

COLISÕES DE AVES COM FACHADAS ENVIDRAÇADAS: DIRETRIZES DE PROJETO

Ana Paula Tosetti Sapia (IC) e Erika Ciconelli de Figueiredo (Orientadora)

Apoio: PIBIC Mackpesquisa

RESUMO

Os avanços na construção civil e na tecnologia do vidro tornaram possível o emprego de fachadas envidraçadas em edifícios, priorizando o conforto interno e a aparência das edificações. No entanto, o impacto destes edifícios no entorno é uma questão pouco explorada. Vidros altamente refletivos, que espelham o céu e a vegetação ao redor, são uma ameaça às aves, matando milhões todos os anos. Estima-se que 600 milhões de aves morram anualmente apenas nos Estados Unidos, onde há registro de dados desse monitoramento. Novas construções podem incorporar estratégias amigáveis às aves desde seu projeto, entretanto, existem formas de se reduzir a mortalidade em edifícios já construídos. A pesquisa foi desenvolvida para compreender o que leva uma ave a colidir, analisando seu mecanismo de visão e seu comportamento. O trabalho analisa soluções projetuais em edifícios *bird-friendly*, investigando quais são os parâmetros de um projeto que mitigue as colisões, considerando seu design, a escolha de materiais e as medidas necessárias em relação à iluminação, interna e externa, dos edifícios. A pesquisa contempla a análise e crítica de dois objetos de pesquisa: o edifício do Instituto Moreira Salles em São Paulo e o edifício do Centro Tecnológico de uma indústria automobilística do ABC, em São Caetano do Sul. Foram aplicados e analisados os parâmetros identificados pelo *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), que é um sistema que traz orientações sobre a questão, juntamente com informações coletadas durante a pesquisa, gerando diretrizes de projeto para edifícios com peles de vidro.

Palavras-chave: colisão de aves, fachadas envidraçadas, construção sustentável

ABSTRACT

The advances in the civil construction and in glass technology made the use of glass façades possible, prioritizing the internal comfort and buildings' appearance. However, the impact of these constructions in the surroundings is a matter that has been little explored. Highly reflective façades, which reflects the sky and vegetation around are hazardous to the birds, killing millions of them every year. It is estimated that 600 million of birds die annually, only in the United States, where this data has been monitored and registered. New constructions are able to make use of these bird-friendly strategies during the project, although there are also retrofitting strategies for built envelopes. This research explores bird collision reasons, as well as it analyzes their vision mechanism and behavior. It analyses bird friendly buildings, studying its' facades in order to trace envelope parameters for mitigating bird collisions, as well as it considers building design and material possibilities. This study analyses two cases: the Instituto Moreira Salles building in São Paulo and the Technological Center building of a car industry in São Caetano do Sul (a city near São Paulo). The Leadership in Energy and Environmental Design LEED's guidelines were used to analyze the selected buildings with the local information collected during the research. The objective of this research is to propose local guidelines for existing and new glass-façade high rises.

Keywords: bird collision, glass facades, sustainable construction

1. INTRODUÇÃO

Os edifícios altos de escritório tiveram início nas cidades de Nova Iorque e Chicago, no fim do século XIX. A independência do edifício em relação ao entorno foi possibilitada na década de 1950, com a aplicação de novas tecnologias, como a iluminação artificial com lâmpadas fluorescentes e o ar-condicionado. Este conceito arquitetônico passou a ser conhecido como Estilo Internacional (WILLIS, 1995). Edifícios com fachadas envidraçadas podem ser observados desde o início do século XX.

Esta mudança na arquitetura gerou um impacto para as aves e se estende até a atualidade, que, por diversas questões, como estilo arquitetônico, conforto ambiental, mercado imobiliário, certificações, etc., tem-se adotado cada vez mais o vidro como partido arquitetônico das construções. No entanto, a paisagem construída tornou-se perigosa para os pássaros. Especula-se que estas colisões sejam a razão do declínio da população mundial de pássaros (BARROS, 2010).

Entretanto, projetar novos edifícios para serem adequados às aves não significa restringir a composição da envoltória, tão pouco adicionar maior custo à construção. Arquitetos no mundo todo têm projetado edifícios, que empregam pouco vidro ou não o expõem. Em alguns casos, as soluções empregadas nasceram de necessidades funcionais, como sombreamento das fachadas em climas quentes, em outros, por questões de composição das fachadas, sendo acidentalmente *bird-friendly* ou apropriadas para as aves (SHEPPARD, 2011).

Estima-se que o número de mortes de aves por colisões com vidros, transparentes ou reflexivos, seja de bilhões anualmente no mundo, portanto, estudar formas de prevenir as colisões e as mortes das aves, é de relevância ética e moral, além de ambiental (KLEM; SAENGER, 2013). Segundo GBES (2015), existem mais de dez mil espécies de aves e, em sua maioria, não estão perto da extinção. Entretanto, mesmo não se sabendo o número exato de aves existentes, estima-se que muitas espécies tenham perdido cerca de 90% de sua população em apenas 40 anos.

Baseando-se em 23 estudos, foi estimado que entre 365 a 988 milhões de pássaros (uma média de 599 milhões) morrem anualmente por colisões em prédios apenas nos EUA, com aproximadamente 56% de mortalidade em andares baixos, 44% em residências e menos de 1% em andares altos. (LOSS et al., 2014 p.8, tradução nossa).

O problema das colisões levou à fundação de organizações como a *Fatal Light Awareness Program* (FLAP), que se empenha em gerar números concretos sobre a mortalidade das aves devido às colisões. Para isso, durante as estações migratórias,

voluntários da organização caminham por uma rota de quatro milhas (aproximadamente 6,4 quilômetros) no centro de Washington para inspecionar edifícios e coletar as aves mortas ou feridas. As aves lesionadas são levadas ao centro de reabilitação da organização e as que vieram a óbito são etiquetadas identificando a espécie e porte. As mortes são computadas e as carcaças são encaminhadas para museus e outras organizações, como na figura 1. Infelizmente, não existe um movimento desse tipo no Brasil.

Figura 1: Aves coletadas pela *Fatal Light Awareness Program* FLAP em Toronto, Canadá



Fonte: ABC, 2011, p. 36

Figura 2: Vestígio da colisão de uma ave com um painel de vidro



Fonte: ABC, 2011, p. 47

É necessário que os arquitetos estejam bem informados sobre este problema, pois são eles que especificam os acabamentos de uma edificação. Sendo assim, o objetivo da pesquisa é demonstrar o impacto de áreas envidraçadas em edifícios para as aves e propor estratégias de projetos que mitiguem as colisões. Esta pesquisa aborda: as razões de colisão das aves, seu mecanismo de visão e seu comportamento; quais as situações que apresentam risco para as aves; o impacto da iluminação noturna; soluções vernaculares; diretrizes para fachadas; orientações propostas pelo *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) para construções apropriadas às aves; análise de dois estudos de caso (Instituto Moreira Salles em São Paulo e o edifício do Centro Tecnológico de uma indústria automobilística do ABC, em São Caetano do Sul); propostas para o edifício do Centro Tecnológico da indústria automobilística do ABC.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Sheppard (2011), as aves possuem uma função ecológica fundamental para o ecossistema do planeta. Elas consomem uma grande quantidade de insetos e roedores, controlando assim suas populações e, portanto, reduzindo os danos causados por estes em plantações e também minimizando a transmissão de doenças, como dengue, malária e Chikungunya. Além disso, segundo o GBES (2015), as aves polinizam as plantas, dispersam sementes e, além de serem predadores, são também presa de outros animais. Deste modo, o alto índice de mortalidade das aves significa um desequilíbrio

ecológico em escala global, visto que as aves estão presentes em praticamente todo o mundo.

Segundo a Audubon Minnesota (2010), as aves estão perdendo seu habitat natural, devido à destruição das florestas, transferindo-se assim para as cidades. Entretanto, edifícios com fachadas reflexivas, que tornam a paisagem perigosa para as aves, fazem parte do cenário da sociedade moderna. Logo, o problema se agrava com a combinação entre a o deslocamento das aves para as cidades e a paisagem perigosa.

Segundo Klem (1990), após a colisão, ocorre um inchaço cerebral, aumentando a pressão dentro do crânio da ave, causando hérnia cranial e hemorragia cerebral. Quando não o impacto não a mata instantaneamente, ocasiona um atordoamento, deixando-a mais vulnerável aos predadores ou a possíveis acidentes.

Os panos de vidro não são os únicos causadores de acidentes com aves. Segundo Longcore e Rich (2004), no último século a intensidade da iluminação artificial cresceu consideravelmente, a ponto de causar um impacto importante nas espécies selvagens. O excesso de luz impossibilita a visão clara do céu noturno, ofuscando a luz das estrelas, prejudicando o regime natural de ecossistemas terrestres e aquáticos. Segundo Gauthreaux e Belser (2006), centenas de espécies de aves migram, especialmente, durante à noite e sabe-se que as luzes artificiais, sejam de edifícios ou outras estruturas, as atraem, atrapalhando sua trajetória migratória. Quando as aves encontram áreas muito iluminadas, elas tendem a circundar a região, como ilustra a figura 3 (cada ponto/risco branco da figura é uma ave), ficando desorientadas, cansadas, relutantes ou incapazes de mudar de direção, levando a ave a colidir, seja com edifícios, ou outras aves. A associação do contínuo crescimento na urbanização global e estruturas antropogênicas tornou a poluição luminosa uma questão importante para o ecossistema de muitas espécies (KEMPENAERS et al., 2010). As aves mais afetadas são as migratórias, em razão da migração noturna. O problema pode ser agravado dependendo das condições climáticas, pois, quando o clima está rigoroso, as aves tendem a voar mais baixo, ficando mais próximas da área urbana, aumentando assim a chance de ocorrerem colisões (RODRÍGUEZ et al., 2017).

Verificou-se que aproximadamente 98% dos vertebrados voadores migram em alturas abaixo de 1640 pés (aproximadamente 500 metros) durante a primavera. Atualmente, os edifícios mais altos alcançam ou até ultrapassam essa altura. Tempestades e nevoeiros fazem com que as aves migratórias voem mais baixo, podendo causar desorientação, colocando inúmeras aves em risco no sentido de colidirem com as edificações. A figura 6 indica as áreas mais perigosas para as aves (área hachurada em

vermelho). Nesta região encontram-se casas e áreas até o terceiro andar de edifícios, cujas colisões acontecem principalmente durante as manhãs. Nesta faixa, as aves estão mais propensas a voarem em direção às fachadas envidraçadas, pois é nessa altura que a vegetação circundante é refletida, além do céu e outros recursos atraentes, como fontes d'água. Andares intermediários, entre 50 e 500 pés de altura (aproximadamente entre 15 e 150 metros), também representam riscos no âmbito da migração aviária. Os pássaros descem das alturas de migração (alturas mais elevadas) no início da manhã para descansar e procurar alimento (AUDUBON MINNESOTA, 2010).

Segundo Sheppard (2011), arquitetos, urbanistas e legisladores podem ser a chave para a solução definitiva do problema. Existem parâmetros a serem seguidos para a construção de edifícios considerados *bird-friendly*, assim como muitas formas de se reduzir a mortalidade das aves em edifícios já construídos. Algumas soluções consistem no emprego de proteções solares, uso de vidros opacos e translúcidos, aplicação de serigrafia e/ou películas nos vidros, entre outros. Outra solução bem aceita por cientistas e arquitetos, segundo Håstad e Ödeen (2014), consiste no emprego de elementos, seja vidro ou película, com faixas ultravioletas reflexivas e absorventes. Isso se deve ao fato de que as aves enxergam a luz UV, mas não os humanos, portanto, o vidro continua transparente para o homem, mas não para as aves.

Figura 3: Memorial 11 de setembro em Nova Iorque



Fonte: ABC, 2011, p. 29

Figura 4: Ornlux Mikado (como as aves enxergam x como o homem enxerga)



Fonte: POPOVA, 2017, np

Figura 5: Átrio de um edifício comercial



Fonte: ABC, 2011, p. 15

Segundo GBES (2015), as mudanças necessárias para solucionar o problema podem ser também benéficas por encorajar o desenvolvimento de novas tecnologias, seja pela criação de novas formas de composição de fachada, pela execução de experimentos com novos produtos e/ou por destacar materiais e produtos já existentes no mercado.

Nem todos os edifícios apresentam o mesmo risco para as aves. Um estudo de BORDEN et al. (2010) demonstrou que o montante de área composta de vidro na fachada é a questão mais importante sobre a colisão das aves. Além disso, o entorno do edifício também exerce influência nas colisões, pois, quando há vegetação e água alimento e abrigo, as colisões tendem a aumentar, uma vez que mais aves são atraídas para o local

(KLEM, 2014). Entretanto, chegar em números concretos em relação à mortalidade das aves por colisão com painéis de vidro não é simples e, além disso, monitoramentos contínuos demonstraram que uma a cada quatro batidas não deixam nenhuma evidência após 24 horas do ocorrido. Portanto, sem o monitoramento contínuo, 25% das colisões não são detectadas (KLEM, 2009).

Os panos de vidros reflexivos criam falsas realidades ao refletirem a paisagem de seu entorno, como ilustra a figura 2. Dessa maneira, os pássaros voam em sua direção, e colidem, por não reconhecerem ali uma diferença entre a paisagem real e a paisagem criada pela superfície GBES (2015).

Segundo Gelb e Delacretaz (2009), esse problema se agrava quando a vegetação está enclausurada por vidro transparente, como ilustra a figura 5. Em ambos os casos as colisões aumentam porque as aves são atraídas pelas árvores, seja para buscar abrigo ou alimento, logo, se as mesmas não forem incorporadas de forma planejada à arquitetura, podem representar ameaça às aves. Telhados e paredes verdes atraem as aves e, normalmente, estão próximas ao vidro, entretanto, estudos recentes demonstraram que, se forem projetadas adequadamente, podem ser benéficas tanto do ponto de vista das colisões quanto como provendo comida e abrigo (SHEPPARD; PHILLIPS, 2015). Segundo Sheppard (2011), outra questão importante sobre os vidros transparentes é o emprego desse material em quinas de edificações. As aves não percebem que existe uma barreira ali e entendem como um local de possível passagem, com isso, a incidência colisões em quinas desse tipo acabam sendo altas, portanto, um edifício seguro para as aves não deve empregar esse tipo de solução.

Segundo GBES (2015), vidros escuros ou pretos também são um problema para as aves, pois elas os identificam como apenas sombras ou espaços para passagem até outro ponto. Segundo Klem (2009), é necessário seguir a “regra 2x4” para alertar as aves de que ali existe uma barreira, seja por meio do uso de linhas impressas no vidro, seja de pigmento UV ou adesivos opacos. A regra supracitada consiste em posicionar as linhas horizontais com espaçamento máximo entre elas de 2 polegadas (5 centímetros) e as linhas verticais 4 polegadas (10 centímetros). No caso, os vidros escuros ou pretos também precisam seguir essa regra para que sejam seguros para as aves.

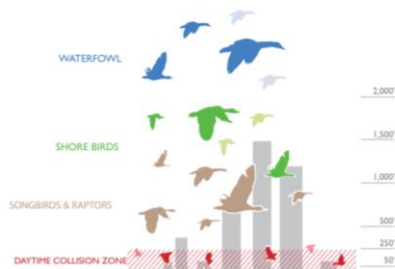
Uma solução popular para o problema consiste na aplicação de adesivos que imitam a silhueta de predadores das aves menores, como gaviões por exemplo. Entretanto, essa solução não é efetiva, pois elas não reconhecem a ilustração como um predador e, como essas figuras são instaladas longe umas das outras, e não seguindo a “regra 2x4”, elas não apresentam efetividade para as colisões (SHEPPARD, 2011).

Segundo Bennett e Cuthill (1994), os pássaros possuem a capacidade de enxergar a luz ultravioleta, diferentemente dos humanos. Por isso, segundo Håstad e Ödeen (2014), uma solução para este problema consiste na marcação do vidro com faixas ultravioletas reflexivas e absorventes, que as aves, mas não os humanos, veem. Um vidro, chamado Ornilux Mikado, ilustrado na figura 4, foi desenvolvido com marcações de faixas UV imitando uma teia de aranha. Entretanto, segundo Klem e Saenger (2013), para que as marcações em UV sejam eficazes na prevenção de colisões, as faixas devem refletir entre 20% e 40%, e com uma radiação entre 300 a 400 nm. Pesquisas apontam que um painel coberto por completo com pigmento UV reflexivo não é efetivo para as colisões, e a “regra 2x4” também deve ser aplicada neste caso. É necessário haver um contraste entre materiais com reflexão e absorção UV (SHEPPARD, 2011).

Klem et al. (2004) compararam painéis de vidro verticais com painéis inclinados em 20 e 40 graus. Os painéis inclinados apresentaram menos mortalidade às aves quando comparados com o painel vertical. Entretanto, segundo Sheppard (2011), os painéis de vidro inclinados não são uma boa solução para a colisão das aves porque, se o entorno imediato possuir vegetação, ela aparecerá ainda mais nas fachadas, atraindo as aves e gerando assim mais colisões. A diferença consiste no fato de que as aves possuem maior chance de sobreviverem após uma colisão com uma fachada inclinada, uma vez que a força aplicada na cabeça da ave, ao colidir com um painel inclinado, não está perpendicular à superfície (SHEPPARD; PHILLIPS, 2015).

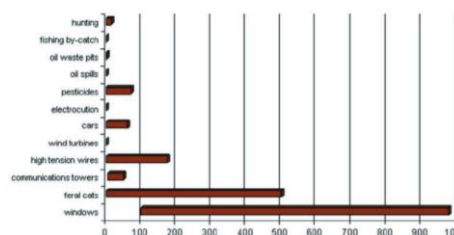
O gráfico 1 apresenta o índice de mortalidade das aves, em decorrência de interferências humanas. Segundo o GBES (2015), o gráfico foi feito em 2009 e alguns números podem ter sofrido alterações. Entretanto, a relação entre cada uma das ameaças ainda é a mesma. Analisando o gráfico, fica evidente que os painéis de vidro em edifícios são a estrutura que mais causa a morte de aves.

Figura 6: Diferença em termos de quantidade e tipos de aves que voam em cada altura



Fonte: Audubon Minnesota, 2010, p. 12

Gráfico 1: gráfico comparativo das mortes das aves causadas por estruturas criadas pelo homem



Fonte: GBES, 2015, np

Com relação à iluminação noturna, a solução para o problema consiste em diminuir a luz artificial do interior e exterior dos edifícios, assim como nas ruas e áreas públicas, por meio de soluções que otimizem a eficiência luminosa. A automação da iluminação, seja por meio de sensores de presença e/ou a programação automática do desligamento e acendimento das luminárias, é outra estratégia eficiente. Ademais, programas como o “*Lights Out*”, que acontece nos Estados Unidos e no Canadá, para a mitigação do impacto da poluição noturna no meio ambiente, tem se empenhado em encorajar os ocupantes dos edifícios, incluindo casas e outras construções, a desligarem as luzes durante a noite, especialmente durante a época de migração das aves (SHEPPARD; PHILLIPS, 2015).

3. METODOLOGIA

O método aplicado nesta pesquisa pode ser elencado nas seguintes etapas:

1. Levantamento bibliográfico sobre os assuntos dos tópicos 1.1 ao 1.6
 - 1.1 Estudos sobre a visão das aves e seu comportamento;
 - 1.2 Levantamentos estatísticos da mortalidade das aves por colisão com painéis de vidro;
 - 1.3 Pesquisas e estudos sobre o problema da iluminação artificial e a colisão das aves;
 - 1.4 Pesquisas e estudos sobre soluções para as colisões de aves;
 - 1.5 Pesquisas e estudos sobre medidas projetuais que mitigam a colisão de aves;
 - 1.6 Procedimentos exigidos pelo LEED para receber a certificação no quesito projeto seguro para aves;
2. Realização do curso oferecido pelo LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) intitulado “*LEED Pilot Credit: Bird Collision Deterrence*” em que, além de serem abordadas as questões do problema em si, também são explicados quais devem ser as medidas para receber o certificado “*LEED Pilot Credit: Bird Collision Deterrence*”;
3. Análise e tratamento dos dados;
4. Visita *in loco* ao edifício do Instituto Moreira Salles em São Paulo;
5. Visita *in loco* ao edifício do Centro Tecnológico da indústria automobilística do ABC: registros fotográficos e entrevista com os responsáveis pela manutenção das fachadas;
6. Análise dos objetos de pesquisa:
 - 6.1 Redesenho;
 - 6.2 Análise da materialidade;
 - 6.3 Localização;
 - 6.4 Análise do entorno imediato;
 - 6.5 Análise da Iluminação interna e externa do edifício;

7. Diretrizes de projeto para remodelar a fachada do Centro Tecnológico da indústria automobilística do ABC
8. Discussão dos resultados;
9. Redação preliminar;
10. Correção e formatação do relatório final.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

Klem (2009) afirma que o vidro se torna seguro se for serigrafado ou adesivado com um padrão de linhas (figura 8) ou pontos (figura 9) ou outros desenhos e, se a “regra 2x4” for seguida, qualquer forma de aplicação na edificação é aceitável, como indica a figura 10 (Reitberg Museum, Zurique de ARGE GrazioliKrischanitz). Além disso, o autor ressalta a efetividade do filme 3M™ Scotchcal™ Perforated Window Graphic, (também conhecido como CollidEscape), assim como filmes adesivos que deixam o vidro opaco ou translúcido. Entretanto, a solução que apresentou maior efetividade, foi o emprego de aplicação de linhas UV com alta reflexividade (40%), alternadas com linhas de absorção UV.

Outra solução possível, segundo o GBES (2015), é o emprego de vegetação imediatamente em frente a fachada, como no edifício Flower Tower, em Paris de Edouarde Francois, com uma distância de até 3 pés (aproximadamente 90 centímetros) entre a fachada e a vegetação. As próprias plantas funcionam como cobertura da fachada, impedindo a reflexão da paisagem e, também, fazendo com que as aves pousem nas mesmas, impedindo as colisões. A figura 7, (Garden Tower, Suíça, de Buchner Bründler Architekten) indica uma outra forma de integrar vegetação ao projeto de forma segura, empregando telas juntamente com plantas trepadeiras. Dessa forma, as aves ainda podem se aproximar e até interagir com o edifício sem que haja risco de colisão.

Segundo o GBES (2015), alguns tipos de vidro também podem ser empregados, pelo fato de serem opacos ou por possuírem linhas ou outras marcas que sinalizam a presença de uma barreira. Alguns exemplos são os blocos de vidro - como no Hermes Building, em Tóquio, do Arquiteto Renzo Piano - vidro temperado com canal U (Pilkington Profilit ou similar), vidros opacos, vidro com divisões imitando colmeias (Panelite ou similar) e, como já foi mencionado, o vidro Ornilux Mikado. Um exemplo de aplicação do vidro translúcido é o ilustrado na figura 11 (IAC Headquarters, Nova Iorque do Arquiteto Frank Gehry).

Outra solução amplamente utilizada na arquitetura é o emprego de grelhas/telas de metal. As mesmas proporcionam o sombreamento das fachadas ao mesmo tempo que evidenciam a presença de uma barreira para as aves, desde que sigam a “regra 2x4”,

podendo ser observadas nas figuras: 12 (Cocoon building, Zurique de Camenzind Evolution), 14 (The New York Times Building, Nova Iorque de Renzo Piano) e 15 (Public Health Offices, Palma de Mallorca de Boris Pena). Além disso, também podem ser empregadas ripas de madeira com formas diversas, obedecendo a “regra 2x4”, como na figura 13 (Langley Academy, Berkshires de Foster + Partners) (SHEPPARD; PHILLIPS, 2015).

Figura 7:
Garden Tower



Fonte:
UGREEN,
2018, np

Figura 8:
Aplicação de
filme adesivo



Fonte: ABC,
2011, p. 22

Figura 9:
Aplicação de
filme adesivo



Fonte: ABC,
2015, p. 26

Figura 10: Reitberg
Museum



Fonte: ABC, 2015,
p. 29

Figura 11:
IAC Headquarters



Fonte: ABC, 2015,
p. 34

Figura 12:
Cocoon building



Fonte: ABC, 2015, p.
1

Figura 13:
Langley Academy



Fonte: ABC, 2015, p.
10

Figura 14: The
New York Times
Building



Fonte: Acervo da
autora, 2018

Figura 15:
Public Health Offices



Fonte: ABC, 2015, p. 2

Apesar do edifício do The New York Times (figura 11) ter sido apontado pelo *Green Building Education Services* (GBES) como uma construção amigável às aves, ele apresenta muitos fatores de risco. O que pode ser considerado *bird-friendly*, é o emprego das chapas metálicas de proteção solar, que estão dentro da “regra 2x4”, e cobrem a maior parte das fachadas. Entretanto, uma parte considerável do edifício ainda deixa o vidro reflexivo exposto. Além disso, todo o térreo (que faz parte da zona com maior incidência de colisões), é fechado com vidro transparente e, ademais, a construção possui um jardim interno no térreo, que é circundado por vidro transparente, apresentando, portanto, maior risco de ocorrerem colisões.

Para determinar se uma fachada é apropriada, segundo o LEED, é necessário apresentar um cálculo sobre os materiais empregados. Cada material tem um número correspondente ao seu fator de risco, sendo que esse número condiz com o quão perigoso

esse material é para as aves. Quanto maior for o número do fator de risco, mais perigoso o material. Se todos os materiais empregados na fachada tiverem fator 15 ou menor, o projeto é examinado sobre os requisitos de uma fachada segura e os cálculos do *Bird Collision Threat Rating* (BCTR), não são necessários. Entretanto, se qualquer material da fachada tiver fator maior que 15, esse cálculo é obrigatório. O BCTR é um índice sobre o nível de perigo que um edifício impõe às aves, de acordo com a quantidade relativa de cada tipo de material empregado nas fachadas.

O edifício deve ser visto com detalhes, pois a incidência de colisões não acontece de modo uniforme ao longo da edificação. Se uma pequena porção do edifício tiver vidros que refletem elementos importantes da paisagem, essa região pode ter um alto índice de colisões. Com isso, para serem feitos os cálculos, as regiões dos edifícios foram classificadas entre Zona 1 e Zona 2. A Zona 1 corresponde aos três primeiros andares a partir do térreo e também ao 1º andar a partir de telhados verdes, que é a zona onde a incidência de colisões é maior. A zona 2 corresponde a todos os andares acima do 3º andar.

Tabela 1 Tabela para o cálculo do BCTR

Dados do edifício		Cálculo Zona 1 (Z1)			ZAR	Cálculo Zona 2 (Z2)			
		Fator de risco	Área do material	Fator da área	Zona de Alto Risco (ZAR)	Fator de risco	Área do material	Fator da área	
Número pav.	12								
Altura do edifício	145'-2"								
Área total da fachada	44170 sf								
Área da fachada Z1	13316 sf								
Área da fachada Z2	30854 sf								
		Vidro transparente	100	560	56000	560	100	0	0
		Blocos de vidro com 8" x 8" x 4"	20	816	16320	0	20	7209	144180
		Opaco	0	11940	0	0	0	23645	0
		Z1 área total=		13316	72320	ZAR total=	Z2 área total=		
						560		30854	144180
		Z1 BCTR= 5.43			Z1 ZAR= (ZAR/A)<15% 4.2%	Z2 BCTR= 4.67			
BCTR Total do edifício [(Z1 BCTRx2) + (Z2 BCTR)]/3= 5.18									

Fonte: 1: GBES, 2015, np, (tradução nossa)

Na tabela 1 foram inseridos dados de um edifício hipotético seguindo o sistema de medidas imperial, pois não é possível fazer os cálculos com o sistema métrico nesta tabela do LEED. Nas células verdes, deve-se inserir os dados calculados do edifício e, em seguida, nas células amarelas, deve-se utilizar a tabela 2 para encontrar os fatores de risco dos materiais empregados, inserindo-os na tabela, assim como a área a área daquele material na fachada. O cálculo se dá da seguinte forma: multiplica-se o fator de risco pela área do material chegando no valor do fator da área. Em seguida, soma-se os fatores das áreas e as áreas dos materiais. Em seguida divide-se o fator total da área pela área total dos materiais, chegando assim no BCTR da área. A Zona de Alto Risco (ZAR) corresponde à área da Zona 1 (Z1) que possui alto risco de colisões. Quando se emprega um material com fator de risco muito alto na Z1, como o vidro transparente, a ZAR também deve ser calculada, porque a Z1 não pode ter uma ZAR com mais de 15% da fachada da

Z1, ou seja, se vidro transparente ou reflexivo for empregado na Z1, ele não pode fazer parte de mais que 15% da área total. Um BCTR total do edifício é considerado seguro para as aves se atingir 15 pontos ou menos, no caso, o edifício hipotético teria sido aprovado na questão das fachadas seguras para as aves porque atingiu um BCTR total de 5.18 pontos.

Tabela 2: Fatores de risco dos materiais para as fachadas

Materiais que compõem as fachadas	Fator de risco
Materiais opacos	0
Plexiglass	
Plexiglass transparente com 5/64"	9
Plástico translúcido colorido	
Painel de fibra de vidro, monolítico ou insulado (Kalwall ou similar)	2
Painel de fibra de vidro ondulado, monolítico ou insulado (Resolite ou similar)	2
Vidro	
Vidro transparente, monolítico ou insulado	100
Vidro com impressão na face interior (#2) superfície, monolítico ou IGU. Com espessura de linha de no mínimo 1/8" ou diâmetro do ponto. Máximo de 2" entre elementos horizontais e 4" entre verticais. <u>Exemplos:</u> Vidro com serigrafado cerâmico cinza médio - 1/8" linhas verticais com espaçamento entre elas de 1/2" e com 20% de cobertura (Viracon V- 948 ou similar) Vidro com serigrafado cerâmico cinza escuro–cobertura - 1/8" linhas verticais com espaçamento entre elas de 1/2" e com 20% de cobertura (Viracon V- 901 ou similar) Vidro com serigrafado cerâmico branco– 1/8" de diâmetro dos pontos e com 20% de cobertura (Viracon V 5065 ou similar) Vidro com serigrafado cerâmico branco– 1/8" de diâmetro dos pontos e com 40% de cobertura (Viracon V 5066 ou similar)	10 6 41 24
Vidro serigrafado contínuo (#2) superfície, monolítico ou IGU	25
Vidro impresso continuamente (translúcido nível 4) no interior (#2) superfície, monolítico ou IGU (Carvart ou similar)	25
Vidro armado transparente com 2" de espaçamento entre linhas, monolítico ou IGU (armado na camada externa)	20
Vidro IGU com 1/2" de espessura com policarbonato branco na camada interna, 2" de diâmetro máximo das colmeias (Panelite ou similar)	25
Vidro com impressão no exterior (#1) superfície, monolítico ou IGU, linha ou diâmetro do ponto com espessura de no mínimo 1/8". Máximo de 2" de espaçamento entre os elementos horizontais e 4" entre verticais <u>Exemplos:(todo em vidro Eckelt para aves ou similar)</u> Vidro com serigrafado cerâmico laranja– 1/4" linhas verticais em 3 1/2" do centro Vidro com serigrafado cerâmico laranja e preto– 1/2" alternando a cor vertical das linhas em 3 1/2" do centro Vidro com serigrafado cerâmico preto– 5/8" linhas pontilhadas impressas em centros de 4" Vidro com serigrafado cerâmico laranja e preto– 5/8" alternando a cor vertical das linhas pontilhadas impressas em centros de 4" Vidro com serigrafado cerâmico laranja e preto– 1" alternando a cor vertical das linhas pontilhadas impressas em centros de 4 1/4"	10 15 10 10 10
Vidro serigrafado contínuo (translúcido nível 4) no exterior (#1) superfície, monolítico ou IGU (Carvart ou similar)	5
Produtos de vidro especializados	
Vidro revestido com linhas UV reflexivas com 1/6" de espessura, arranjadas de forma irregular (imitando uma teia de aranha) com espaçamento entre linhas de no máximo 2" (#2) superfície, IGU (Ornilux Mikado ou similar)	34
Vidro temperado com canal U, impresso texturizado, com aparência translúcida fosca, com largura da face máxima de 9" (Pilkington Profilit ou similar)	10
Blocos de vidro com 8" x 8" x 4" de profundidade com superfície ondulada e polida (Pittsburgh Corning Decora ou similar)	20
Blocos de vidro com 8" x 8" x 4" de profundidade e com superfície estriada (Pittsburgh Corning Argus ou similar)	10
Filmes adesivos para a reforma de vidros	
Filme de sinalização de vinil fosco perfurado aplicado na superfície exterior (#1) superfície (Scotchcal ou similar)	2
Película com padrão impresso aplicação no interior (# 2) superfície. 1/8" de espessura mínima de linha ou diâmetro do ponto. 2" espaço máximo entre os elementos horizontais e 4" de espaço máximo entre os elementos verticais Película com padrão impresso aplicação no interior (# 1) superfície. 1/8" de espessura mínima de linha ou diâmetro do ponto. 2" espaço máximo entre os elementos horizontais e 4" de espaço máximo entre os elementos verticais	
Decalques adesivos aplicados à superfície externa (#1) superfície, espaçados conforme indicado para o filme padronizado acima	10
Tela de proteção externa ao vidro (fixa in loco)	
Ripas horizontais ou verticais com espessura (aparente na fachada) mínima de 1/8" e espaçamento máximo de 2" entre elementos horizontais e de 4" entre elementos verticais	5
Ripas horizontais ou verticais com espessura (aparente na fachada) mínima de 1/8". A profundidade da lâmina e o espaçamento devem obscurecer 85% do vidro quando analisados a partir de todos os possíveis ângulos de visão	15
Telas de metal perfuradas com elementos com espaçamento máximo de 2" na horizontal ou 4" na vertical	10

Malha de arame soldada com arame de diâmetro mínimo de 1/8" e 2" de espaçamento máximo entre elementos horizontais e 4" entre os elementos verticais	10
Telas para insetos fixas de cobre ou fibra de vidro instaladas a no mínimo 2" da face externa do vidro	5
Rede de poliéster ou náilon com no máximo 1" abertura instalada a no mínimo 6" da face externa do vidro	5
Persianas móveis externas ao vidro	
Venezianas com abertura máxima de 2" de altura x 4" de largura	15
Veneziana sólida e opaca	10
Tela solar de tecido de poliéster translúcido	15

Fonte: GBES, 2015, np, tradução nossa

Sobre o requisito da iluminação artificial do interior do edifício, o edifício deve impedir ao máximo a saída de luz utilizando duas estratégias: todas as luminárias devem ser desligadas quando o ambiente estiver sem uso ou, no mínimo, entre meia noite e 6h da manhã, de forma manual ou automatizada. Outra forma seria a instalação de elementos (cortinas blackout por exemplo) que não deixem a luz interna transpassar para o exterior. Sobre a iluminação externa, as luminárias devem ser sempre orientadas para baixo, evitando a exposição da lâmpada.

O primeiro objeto de pesquisa, o Instituto Moreira Sales do escritório Andrade Morettin Arquitetos, localiza-se na Avenida Paulista, em São Paulo. A região onde o edifício se insere é bastante urbanizada e movimentada, tanto por pedestres quanto automóveis, possuindo gabarito alto e poucos e pequenos focos de vegetação, com exceção do Parque Trianon e dos cemitérios da Consolação e do Araçá. Essas características fazem com que o entorno imediato do edifício não atraia tantas aves, com exceção de pombos.

Figura 16: IMS fachada Paulista



Fonte: Acervo da autora, 2018

Figura 17: Detalhe da fachada



Fonte: Acervo da autora, 2018

Figura 18: Detalhe da fachada



Fonte: Acervo da autora, 2018

Figura 19: Foto noturna



Fonte: FERNANDES, 2017, np

Em todas as fachadas do edifício empregou-se o vidro impresso translúcido, com relevo de pequenos quadrados, como ilustra a figura 17. O edifício possui uma fachada interna e outra externa, devido ao seu programa de necessidades, o que faz com que o que está acontecendo no interior do edifício não interfira diretamente na fachada. O emprego do vidro impresso translúcido em todas as fachadas possibilitou que o edifício

seja iluminado naturalmente o dia todo e, ao mesmo tempo, sinaliza para as aves a existência de uma barreira.

Uma questão importante é que o edifício não possui quinas transparentes, com exceção do mirante/abertura, ilustrado na figura 22 e também aparente nas figuras 16 e 18, onde há um guarda-corpo de vidro transparente. Essa abertura possui um fechamento móvel composto de vidro transparente que, quando utilizado, apresenta risco às aves. Outro ponto é que as fachadas maiores (laterais) estão muito próximas aos edifícios vizinhos, portanto, há menor risco de acontecerem colisões nessas fachadas.

Figura 20: Imagem do térreo



Fonte: Acervo da autora, 2018

Figura 21: Imagem do térreo - restaurante



Fonte: Acervo da autora, 2018

Figura 22: Detalhe da quina



Fonte: Acervo da autora, 2018

Ademais, o andar térreo, que faz parte da zona de maior risco, é composto maioritariamente por materiais opacos, no caso concreto e chapas metálicas, como ilustra a figura 20. Entretanto, ao fundo existe uma parede verde, que apresenta risco às aves, uma vez que existe um painel de vidro em frente a ela, como ilustra a figura 21. Essa questão segue a mesma lógica do problema da vegetação enclausurada, se há vegetação e ela pode ser vista através do vidro transparente, fatalmente a ave colidirá ao tentar alcançá-la.

Sobre a iluminação interna do edifício, como ilustra a figura 19, a luz transpassa do interior para o exterior, portanto, o edifício não é seguro para as aves durante a noite. Quanto à iluminação externa, o edifício não possui instalações próprias, ela é feita por postes públicos que estão orientados para abaixo.

Portanto, o edifício apresenta uma solução segura às aves, sendo necessárias pequenas modificações para ser considerado 100% seguro. Nas áreas em que o vidro transparente foi empregado, que não é uma grande quantidade, pode-se substituí-lo pelo vidro Ornilux Mikado ou aplicar filmes adesivos com padrões de linhas, pontos, ou outras formas, desde que se siga a “regra 2x4”. Além disso, medidas sobre a iluminação artificial deveriam ser tomadas, desligando-as no período mínimo entre as 23h e as 6h ou aplicando elementos que não deixem a luz transpassar para o exterior.

O segundo objeto de pesquisa é edifício do Centro Tecnológico de uma indústria automobilística do ABC, em São Caetano do Sul, que possui histórico de colisões. O

Centro Tecnológico dessa indústria possui dois edifícios muito similares e implantados um ao lado do outro, portanto, optou-se por analisar apenas um deles. A construção se localiza numa região onde predominam indústrias e residências e há pouca área verde. Entretanto, o Centro Tecnológico possui uma vegetação no entorno considerável, se comparada ao seu entorno. Portanto, há mais chances de que as aves que estiverem na região se desloquem até o local em busca de alimento e abrigo, o que é problemático devido ao fato de que as fachadas são compostas principalmente por vidro reflexivo.

Figura 23: Edifício do Centro Tecnológico – fachada oeste



Fonte: SANCHES JUNIOR, 2018, np

Figura 24: Edifício do Centro Tecnológico – fachadas norte e oeste



Fonte: SANCHES JUNIOR, 2018, np

Figura 25: Edifício do Centro Tecnológico – fachada oeste



Fonte: SANCHES JUNIOR, 2018, np

Figura 26: Detalhe adesivo de água aplicado à fachada



Fonte: SANCHES JUNIOR, 2018, np

Figura 27: Edifício do Centro Tecnológico – fachada leste



Fonte: SANCHES JUNIOR, 2018, np

Figura 28: Como poderiam parecer os vidros reflexivos após as modificações propostas



Fonte: ABC, 2015, p. 41

As fachadas são compostas basicamente por faixas ininterruptas do piso à cobertura, intercaladas de vidro reflexivo e um material opaco. No centro da fachada oeste localiza-se um átrio que dá acesso ao edifício e é inteiramente composto por vidro reflexivo. Apesar das fachadas serem compostas principalmente por vidro reflexivo, também há uma quantidade considerável de material opaco, o que certamente diminui a mortalidade das aves se comparado à uma fachada inteiramente reflexiva.

Devido ao problema das colisões, adesivos imitando águias (na tentativa de representar a ameaça de um predador para aves menores), foram aplicados nas superfícies reflexivas, como ilustra a figura 26. Entretanto, como já explicado anteriormente, essa estratégia não é eficaz na prevenção das colisões.

Sobre a iluminação interna, como ilustra a figura 25, a luz transpassa para o exterior, portanto o edifício também não é seguro para as aves durante a noite. Uma solução viável seria a instalação de “persianas blackout” no interior do edifício, sendo abertas durante a noite para que a luz interna do edifício não transpassasse para o exterior. A iluminação externa não apresenta risco às aves, uma vez que os postes de iluminação estão orientados para abaixo como recomendado pelo LEED, segundo GBES (2015), portanto não são necessárias modificações.

Após todos estudos realizados, as diretrizes propostas para transformar o Centro Tecnológico da indústria automobilística em um edifício *bird-friendly* são as seguintes:

- Remoção de todos os adesivos com o desenho de águias;
- Aplicação de películas adesivas, em todos os vidros reflexivos aparentes nas fachadas, com impressões seguindo a “regra 2x4” com linhas ou diâmetro dos pontos de pelo menos 3 milímetros de espessura;
- Na fachada leste, pode-se aumentar a densidade e altura da vegetação, para que cubra toda essa fachada, ao invés de se aplicar as películas adesivas;
- Instalação de “persianas blackout” no interior do edifício, sendo abertas durante a noite para que a luz interna do edifício não transpassasse para o exterior;
- Ou instalação de sistemas automatizados programados para desligarem as luzes entre, no mínimo, às 23h e às 6h.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É importante que os arquitetos entendam como seus projetos impactam o meio ambiente e saibam o que fazer para mitigar as colisões. Para se projetar um edifício seguro para as aves, os arquitetos devem estudar os materiais empregados nas fachadas, analisar seu entorno considerando sua vegetação e fauna, estudar como incorporar a vegetação ao projeto sem criar armadilhas para as aves assim como reduzir a poluição luminosa. Após todos os estudos desenvolvidos, as diretrizes propostas para a construção de um edifício *bird-friendly* são as seguintes:

- Empregar materiais opacos e/ou translúcidos, com padrões UV, ou qualquer solução que respeite a “regra 2x4”, em especial na zona 1;
- Não projetar vegetação enclausurada por vidro transparentes ou translúcidos;

- Não projetar quinas transparentes;
- Não utilizar vidros reflexivos ou transparentes. Quando for imprescindível que o painel seja transparente, empregar o Ornilux Mikado ou uma proteção solar que crie uma barreira visual às aves;
- Quando se desejar incorporar a vegetação ao projeto, coloca-la em até 3 pés (0,90m) adiante da fachada ou aplica-la diretamente na fachada em si, desde que não esteja combinada com vidros transparentes e reflexivos;
- Projetar estruturas que não deixam a luz do interior do edifício transpassar para o exterior;
- A iluminação exterior deve estar orientada sempre para baixo, evitando a exposição direta da lâmpada.

6. REFERÊNCIAS

ABC, American Bird Conservancy (Org.). **Buildings slideshow for web**. Virginia, 2015. 44 slides, color. Disponível em: <<https://abcbirds.org/wp-content/uploads/2015/05/buildingsslidehow.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2017.

AUDUBON MINNESOTA. **Bird-Safe Building Guidelines**. Minnesota: Togethergreen, 2010. 20 p. Disponível em: <http://mn.audubon.org/sites/g/files/amh601/f/05-05-10_bird-safe-building-guidelines.pdf>. Acesso em: 15 out. 2017.

BARROS, L. C.. Morte de Pássaros por Colisão com Vidraças. **Revista Ciências do Ambiente On-line**, [s. l.], v. 3, n. 6, p.58-61, dez. 2010. Disponível em: <[file:///C:/Users/Ana Paula/Downloads/Morte_de_passaros_por_colisa_com_vidracas \(3\).pdf](file:///C:/Users/Ana%20Paula/Downloads/Morte_de_passaros_por_colisa_com_vidracas%20(3).pdf)>. Acesso em: 18 mar. 2017.

BENNETT, A.T.D.; CUTHILL, I.c.. Ultraviolet vision in birds: What is its function? **Elsevier: Vision Research**, [s.l.], v. 34, n. 11, p.1471-1478, jun. 1994. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/004269899490149X>>. Acesso em: 31 mar. 2017.

BORDEN, Clavin W. et al. Seasonal, Taxonomic, and Local Habitat Components of Bird-window Collisions on an Urban University Campus in Cleveland, OH: Seasonal, Taxonomic, and Local Habitat Components of Bird-window Collisions on an Urban University Campus in Cleveland, OH. **Ohio Journal Of Science**, Ohio, Eua, v. 110, n. 3, p.44-52, jun. 2010. Disponível em: <https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/handle/1811/52787/1/OJS110N3_44.pdf>. Acesso em: 05 maio 2018.

FERNANDES, Bruno. **Divulgação IMS**. 2017. Disponível em: <<https://www.guiadasemana.com.br/na-cidade/noticia/instituto-moreira-salles-inaugura-novo-centro-cultural-em-sao-paulo>>. Acesso em: 15 maio 2018.

FERNANDES, Wilson; COELHO, Marcel Serra; CAIRES, Tarcísio. O impacto ambiental da poluição luminosa: O Brasil tem apenas três leis para proteger a escuridão noturna. Além de desperdiçar em iluminação, essa forma de poluição afeta até ciclos da

vida. **Especial Scientific American Terra 3.0**: 10 mitos sobre a sustentabilidade, São Paulo, v. 1, p.40-47, 2010. Disponível em: <http://www.amda.org.br/imgs/up/Artigo_01.pdf>. Acesso em: 05 set. 2017

GAUTHREAU, Sidney A.; BELSER, Carroll G.. Ecological Consequences of Artificial Night Lighting. In: RICH, Catherine; LONGCORE, Travis. **Ecological Consequences of Artificial Night Lighting**. Washington, Dc: Island Press, 2006. Cap. 4. p. 67-137. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-%20BR&lr=&id=dEEGtAtR1NcC&oi=fnd&pg=PA67&dq=bird+collisions+building+night&ots=83-fd8f4jN&sig=TJB1wVpcZq4K_RkEApm49HHCYR0#v=onepage&q=bird%20collisions%20building%20night&f=false>. Acesso em: 20 set. 2017.

GELB, Yigal; DELACRETAZ, Nicole. Windows and Vegetation: Primary Factors in Manhattan Bird Collisions. **Northeastern Naturalist**, [s.l.], v. 16, n. 3, p.455-470, set. 2009. Humboldt Field Research Institute. <http://dx.doi.org/10.1656/045.016.n312>.

GREEN BUILDING EDUCATION SERVICES (GBES). **LEED Pilot Credit: Bird Collision Deterrence**. Atlanta: Green Building Education Services (GBES), 2015. 93 slides, color. Curso instrutivo sobre as causas das colisões de aves, as estratégias para reduzir as mortes de a e as sinergias do design seguro para aves segundo o LEED e orientações sobre o crédito LEED Pilot Credit: Bird Collision Deterrence.

HÅSTAD, O.; ÖDEEN, A. A vision physiological estimation of ultraviolet window marking visibility to birds. **PeerJ**, Londres, v. 1, n. 1, p.1-15, out. 2014. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/621.pdf>>. Acesso em: 19 mar. 2017.

KEMPENAERS, Bart et al. Artificial Night Lighting Affects Dawn Song, Extra-Pair Siring Success, and Lay Date in Songbirds. **Current Biology**, [s.l.], v. 20, n. 19, p.1735-1739, out. 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2010.08.028>. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960982210010183>>. Acesso em: 05 fev. 2018.

KLEM, Daniel. Collisions between Birds and Windows: Mortality and Prevention. **Journal Of Field Ornithology**, Carbondale, v. 61, n. 1, p.120-128, dez. 1990. Bimestral. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4513512?seq=1#page_scan_tab_contents>. Acesso em: 18 mar. 2017.

KLEM, Daniel et al. EFFECTS OF WINDOW ANGLING, FEEDER PLACEMENT, AND SCAVENGERS ON AVIAN MORTALITY AT PLATE GLASS. **The Wilson Bulletin**, [s.l.], v. 116, n. 1, p.69-73, mar. 2004. Wilson Ornithological Society. [http://dx.doi.org/10.1676/0043-5643\(2004\)116\[0069:eowafp\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1676/0043-5643(2004)116[0069:eowafp]2.0.co;2). Disponível em: <[http://www.bioone.org/doi/abs/10.1676/0043-5643\(2004\)116\[0069:EOWAFP\]2.0.CO;2](http://www.bioone.org/doi/abs/10.1676/0043-5643(2004)116[0069:EOWAFP]2.0.CO;2)>. Acesso em: 28 mar. 2017.

KLEM JUNIOR, Daniel. Preventing Bird–Window Collisions. **The Wilson Journal Of Ornithology**, [s.l.], v. 121, n. 2, p.314-321, jun. 2009. Wilson Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1676/08-118.1>. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1676/08-118.1>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

KLEM, D.; SAENGER, Peter G. Evaluating the Effectiveness of Select Visual Signals to Prevent Bird-window Collisions. **The Wilson Journal Of Ornithology**, [s.l.], v. 125, n. 2, p.406-411, jun. 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274774121_Evaluating_the_Effectiveness_of_Select_Visual_Signals_to_Prevent_Bird-window_Collisions>. Acesso em: 11 mar. 2017.

LONGCORE, Travis; RICH, Catherine. Ecological light pollution. **Frontiers In Ecology And The Environment**, [s.l.], v. 2, n. 4, p.191-198, maio 2004. Wiley. [http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:elp\]2.0.co;2](http://dx.doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:elp]2.0.co;2). Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0191:ELP\]2.0.CO;2/full](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2/full)>. Acesso em: 20 mar. 2017.

LOSS, Scott R. et al. Bird–building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. **The Condor**, [s.l.], v. 116, n. 1, p.8-23, fev. 2014. Cooper Ornithological Society. <http://dx.doi.org/10.1650/condor-13-090.1>. Disponível em: <<http://www.bioone.org/doi/abs/10.1650/CONDOR-13-090.1>>. Acesso em 3 nov. 2016.

POPOVA, Maria. **Ornilux Mikado: Bird-Protection Glass Inspired by Spider Webs**. 2017. Disponível em: <<https://bigthink.com/design-for-good/ornilux-mikado-bird-protection-glass-inspired-by-spider-webs>>. Acesso em: 15 maio 2018.

RODRÍGUEZ, Airam et al. Seabird mortality induced by land-based artificial lights. **Conservation Biology**, [s.l.], v. 31, n. 5, p.986-1001, 17 maio 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/cobi.12900>. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28151557>>. Acesso em: 12 set. 2017.

SANCHES JUNIOR, Leonardo M. **Visita ao edifício do Centro Tecnológico**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <anatsapia@gmail.com>. em: 20 jun. 2018.

SHEPPARD, Christine. **Bird-friendly Building Design**. The Plains, Va: American Bird Conservancy, 2011. 60 p. Disponível em: <https://abcbirds.org/wp-content/uploads/2015/04/Bird-friendly_Building_Guide_WEB.pdf>. Acesso em: 11 mar. 2017.

SHEPPARD, Christine; PHILLIPS, Glenn. **Bird-friendly Building Design**. 2. ed. The Plains, Va: American Bird Conservancy, 2015. 60 p. Disponível em: <https://abcbirds.org/wp-content/uploads/2015/05/Bird-friendly-Building-Guide_2015.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2017.

UGREEN. **Garden Tower, por Buchner & Bundler Architect em Warben**. 2018. Disponível em: <https://www.instagram.com/p/BiFSskzF26i/?taken-by=ugreen_escola>. Acesso em: 10 maio 2018.

VAN DE LAAR, F. J. T. **Green light to birds: Investigation into the effect of bird-friendly lighting**. Holanda: NAM bv, 2007. 24 p. Disponível em: <http://www.waddenzee.nl/fileadmin/content/Dossiers/Energie/pdf/green_light_to_birdsNAM.pdf>. Acesso em: 15 out. 2017.

WILLIS, C. *Form follows finance*. Nova Iorque: Princeton Architectural Press, 1995.

Contatos: anatsapia@gmail.com e erika.figueiredo@mackenzie.br