

# AMBIENTES CORPORATIVOS E A LUZ NATURAL: ANÁLISE DO IMPACTO DA DESSINCRONIZAÇÃO DO CICLO CIRCADIANO NA SAÚDE

## *CORPORATE ENVIRONMENTS AND NATURAL LIGHT: ANALYSIS OF THE IMPACT OF CIRCADIAN CYCLE DESYNCHRONIZATION ON HEALTH*

**Esp. Analice Barboza Pinheiro<sup>1</sup>**

**Prof. Dr. Lúcia Fernanda De Souza Pirró<sup>2</sup>**

### RESUMO

Devido às mudanças no modo de projetar na arquitetura contemporânea, os ambientes construídos não se limitam mais somente a funcionalidade e estética. Os profissionais têm se atentado às influências que o ambiente construído tem exercido sobre a saúde e bem-estar dos usuários. Essa relação foi considerada ao estudo de caso voltado para um escritório comercial, cujos usuários não dispõem de acesso à iluminação natural durante seus turnos de trabalho. Para apoio ao estudo de caso, foi realizado um questionário para os funcionários desse escritório com questões sobre saúde e iluminação, buscando conhecer as necessidades e dificuldades encontradas pelos ocupantes do escritório. Ficaram evidentes alguns sintomas desencadeados pela exposição por longos períodos à iluminação artificial monótona e usos de computadores e smartphones. Para propor um projeto luminotécnico que ofereça suporte ao ciclo circadiano desses usuários, foi sugerida a substituição das luminárias existentes na área do escritório por luminárias que favorecem a estimulação circadiana. Buscando suprir a deficiência causada pela falta de iluminação natural, as luminárias com sistema circadiano integrado fazem a alteração de temperatura de cor do LED conforme a temperatura de cor da luz do sol, variando entre 2700K e 6500K, simulando a iluminação natural indisponível no ambiente. Nessas condições, a estimulação circadiana ocorre artificialmente por meio do LED, com pico de luz azul somente nas horas em que naturalmente o ser humano estaria exposto através da incidência solar. Essa proposta luminotécnica é uma tentativa para amenizar os possíveis danos causados pela exposição excessiva a iluminação artificial, que compromete a saúde dos usuários e colaborar para um projeto saudável, dinâmico e responsável.

**Palavras-chave:** Iluminação Natural; Iluminação Artificial; Projeto Luminotécnico; Ciclo Circadiano; Saúde.

### ABSTRACT

Due to changes in the way of designing in contemporary architecture, built environments are no longer limited to just functionality and aesthetics. Professionals have paid attention to the influences that the built environment has on the health and well-being of users. This relationship was considered in the case study focused on a commercial office, whose users do not have access to natural lighting during their work shifts. To support the case study, a questionnaire was carried out for the employees of this office with questions about health and lighting, seeking to understand the needs and difficulties encountered by the office occupants. Some symptoms triggered by long-term exposure to monotonous artificial lighting and the use of computers and smartphones were evident. To propose a lighting project that supports the circadian cycle of these users, it was suggested to replace the existing luminaires in the office area with luminaires that favor circadian stimulation. Seeking to overcome the deficiency caused by the lack of natural lighting, luminaires with an integrated circadian system change the color temperature of the LED according to the color temperature of sunlight, varying between 2700K and 6500K, simulating natural lighting unavailable in the environment. Under these conditions, circadian stimulation occurs artificially through LED, with a blue light peak only at times when the human being would naturally be exposed to sunlight. This lighting technical proposal is an attempt to mitigate the possible damage caused by excessive exposure to artificial lighting, which compromises the health of users, and to contribute to a healthy, dynamic and responsible project.

**Keywords:** Natural Lighting; Artificial Lighting; Lighting Design; Circadian Cycle; Health

<sup>1</sup> Especialista em Pós-Graduação em Lighting Design do Centro Universitário Belas Artes de São Paulo, 2022. Graduada em Design de Interiores pela Universidade Anhembi Morumbi, 2020. E-mail: anah\_analice@hotmail.com.

<sup>2</sup> Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela FAUUSP. Docente da graduação, da pós-graduação Lato sensu e Stricto sensu do Centro Universitário Belas Artes. de São Paulo. E-mail: lucia.pirro@belasartes.br.

## 1 INTRODUÇÃO

Com a popularização do conceito de *Human Centric Lighting*, a iluminação centrada no ser humano passa a ser discutida com maior frequência entre os arquitetos e projetistas. No design de iluminação, um projeto cuja iluminação priorize a saúde, o bem-estar e a capacidade cognitiva dos usuários é conhecido como projeto de iluminação integrativa. Esse modo de projetar favorece o equilíbrio entre o ambiente construído, o indivíduo e suas funções biológicas.

A luz possui grande influência na regulação das funções biológicas e interfere diretamente na saúde e no desempenho dos seres humanos. A luz natural contribui para a saúde e bem-estar e sua exposição insuficiente compromete o sono, o humor e a liberação de hormônios. Quando um projeto arquitetônico é elaborado, a iluminação natural poucas vezes é considerada, favorecendo o uso excessivo de iluminação artificial. Com o avanço das tecnologias, a iluminação artificial está cada vez mais eficiente e, por sua vez, possibilita o maior controle por seu usuário. Dessa forma, a iluminação natural acaba sendo negligenciada. Entretanto, é de suma importância que ela também seja considerada pela arquitetura, visto que é uma grande aliada ao conforto térmico e lumínico dos ambientes internos.

Alguns estudos apontam que a falta de iluminação natural durante o dia pode levar ao surgimento de muitas doenças ao longo do tempo, bem como a dessincronização do ciclo circadiano. O ciclo circadiano, que controla as mudanças físicas, mentais e comportamentais dos indivíduos se baseia no ciclo de 24 horas, considerando a luz e escuridão ao longo do dia. Esse ciclo influencia a regulação do sono, as funções hormonais, a alimentação etc. Por esse motivo, com o ciclo circadiano desregulado, o indivíduo pode sofrer com efeitos na saúde física, mental e emocional.

Um projeto arquitetônico que leve em consideração a iluminação natural favorece aos usuários uma melhor experiência usual do espaço. Quando o indivíduo consegue visualizar a área externa e a luz solar, seu ciclo circadiano entende a passagem das horas para a realização de suas funções fisiológicas como a liberação dos hormônios de sono e alerta.

O estudo da iluminação natural e sua influência no ciclo circadiano para a melhoria da saúde e bem-estar de usuários em um ambiente corporativo será considerado ao longo desse trabalho. A iluminação em ambientes corporativos é majoritariamente fornecida por luz

artificial e deve ser dosada devido as suas características diferentes como comprimento de onda, intensidade, direcionalidade, a duração da exposição e horário de exposição do indivíduo. Esses aspectos são importantes para elaboração de projetos de iluminação mais eficientes, saudáveis e que colaborem para estimulação do sistema circadiano.

Com a hiper conectividade, o mundo corporativo ultrapassou os espaços físicos dos escritórios e avançou para o interior das casas, de modo que as pessoas passam mais tempo conectadas ao trabalho e, conseqüentemente, fiquem menos expostas à luz natural e mais à luz azul (por meio de LEDS, Smartphones, Notebooks etc.).

A exposição diária à iluminação artificial em horários inadequados faz com que o organismo sofra com a cronoruptura, ou seja, a quebra do ritmo circadiano. O ritmo circadiano ou ciclo circadiano como também é conhecido, é responsável por regular todo o funcionamento do corpo humano, sendo a luz, o componente que possui maior influência para a regulação dos ritmos biológicos. Para Tosini, Ferguson e Tsubota (2016), a quebra do ritmo circadiano está relacionada a distúrbios de sono, déficit de atenção, alterações de humor, depressão sazonal, câncer, obesidade, diabetes e problemas cardíacos, podendo afetar o rendimento no desempenho de tarefas e no aprendizado.

Desse modo, relaciona-se a falta de iluminação natural em espaços corporativos como um grande motivador para dessincronização do ciclo circadiano em trabalhadores sem acesso à luz natural e restritos a influência de luz artificial e luz azul dentro dos ambientes de trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nos últimos anos, a discussão acerca do impacto causado pelo espaço físico no cérebro humano se tornou mais conhecida pelo fato das pessoas passarem a maior parte do tempo em ambientes internos para a realização de suas tarefas diárias. Nessa condição, muitos ambientes construídos são projetados para receberem predominantemente iluminação artificial, o que compromete a exposição à luz natural benéfica aos ocupantes, prejudicando a saúde e bem-estar dos usuários.

Segundo Tähkämö, Partonen e Pesonen (2019), a luz é necessária para a vida, e a luz artificial melhora o desempenho visual e a segurança, mas há uma preocupação crescente com os potenciais impactos ambientais e na saúde causados pela luz. Nas palavras de Mt Aguilar-

Carrasco *et al.* (2021), a luz do dia é a fonte de luz que fornece a quantidade, espectro, tempo e duração mais adequados para regular nosso sistema circadiano. A estimulação insuficiente do sistema circadiano a longo prazo pode comprometer a saúde e bem-estar dos ocupantes de ambientes carentes de iluminação natural adequada para manutenção dos ritmos naturais do corpo humano.

Para a regulação do sistema circadiano é necessária a fototransdução, ou seja, a conversão de energia luminosa em sinais elétricos. Na retina, estão localizados os receptores responsáveis pela visão (cones e bastonetes), assim como o principal fotorreceptor do sistema circadiano conhecido como ipRGC (células ganglionares intrinsecamente fotossensíveis responsáveis pelo estímulo não visual da luz), que sintetizam um fotopigmento chamado melanopsina. Ao receber a luz por meio desses fotorreceptores, o estímulo é transmitido do trato retino-hipotalâmico para o NSQ (núcleo supraquiasmático), localizado no hipotálamo. Em sequência, esses estímulos são enviados para a glândula pineal, responsável pela secreção de melatonina, um hormônio que controla o ciclo do sono. A exposição à luz em horários inadequados pode causar a inibição da secreção desse hormônio. (MT AGUILAR-CARRASCO *et al.*, 2021).

A secreção da melatonina ocorre exclusivamente à noite, com início cerca de 2 horas antes do horário habitual de dormir e atingindo níveis plasmáticos máximos entre 03:00 e 04:00 horas, variando de acordo com o cronótipo do indivíduo (SOUZA NETO; CASTRO, 2008) sendo secretada em condições normais entre 21:00 e 07:00 horas (MINATI; SANTANA; DE MELLO, 2006). “O “Cronótipo” refere-se ao horário preferido de sono e atividade, e os cronótipos noturnos (“corujas da noite”) são mais propensos a sofrer perturbações circadianas devido a uma incompatibilidade entre seu relógio interno e suas responsabilidades sociais ou profissionais” (FISHBEIN; KNUTSON; ZEE, 2021).

Para Young Min Cho *et al.* (2015), a dessincronização do ciclo circadiano causado pela exposição crônica à iluminação artificial durante a noite pode ter efeitos negativos nas funções psicológicas, cardiovasculares e metabólicas. Nesse sentido, a iluminação elétrica deve se adequar às necessidades do sistema circadiano, promovendo a produção de melatonina durante a noite e a supressão da melatonina durante o dia, respeitando às necessidades fisiológicas dos habitantes (MT AGUILAR-CARRASCO *et al.*, 2021). Em um ambiente corporativo, um usuário exposto à iluminação artificial durante muitas horas do dia pode sofrer com a estimulação insuficiente do sistema circadiano, considerando a impossibilidade de seu

organismo distinguir corretamente a passagem das horas para realização de suas respostas fisiológicas como a liberação de hormônios.

A dessincronização do ciclo circadiano pode desencadear distúrbios neurológicos, psiquiátricos, metabólicos, cardiovasculares e imunológicos. Para conhecimento do grande impacto que a dessincronização pode causar na saúde dos indivíduos, há uma quantidade significativa de doenças ligadas à disrupção circadiana como doença cerebrovascular, epilepsia, enxaqueca, esclerose múltipla, distúrbios neurodegenerativos distúrbios do neurodesenvolvimento, depressão, transtorno bipolar, transtorno afetivo sazonal, aumento do risco de síndrome metabólica e diabetes, obesidade, Infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral (AVC), hipertensão, arritmia, dermatite atópica, asma e rinite alérgica (FISHBEIN; KNUTSON; ZEE, 2021). Além de “efeitos nos ciclos de sono e vigília, padrões alimentares, produção de hormônios e temperatura” (ZIELINSKA-DABKOWSKA KM, 2018).

Ademais, torna-se importante reavaliar as formas de elaborar projetos de iluminação para ambientes de trabalho contribuindo para que a luz artificial possa ser explorada como um meio de modular os horários de sono-vigília e realinhar o relógio interno com o ambiente (PAPATSIMPA C, LINNARTZ JP, 2020) pois dependendo do tempo de exposição à luz, a luz pode acelerar ou retardar a fase do relógio biológico. Ainda segundo (BULLOUGH; REA. FIGUEIRO, 2006), com o aumento das atividades sendo realizadas no período da noite, utilizando iluminação artificial, acaba-se estendendo a porção clara do ciclo claro-escuro, comprometendo a qualidade do sono e o despertar dos indivíduos.

Em ambientes corporativos, como é o caso da análise desse trabalho, usualmente é indicado para os projetos de iluminação a temperatura de cor acima de 4000K. As fontes de LED com TCC acima de 4000K geralmente possuem um alto nível de luz azul em seu espectro. O sistema circadiano é extremamente sensível ao espectro de luz visível ao olho, especialmente comprimentos de onda azuis, sua quantidade e intensidade (ZIELINSKA-DABKOWSKA KM, 2018). “Luz azul de comprimento de onda de cerca de 466-467 nm é a mais eficaz, tanto para a supressão, quanto para causar o atraso de fase” (SOUZA NETO; CASTRO, 2008). Dessa forma, podemos entender o impacto na saúde de uma pessoa sem contato à luz natural e exposta somente à luz azul, motivada pelo uso de iluminação artificial, computadores e celulares durante todo o dia.

Como aponta (VANDEWALLE, 2007), a exposição à luz azul é mais efetiva no melhoramento da performance em tarefas de memória, se comparado com a luz verde ou violeta. Nesse caso, a indicação seria para exposição à iluminação rica em azul ao despertar (preferencialmente através de luz natural) desencadeando liberações dos neurotransmissores serotonina, dopamina e do hormônio cortisol (ZIELINSKA-DABKOWSKA KM, 2018).

Segundo Didoné e Pereira, (2010) a iluminação natural tem efeitos positivos pois melhoram a saúde, o desempenho e o humor dos trabalhadores além de viabilizar a economia de energia em edifícios comerciais. Esses edifícios tendem a ser volumes compactos de grande escala, fazendo com que o volume interior predomine sobre a área da fachada. Em consequência destas tipologias, a desconsideração ao uso adequado de luz natural tem sido uma constante (VIANNA E GONÇALVES, 2001). Por isso, é fundamental repensar o modo de projetar os ambientes construídos pois a exposição à luz do dia pode ocorrer também em ambientes fechados na presença de uma janela de forma que seja possível a visualização externa e a entrada da iluminação natural.

Conforme a NBR/ISO 8995-1 (2013), as janelas podem também fornecer um contato visual com o mundo exterior, o qual é preferido pela maioria das pessoas. E deve-se evitar o contraste excessivo e desconforto térmico causados pela exposição direta da luz do sol em áreas de trabalho. Segundo a norma técnica, a iluminação natural em espaços corporativos deve ser complementada com iluminação artificial, usando sempre a dimerização como artifício para favorecer a eficiência energética e o conforto dos usuários.

### 3 COLETA DE DADOS PRIMÁRIOS

O procedimento metodológico usado para esse estudo foi, primeiramente, uma revisão bibliográfica sobre a iluminação natural, a iluminação artificial e o ciclo circadiano complementado por um questionário online respondido por funcionários de um escritório corporativo que será utilizado como estudo de caso.

Para o estudo de caso, foi realizado um questionário online com funcionários de um escritório corporativo localizado em São Paulo, sede de algumas empresas do segmento de iluminação, persianas, revestimentos e mobiliário. As jornadas de trabalho dos funcionários desse escritório estão mescladas com horários entre 08h00 e 19h00, de segunda à sexta-feira e

sábados das 10h00 às 14h00. O questionário online foi realizado por meio do Google Forms com 12 perguntas e ficou disponível para ser respondido entre 24 de maio de 2022 e 07 de junho de 2022 coletando o total de 12 respostas.

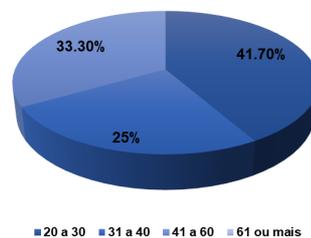
Com o resultado do questionário, foi avaliado o nível de satisfação dos funcionários quanto à iluminação natural, iluminação artificial e bem-estar geral durante suas jornadas de trabalho. Esses dados serviram de base para a proposta de um novo projeto luminotécnico considerando tecnologias cujo caráter principal seja respeitar as condições fisiológicas dos usuários, colaborando para a estimulação adequada do ciclo circadiano. As questões foram organizadas da seguinte forma: primeiro os entrevistados informaram a faixa etária que estavam incluídos, qual o tempo de permanência dentro do escritório e o tempo em meses que trabalhavam nesse local de forma presencial. Na segunda parte do questionário, foram respondidas questões relacionadas ao tipo e modo de atividade que exercem no trabalho. Já na terceira e última parte do questionário, os entrevistados responderam questões sobre a iluminação do ambiente e sintomas causados por ela.

O método abordou também a técnica do retrofit para o ambiente estudado, considerando tecnologias que proporcionassem maior conforto visual aos usuários.

#### 4 ANÁLISE DE DADOS E RESULTADOS

Do grupo de 12 indivíduos que trabalham no escritório citado na pesquisa, 41,7% têm entre 20 e 30 anos, 33,3% têm entre 41 e 60 anos e 25% dos entrevistados tem entre 31 e 40 anos, conforme a Figura 1.

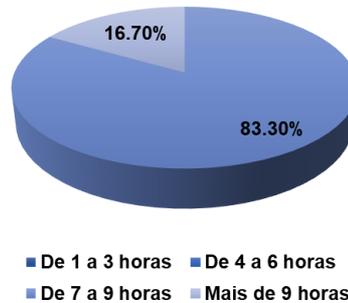
**Figura 1:** idade dos entrevistados.



**Fonte:** A autora.

O tempo de permanência dos entrevistados dentro do escritório é de majoritariamente 7 a 9 horas correspondendo a 83,3% e mais de 9 horas com 16,7% (Figura 2).

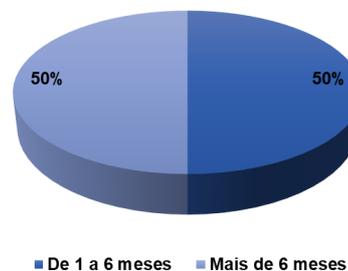
**Figura 2:** Tempo de permanência dos indivíduos no local.



**Fonte:** A autora.

Os entrevistados também foram questionados sobre o tempo que trabalham presencialmente no escritório. A metade dos funcionários trabalham há mais de 6 meses e a outra metade entre 1 e 6 meses (Figura 3).

**Figura 3:** Tempo médio em que os funcionários trabalham no local em meses.



**Fonte:** A autora.

Todos os entrevistados usam telas LCD para realizar suas tarefas ao longo do dia, correspondendo a 100% dos indivíduos (Figura 4).

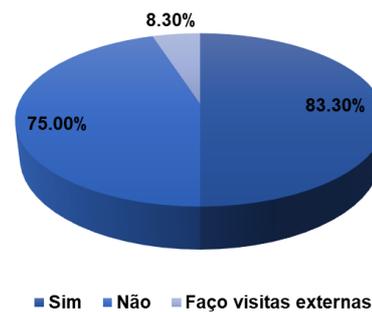
**Figura 4:** Uso de telas LCD no trabalho (computadores, celulares, filmadoras).



**Fonte:** A autora.

O posto de trabalho dos usuários é majoritariamente fixo com 83,3% dos sujeitos, enquanto 8,3% realizam visitas externas durante a jornada de trabalho e uma pessoa não possui posto fixo (Figura 5).

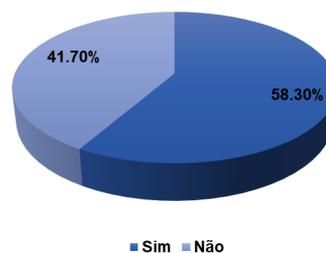
**Figura 5:** Posição do posto de trabalho dos indivíduos.



**Fonte:** A autora.

Entre os entrevistados, 58,3% usam óculos e 41,7% não. Figura 6.

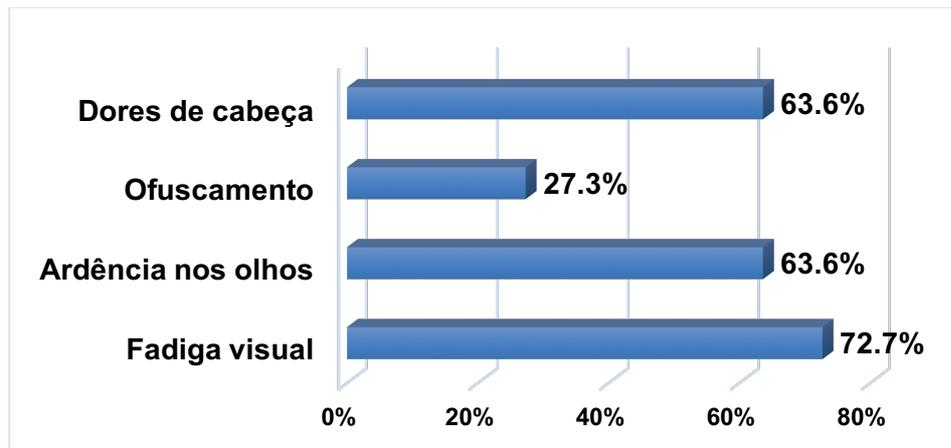
**Figura 6:** Indivíduos que usam óculos ou não.



**Fonte:** A autora.

Para identificar se os indivíduos sofrem com algum sintoma causado pela alta exposição à luz azul, foi solicitado que marcassem algum sintoma presenciado durante a jornada de trabalho. A fadiga visual teve o maior índice atingindo 72,7% dos entrevistados. A ardência nos olhos e dores de cabeça acometem igualmente 63,6% dos sujeitos e o ofuscamento foi apontado com 27,3% (Figura 7).

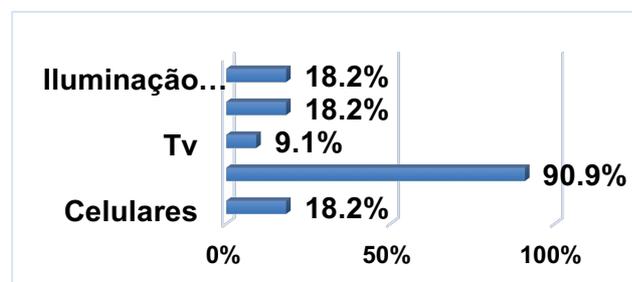
**Figura 7:** Possíveis sintomas causados pela exposição à luz artificial.



Fonte: A autora.

Foi perguntado aos entrevistados a quais possíveis causas eles atribuiriam os sintomas sinalizados acima. O uso de computadores/notebooks foi apontado por 90,9%. Os celulares, o ambiente de trabalho e a iluminação excessiva atingiram os sujeitos em 18,2%, restando a TV 9,1% da atribuição pelos sintomas (Figura 8).

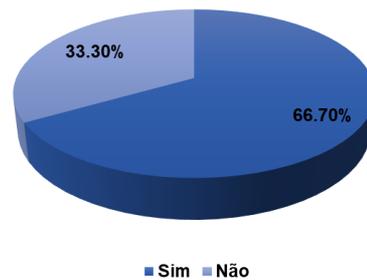
**Figura 8:** Possíveis causas que motivam os sintomas citados na Figura 7.



Fonte: A autora.

Quando perguntado se sofrem com dificuldades para dormir, 66,7% dos entrevistados não tinham dificuldade para adormecer enquanto 33,3% deles afirmaram que sofrem com dificuldades para dormir (Figura 9).

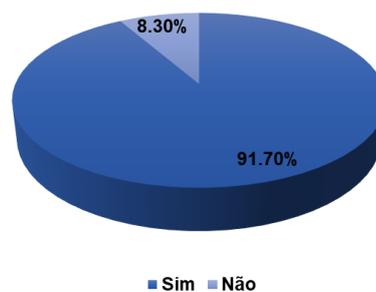
**Figura 9:** questionados sobre a dificuldade para adormecer.



**Fonte:** A autora.

Os entrevistados precisaram responder se conseguiam ter acesso a visão externa do edifício, onde 91,7% negaram que conseguem visualizar o exterior enquanto 8,3% (1 pessoa) afirmou conseguir ver o exterior do local através de seu posto de trabalho, conforme figura 10.

**Figura 10:** Indivíduos conseguem visualizar o exterior ou não.

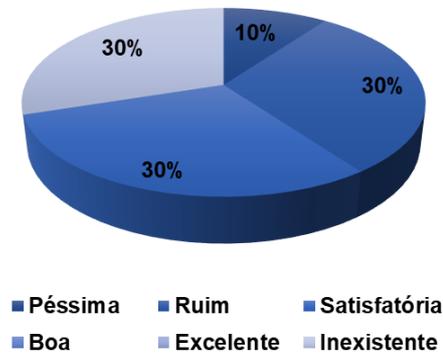


**Fonte:** A autora.

Dando continuidade a questão em que os indivíduos são questionados se conseguem ter uma visão externa do edifício, questionou-se como eles julgavam a iluminação natural proveniente das janelas do local. Nesta questão os usuários apresentaram indecisão pois 30% consideraram a iluminação natural satisfatória, enquanto outros 30% julgaram como ruim e

inexistente. 10% dos entrevistados consideraram a iluminação natural como péssima (Figura 11).

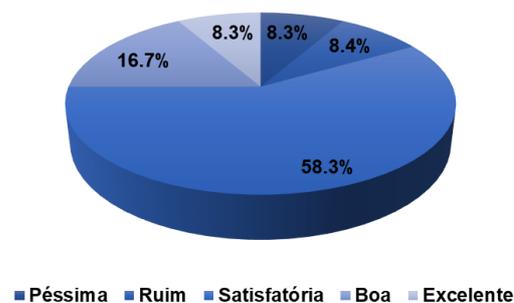
**Figura 11:** Como os indivíduos julgam a iluminação natural proveniente das janelas.



**Fonte:** A autora.

Para concluir, foi perguntado como os usuários consideravam a iluminação artificial em seu posto de trabalho. Dos entrevistados, 58,3% classificou a iluminação como satisfatória e 16,7% como boa. Dividindo opiniões 8,3% considerou como excelente e péssima, enquanto 8,4% classificou como ruim. Figura 12.

**Figura 12:** Como os indivíduos julgam a iluminação artificial em seu posto de trabalho.



**Fonte:** A autora.

Os resultados obtidos pelo questionário mostram que 83,3% dos funcionários passam entre 7 e 9 horas por dia restritos a influência da luz artificial para realização de suas tarefas, com 100% dos usuários utilizando exclusivamente telas LCD, num posto fixo de trabalho em 83,3% dos casos e 91,7% sem acesso a visão externa do edifício.

Quanto à iluminação, 58,3% considera a iluminação artificial satisfatória no posto de

trabalho e a iluminação natural sendo 30% como péssima e ruim e 10% como inexistente. Contrapondo essa avaliação, 30% considerou a iluminação natural como satisfatória. Pode-se interpretar que esses funcionários conseguem ter acesso à iluminação natural quando não estão em seu posto de trabalho fixo.

Como a iluminação influencia na saúde e bem-estar dos usuários, 72,7% sofrem com fadiga visual, enquanto 63,6% alegam ardência nos olhos e dores de cabeça, além de 27,3% sofrerem com ofuscamento. Esses sintomas foram atribuídos ao uso de computadores e celulares (90,9%), ao ambiente de trabalho e a iluminação excessiva, correspondendo ambos a 18,2%. Dessa forma, observa-se os possíveis impactos que a falta de iluminação natural durante a jornada de trabalho pode causar nesses indivíduos, bem como os malefícios causados pela exposição aguda a iluminação artificial e incentivar análises futuras sobre a importância da iluminação natural em ambientes corporativos.

## **5 PROPOSTA LUMINOTÉCNICA**

Ao longo do dia, muitos trabalhadores que realizam suas tarefas através de computadores/celulares relatam dores de cabeça, dores nos olhos e sonolência. Esses sintomas podem ser causados pelo atraso de fase (alteração em um ou mais ritmos) devido ao excesso de exposição à luz azul durante a jornada de trabalho. Com os diversos efeitos gerados pela luz na visão, fica evidente a necessidade de incorporar aspectos voltados para a saúde aos projetos de iluminação em ambientes internos (WURTMAN RJ, 1975).

Com base na pesquisa realizada em usuários de um escritório comercial em São Paulo, citado no item 5 deste trabalho, foi elaborado um novo projeto luminotécnico como estudo de caso, visando o atendimento às necessidades fisiológicas básicas dos ocupantes e integrando a iluminação artificial à natural. O projeto foi pensado para área do mezanino do edifício, onde os postos de trabalho estão localizados. A figura 13 mostra o 1º pavimento e o mezanino.

**Figura 13:** Imagem de escritório corporativo.



**Fonte:** Leka Mendes, Andrés Otero (2018).

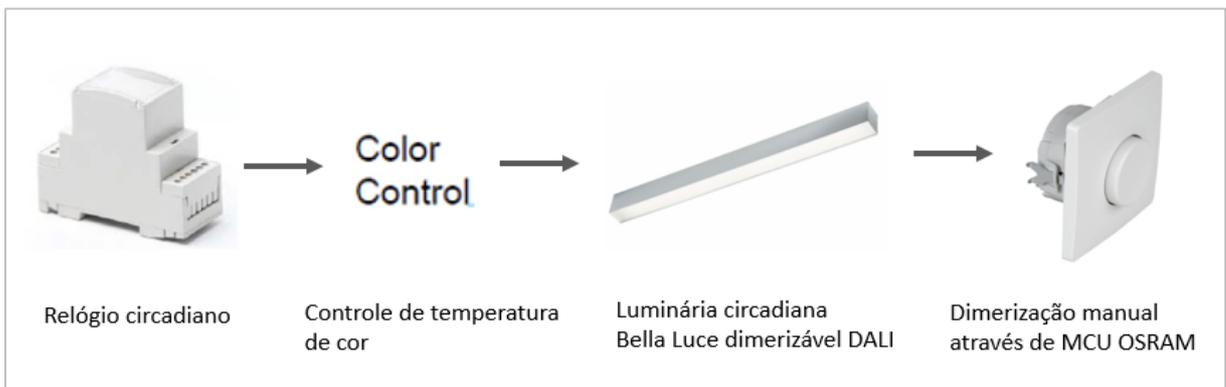
Os postos de trabalho fixo ficam na área do mezanino, juntamente com a sala de reunião e a sala do CEO. De acordo com o questionário, 91,7% dos ocupantes não conseguem ter uma visão externa do edifício entre as 7 e 9 horas (83,3%) diárias que passam dentro do escritório sem acesso à iluminação natural. Pensando nisso, a proposta para o projeto luminotécnico é a troca das luminárias existentes na área do mezanino por luminárias que permitam a programação de tonalidade de cor, de acordo com a passagem das horas, colaborando para a regulação dos ritmos do ciclo circadiano.

Atualmente as luminárias da área do mezanino são spots, perfis de LED e telas tensionadas dimerizáveis, com protocolo DALI e temperatura de cor 3000K. A proposta do novo projeto é a substituição dos spots por módulos COB de LED de 4000K, 12,7W, 1540lm, IRC 90 aplicados no pé direito duplo para iluminação das áreas comuns. Para o mezanino, área onde funciona o escritório corporativo, as luminárias lineares com sistema circadiano integrado, possuem 1902lm, 25W, com programação de tonalidade 6500K / 5000K / 4000K / 3000K / 2700K e IRC 80 dispostas para iluminação nas mesas de trabalho (área de tarefa). Para as telas tensionadas, a iluminação será com placas PCB de LED, em substituição às fitas de LED convencionais, assim como na sanca de gesso da sala de reunião e do CEO.

A dimerização da tela tensionada e dos perfis de LED com tecnologia circadiana foi pensada para funcionar de acordo com o relógio circadiano (já integrado às luminárias), com

sensor de luminosidade que envia a informação de qual temperatura de cor o Color Control deve disponibilizar num determinado horário do dia. Dessa forma, o relógio circadiano é previamente programado para o envio de informações de qual temperatura de cor mais próxima à luz do sol deve ser disponibilizado pelas luminárias. O esquema da dimerização das luminárias é demonstrado na Figura 14.

**Figura 14:** Esquema de dimerização das luminárias.

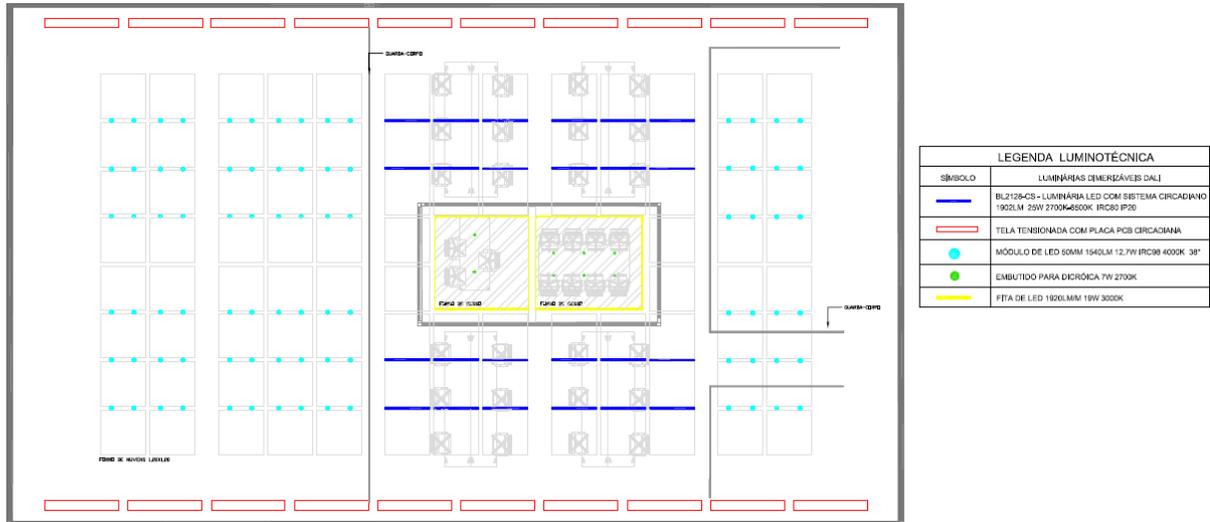


**Fonte:** A autora.

Considerando o horário comercial que os funcionários estão presentes no escritório, sem acesso à iluminação natural, o relógio circadiano indica a temperatura de cor entre 6500K (9h00) e 2700K (18h00) para liberação pelo Color Control. Idealmente, a mudança de temperatura de cor das luminárias, durante as longas jornadas de trabalho, contribui para a regulação do ciclo circadiano de cada indivíduo.

As luminárias Circadian System da Bella Luce foram propostas no projeto pois não há perda de fluxo luminoso quando ocorre a troca de temperatura de cor, o que não compromete a iluminância nas mesas de trabalho, garantindo que os 500lx previstos na norma NBR8995-1 sejam atingidos. Nessas condições, somente a dimerização manual das luminárias pode alterar o fluxo luminoso adequado para a área de tarefa. A Figura 15 mostra a planta baixa do novo projeto luminotécnico.

**Figura 15:** Planta baixa – projeto luminotécnico.



**Fonte:** A autora.

O projeto luminotécnico propôs a substituição das luminárias existentes por luminárias “circadianas” para estimulação do sistema circadiano no ambiente de maior permanência do escritório. Nas áreas comuns, as luminárias são dimerizáveis com sistema LED convencional. O software utilizado para os cálculos luminotécnicos foi o Dialux Evo (versão 10.1). Foi encontrada dificuldade para simular as diferentes temperaturas de cor das luminárias circadianas (entre 2700K-6500K) para visualização no software. Dessa forma, a análise considerou apenas os índices de iluminância exigidas pela NBR8995-1 para ambientes de escritório (Figura 16).

**Figura 16:** Simulação computacional com software Dialux 10.1 – representação 3D.



**Fonte:** A autora.

As iluminâncias médias mantidas nas mesas foram 714lx, 716lx, 722lx e 726lx. Todas as luminárias do projeto são dimerizáveis DALI, por esse motivo, consideramos os valores de iluminância média acima do indicado pela NBR8995-1, sendo o valor de 500lx indicado na área de tarefa (mesa de trabalho). Dessa forma, o usuário consegue dimerizar as luminárias de acordo com sua preferência.

A ferramenta Dialux Evo foi importante para análise de iluminância nas mesas de trabalho e também para verificar a influência da iluminação proveniente das telas tensionadas que pode causar ofuscamento e desconforto aos usuários quando estiverem nas mesas de trabalho. Algumas telas ficam a cerca de 0,90cm de distância da mesa de trabalho e podemos considerar como a iluminação excessiva citada por dois indivíduos no questionário respondido pelos trabalhadores.

A nova proposta luminotécnica permite que a iluminação no ambiente de trabalho seja dinâmica, com alteração de temperatura de cor automática de acordo com os horários do dia, simulando o espectro mais próximo à luz do sol, visto que 83,3% dos entrevistados possuem posto fixo de trabalho e 91,7% não tem visão externa do edifício, o que colabora para a dessincronização do ciclo circadiano a longo prazo.

É válido considerar que as tecnologias voltadas para iluminação circadiana possuem um custo mais elevado se comparado com as tecnologias convencionais. No escritório usado como

estudo de caso, o valor das luminárias convencionais já instaladas na área do mezanino foi de, aproximadamente, R\$85.151,34 (orçamento fornecido com valor atualizado pela fabricante DLZ, em julho de 2022). Já para as peças com tecnologia circadiana, especificadas para o novo projeto, o orçamento estimativo ficou em R\$104.241,48 (valores fornecidos pela fabricante Bellaluce, em julho de 2022) faltando os valores das placas de PCB usadas nas telas tensionadas pois se trata de um lançamento no mercado, passando por fases de testes pelo fabricante.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, a iluminação em ambientes internos possui grande influência na saúde e bem-estar dos usuários. Alguns estudos já confirmaram como um projeto de iluminação pode causar benefícios e malefícios à saúde humana.

Com as mudanças nos modos de trabalho nos últimos anos, a sociedade passou a estender seus horários de atividade, de modo que o uso de iluminação artificial ocorra de modo excessivo e muitas vezes irresponsável (dada a pouca disseminação de informação sobre o assunto). Dito isso, é necessário rever a forma como os projetos de iluminação são propostos, principalmente, para ambientes de longa permanência, como é o caso de escritórios corporativos.

Para ambientes já construídos, é importante que os usuários possuam acesso à visão externa do edifício bem como à iluminação natural, de forma que ocorra estímulo luminoso adequado durante o período de permanência no local. É válido lembrar que a estimulação insuficiente do sistema circadiano pode colaborar para doenças cardiovasculares, metabólicas e psicológicas. Por conseguinte, as avaliações fornecidas pelos funcionários do escritório nortearam a proposta luminotécnica mostrando a identificação da dessincronização de seus ritmos circadianos pessoais. Observa-se ainda que é possível a elaboração de projetos luminotécnicos que viabilizem a regulação dos ritmos biológicos através de tecnologias que integram o espaço físico às necessidades humanas.

Por último, é fundamental que ocorra avanços nos estudos acerca do tema de iluminação e saúde, buscando estratégias cada vez mais eficientes e benéficas à saúde dos usuários de ambientes construídos, com e sem acesso à iluminação natural, de modo que a conscientização dos riscos para saúde seja constante entre os profissionais da área.

## 9 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR/ISO 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, p. 46. 2013.

CHO Y, RYU SH, LEE BR, KIM KH, LEE E, CHOI J. Effects of artificial light at night on human health: A literature review of observational and experimental studies applied to exposure assessment. **Chronobiol Int.** 2015;32(9):1294-310.. Epub 2015 Sep 16.

DIDONÉ, Evelise Leite e PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações. **Ambiente Construído [online].** 2010, v. 10, n. 4 pp. 139-154.

FIGUEIRO, Mariana G.; REA, Mark S.; BULLOUGH John D.; Circadian effectiveness of two polychromatic lights in suppressing human nocturnal melatonin. **Neuroscience Letter.** 22 de agosto de 2006.

FISHBEIN Anna B.; KNUTSON Kristen L; ZEE Phyllis C. Circadian disruption and human health. **The Journal of Clinical Investigation**; 2021.

M. T. AGUILAR-CARRASCO, S. DOMÍNGUEZ-Amarillo, I. Acosta, and J. J. Sendra, "Indoor lighting design for healthier workplaces: natural and electric light assessment for suitable circadian stimulus," **Opt. Express** 29, (2021)

MINATI, A. & SANTANA, Marcos & DE MELLO, Marco. (2006). A influência dos ritmos circadianos no desempenho físico. **Rev. bras. Ciência e Movimento.** 14. 75-86.

PAPATSIMPA, Charikleia; LINNARTZ, Jean-Paul. Personalized Office Lighting for Circadian Health and Improved Sleep. **Sensors** 2020, 20, 4569.

SOUZA NETO, Júlio Anselmo; CASTRO, Bruno Freire de. **Rev. bras. neurol** ;44(1):5-11,



**REVISTA BELAS ARTES**

Volume 39  
Maio - Agosto / 2022  
ISSN: 2176-6479

jan-mar. 2008.

TÄHKÄMÖ, Leena; PARTONEN, Timo; PESONEN, Anu-Katriina. Systematic review of light exposure impact on human circadian rhythm. **Chronobiology international**, v. 36, n. 2, p. 151-170, 2019.

TOSINI G, FERGUSON I, TSUBOTA K. Effects of blue light on the circadian system and eye physiology. **Mol Vis**. 2016 Jan 24;22:61-72.

VANDEWALLE G.; SCHMIDT C.; ALBOUY G.; STERPENICH V.; DARSAUD A.; et al. Brain responses to violet, blue, and green monochromatic light exposures in humans: prominent role of blue light and the brainstem. **PLoS ONE**, v. 2, e1247. 2007.

VIANNA, Nelson Solano e GONÇALVES, Joana Carla Soares. Iluminação e arquitetura. São Paulo: **Vitrus**, 2001.

WURTMAN RJ. The effects of light on the human body. **Sci Am**. 1975 Jul;233(1):69-77.

ZIELINSKA-DABKOWSKA KM. Make lighting healthier. **Nature**. 2018 Jan 18;553(7688):274-276.