartarugas marinhas porque ninhos concentrados aumentam a taxa de mortalidade de recém-nascidos, o que diminui as chances de sobrevivência das espécies nativas. As tartarugas marinhas adultas também podem ter dificuldades em encontrar o caminho de volta ao oceano na presença de luz artificial. (SALIES 2015)



SISTEMA VISUAL DAS TARTARUGAS MARINHAS

Os filhotes são mais sensíveis aos comprimentos de onda mais curtos, ou seja a luz ultra violeta, com fotorreceptores sensíveis em uma faixa de comprimentos de onda entre 360 e 500 nm. Já para as tartarugas adultas, à medida que elas avançam em maiores profundidades, a sensibilidade tende a aumentar para 520~580 nm. (BARTOL 2003). As tartarugas têm cones contendo gotículas claras de óleo que são sensíveis ao espectro da luz UV (MATHGER 2007). Com este conjunto visual a tartaruga é capaz de distinguir entre objetos que refletem a luz UV daqueles que refletem luz visível de comprimento de onda entre 400~700nm, detectada por cones com seu pico visual no azul a 440 nm (GRANDA 1972). Esses fotorreceptores permitem além da visão, perceber diferenças em radiâncias, potencialmente úteis em distinguir sua navegação entre horizontes em direção a terra e em direção ao mar.

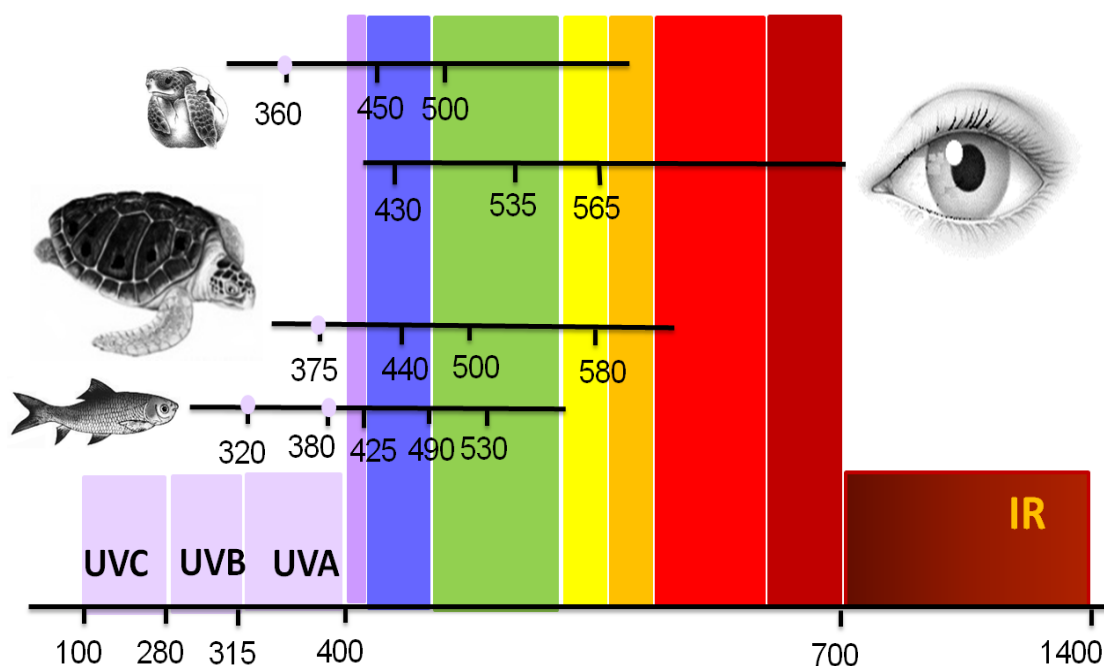


Figura 4: comparativo de iluminação adequada e inadequada na costa marítima.
Fonte: Dados produzidos pelo o autor (2019) adaptado de Witherington e Martin (2003)

POLITICAS PÚBLICAS PARA CONSERVAÇÃO MARINHA

A Clínica de Conservação da Faculdade de Direito de Levin, da Universidade da Flórida, realizou uma análise de políticas publicas para a conservação marinha em nome da organização “Sea Turtle Conservancy” para fornecer orientações aos governos locais, órgãos reguladores estaduais, defensores das tartarugas marinhas



e residentes costeiros sobre os meios mais adequados para abordar preocupações de iluminação artificial à beira-mar na Flórida.

Como resultado, foi publicado em 2014 um guia, desenvolvido por um grupo multidisciplinar de especialistas intitulado “*Sea Turtle Friendly Lighting a Model Ordinance for Local Governments & Model Guidelines for Incorporation into Governing Documents of planned Communities: Condominiums, cooperatives and homeowners Associations*” (STFL 2014), incluindo a proposta com um novo modelo de iluminação amigável para tartarugas marinhas, com orientações de como iluminar este ambiente.

Desde que o “*Department of Environmental Protection*” (DEP 1993) na Flórida adotou o primeiro modelo de iluminação em 1993, vem orientando seus usuários para que a iluminação seja em comprimento de onda superior a 580 nm, que é o fim do espectro de luz visível às tatarugas marinahs e o menos prejudicial para elas durante a desova em regiões costeiras.

Segundo o Guia; os princípios para uma iluminação amigável à tartaruga marinha são:

- A luz artificial externa deve ser de baixo fluxo luminoso, o mínimo possível.
- As luminárias devem ser full cut off, com nenhuma luz emitida a um angulo maior que 90 graus
- A luz deve ser dirigida para baixo
- A luz não deve ser visível da praia
- A luz artificial externa deve ser de comprimento de ondas longas (ou seja, 580 nm ou superior).
- Areas com dunas não devem ser iluminadas junto ao mar
- Fogueiras são proibidas durante a época de nidificação. (desova)
- Promover fiscalização das areas durante o periodo da desova.
- A portaria recomenda multar os infratores.
- A portaria estabelece penalidades criminais ao descumprimento da regulamentação.
- A cada dia do descumprimento, representa uma penalidade distinta.
- A portaria prevê educação ao público
- A portaria prevê educação e suporte aos projetos dos construtores.



Legenda: O Departamento de Proteção Ambiental, recomenda fontes de luz artificial emitindo predominantemente luz de comprimento de onda acima de 570 nanômetros, que estão no espectro de luz amarelo, ambar ou vermelho.



Figura 4: Retrofit realizado no restaurante *O'Sucks and Trader Rickey's Cocoa Beach* na Florida USA Fonte: (STFL 2014)

Com os avanços recentes na tecnologia da iluminação, existem no mercado diferentes tipologias de diodos emissores de luz, os LEDs, capazes de emitir luz em diferentes espectros de luz, inclusive de luz monocromática. Com a evolução do design de luminárias, é possível oferecer diferentes tipologias para luminárias full cut off, visto que elas comprovadamente diminuem significativamente os impactos da luz artificial sobre as tartarugas marinhas e outros anfíbios. (LYTHGOE 1988)

CONCLUSÕES

EVOLUÇÃO TECNOLÓGICA DAS FONTES

Como sistema visual das tartarugas pode identificar o espectro UV, é necessário que as fontes utilizadas na iluminação costeira não contenham o UV, ou utilizem filtros adequados, é desaconselhável o uso lâmpadas fluorescentes, de vapor de mercúrio ou de vapor metálico, que são as fontes que mais produzem o espectro UV.

No passado, a lâmpada mais amigável para as tartarugas era considerada a tecnologia do vapor de sódio de baixa pressão e as lâmpadas incandescentes com filtro amarelo. Atualmente esta tecnologia é considerada ultrapassada, e todas as fontes de iluminação estão sendo substituídas pelos LED's, diodos emissores de luz. Com eles podemos desenvolver novos produtos em âmbar e vermelho que são os espectros de luz recomendados pela Comissão de Conservação de Peixes e Vida Selvagem da Flórida como "Wildlife Lighting".



PERRY ET AL.

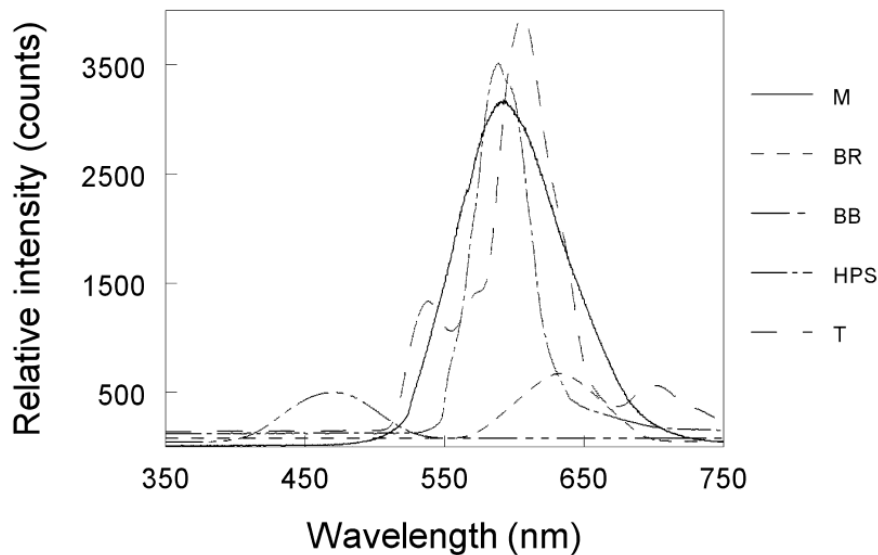


Figura 5: Espectro de uma lampada de vapor de sódio de alta pressão Fonte: Pery et al 2008

É fato, que hoje grande parte dos LED's produz luz através de um diodo IN GAN, de ídrio e nitreto de gálio que produz a luz azul, e depois recebe uma dopagem com substrato de fósforo para tornar a luz branca, quanto maior é o substrato de fósforo, mais amarelada fica a luz da fonte. Como o pico visual das tartarugas é no azul, torna-se necessário diminuir ou extinguir o espectro de luz azul das fontes para esta aplicação.

MONTAGEM DO PROTÓTIPO

Junto à um fabricante de luminárias nacionais, a Intelight Indústria de iluminação, solicitamos a um fabricante de diodos, no caso Nichia Corporate, um diodo com emissão de espectro acima de 580 nm (nanômetros) monocromático.

O fabricante de diodos apresentou algumas opções;

Uma delas foi a utilização da tecnologia AlInGaP, monocromático com aspecto visual âmbar, mas ocorre o Color Shift devido a alteração termal e uma rápida depreciação do fluxo luminoso do diodo ao longo do tempo. Essa tecnologia é barata, mas não possui nenhuma estabilidade.

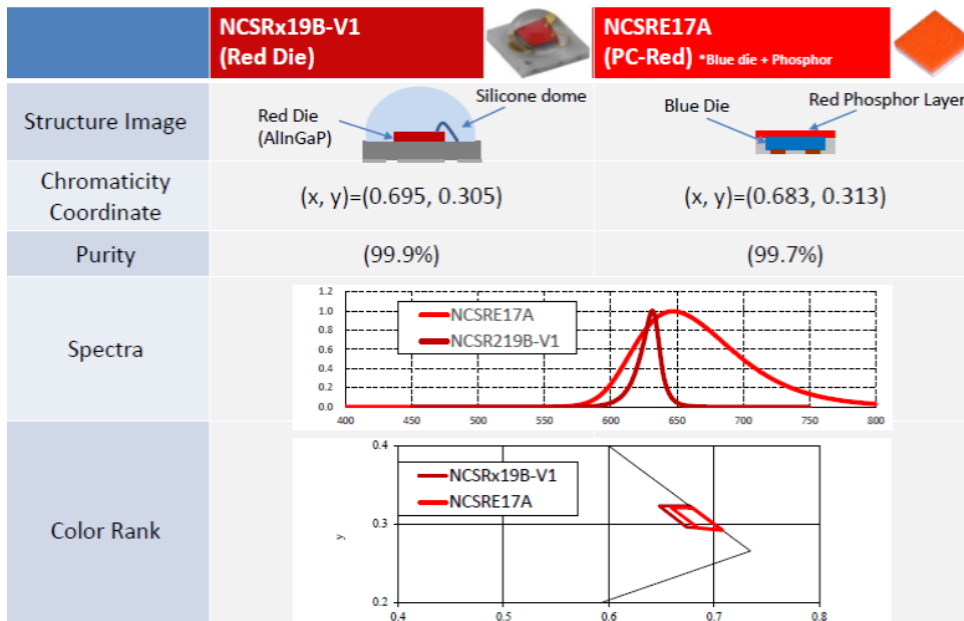


Figura 6: Comparação de diferentes tecnologias em led Fonte Nichia Corporate 2019

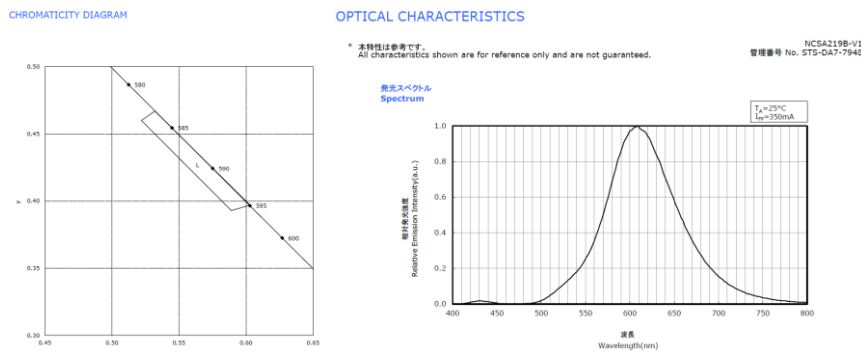


Figura 7: Espectro no diodo fosforo converter blue die FONTE: Nichia Corporate 2018

Optamos pelo uso de um diodo com tecnologia de fosforo converter em âmbar e vermelho, Blue die e fosforo âmbar com 118lm/w 120° para montar o protótipo. É um diodo IN GAN, mas utiliza um filtro bloqueador do espectro azul da luz.

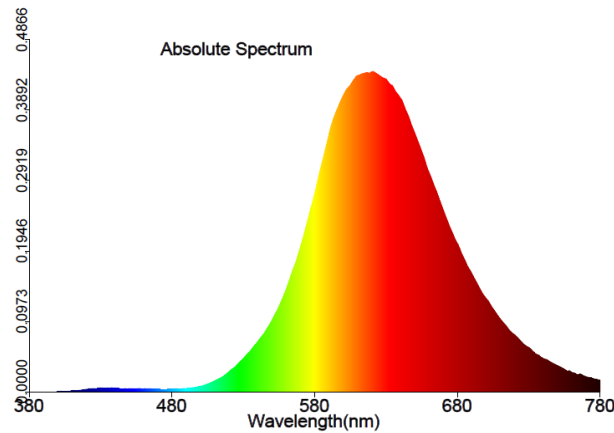


Figura 8: Espectro no novo produto a 605nm Fonte Interlight Iluminação 2018

Testamos as características óticas do produto depois de pronto e o índice de reprodução de cores apresentou uma variação em torno de 55~62 (CCT), bem razoável para o tipo de aplicação desejada, atingindo o espectro de 605nm, mais alto do que o que solicitamos e extremamente desejável ao projeto (figura 8). Nos testes de campo constatamos uma aparência visual agradável, com aspecto âmbar, tornado o produto compatível aos interesses estéticos na iluminação da paisagem sob o ponto de vista humano, com o valor agregado de utilizar um produto com um espectro que pode minimizar os impactos em outros espécimes animais. (figura 9).

O desafio agora é implantarmos testes de campo para medição de mudanças no comportamento das tartarugas em áreas afetadas pelo impacto da poluição luminosa.

Legenda: teste em campo dos produtos montados com diodos de 605nm nesta fase não foram utilizadas lentes na composição dos produtos



Figura 9: percepção humana da luz a 605nm Fonte Silvia Carneiro 2018

AGRADECIMENTOS

Um especial agradecimento às equipes da Interlight iluminação que apoiaram a pesquisa e os protótipos dos produtos, especialmente à David Aloï e a Nichia



Corporete que forneceu os diodos, especialmente à Raul Campião, ambos foram fundamentais e tornaram os protótipos desta pesquisa uma realidade.

REFERÊNCIAS:

BARCHEL, N., BRUCE, R., GRIMM, C., HAGGIT, D., LICHTER, B., McCRAY, J. *Sea Turtle Friendly Lighting – A model guidelines for local governments & Model guidelines for incorporation into governing documents of planned communities: Condominus, Cooperatives and homeowner's association* Edition Revised, 2014

BARTOL, S. M. & MUSICK, J. A. *The Biology of Sea Turtles*, capítulo 3 Vol. II by CRC Press LLC 2003

CELANO, L., SULLIVAN, C., FIELD, A., SALMON, M. *Seafinding revisited: how hatchling marine turtles respond to natural lighting at a nesting beach*. Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2018

GRANDA, A. *Eyes and their sensitivity to light of differing wavelengths. In Turtles: Perspectives and Research*. Warless M, Morlock H. New York: John Wiley and Sons; 1979.

KAWAMURA, G., NAOHARA, T. TANAKA, Y., NISHI, T., ANRAKU, K. *Near-ultraviolet radiation guides the emerged hatchlings of loggerhead turtles *Caretta caretta* (Linnaeus) from a nesting beach to the sea at night*. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology 42, 2009

LYTHGOE, J. *Light and vision in the aquatic environment. In Sensory Biology of Aquatic Animals*. New York: Atema J, Fay R, Popper A, Tavolga W, 1988.

MATHGER, L. M., LITHERLAND, L. & FRITSSCHES, K. *Anatomical study of the visual capacities of the green turtle, *Chelonia mydas**. Copeia; 2007.

PERRY G., BUCHANAN B., FISHER R.N., SALMON M., WISE S.E. *Effects of Artificial Night Lighting on Amphibians and Reptiles in Urban Environments*. by the Society for the Study of Amphibians and Reptiles Urban Herpetology. 2008.



SALIES E, LARA P H, PEZETTO F, VERISSIMO L F, ABREU J A, SOARES L A, TOGNIN F. **Cartilha de Fotopolição Projeto Tamar**. Bahia: Fundação Pró Tamar, 2015

WITHERINGTON B.E.& MARTIN E.R. *Technical Report TR-2 Understanding, Assessing, and Resolving Light-Pollution Problems on Sea Turtle Nesting Beaches Florida Fish and Wildlife Conservation Commission Florida Marine Research Institute*. Ecological Associates, Inc P. O. Box 405 Jensen Beach, Florida 34958: Florida Fish and Wildlife Conservation Commission FMRI 3^a Edition Revised 2003

WITHERINGTON B.E.& MARTIN E.R. *Understanding, assessing, and resolving light-pollution problems on sea turtle nesting beaches*. *Environmental Protection*. Id. 1996

WITHERING, B.E. & BJORNDAL, K. A. *Influences of artificial Lighting on the seaward orientation of hatchling loggerhead turtles*. *Biol. Conserv* 55 1991



ANEXO

TERMO DE COMPROMISSO DE APRESENTAÇÃO 13º Congresso de Gestão Pública do Rio Grande do Norte

“Comprometo-me, caso meu Trabalho seja aprovado pelo Comitê Científico, a comparecer ou nomear um representante para sua apresentação, no dia e hora previamente comunicados.

Autorizo a publicação do material utilizado em minha apresentação no site do evento, assim como o uso de sons e imagens. Autorizo também o recebimento de mensagens SMS através de meu celular com informações relativas ao meu trabalho científico e minha participação no congresso. ”

Nome/Assinatura do autor