O PROJETO DE ILUMINAÇÃO PARA A SAÚDE DE TRABALHADORES DO TURNO NOTURNO

Rose Raad (1); Claudia Roberta de Castro Moreno (2); Leonardo Marques Monteiro (3)
(1) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Arquiteta e Urbanista, roseraad91@gmail.com, LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua do Lago 876, São Paulo – SP, 05508-080 (2) Professora Doutora do Departamento de Saúde, Ciclos de Vida e Sociedade, crmoreno@usp.br, Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, Av. Dr. Arnaldo, 715, São Paulo – SP, 01246-904, tel.: (11) 3061 7712
(3) Professor Doutor do Departamento de Tecnologia da Arquitetura, leo4mm@usp.br, LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, Rua do Lago 876, São Paulo – SP, 05508-080, tel.: (11) 3091 4538

RESUMO
A execução do trabalho durante o turno noturno e a exposição à luz num período em que a maior parte da sociedade dorme acarretam prejuízos à saúde, decorrentes da supressão noturna do hormônio melatonina, o que está associado a manifestação e agravamento de certas doenças. Especialmente para trabalhadores do turno noturno, a inadequação entre os horários das atividades sociais e os ritmos biológicos alterados compromete o funcionamento cerebral e resulta em privação de sono durante os dias de trabalho. Assim, este estudo tem o objetivo de apresentar uma abordagem do projeto de iluminação que esteja em consonância com as necessidades para execução das tarefas visuais e com as demandas dos ritmos biológicos endógenos. Por meio de simulação computacional, no software Dialux Evo 9.2, foi proposto um novo sistema de iluminação elétrica para o estudo de caso escolhido. São considerados os requisitos da iluminação para o sistema visual, descritos na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1, e a métrica Circadian Stimulus (CS), para quantificação do impacto da nova iluminação sobre o sistema não visual. Os resultados obtidos até o momento mostram que, de um modo geral, na área de trabalho dos teleoperadores, a iluminação proposta oferece boas condições para o desempenho do trabalho com conforto e segurança, entretanto, não deve proporcionar estímulo circadiano para todos os trabalhadores. Essa análise será complementada, numa próxima etapa, a partir dos cálculos para os demais postos de trabalho nesta sala. No entanto, os resultados parciais encontrados já indicam diferenças entre o projeto de iluminação voltado somente às necessidades visuais e o que também oferece um adequado estímulo das células ganglionares da retina.

Palavras-chave: iluminação elétrica, estímulo circadiano, trabalho noturno, ritmos biológicos.

ABSTRACT
Working in the night shift and exposure to light in a period when most of the society sleeps causes health damage, resulting from the nocturnal suppression of the hormone melatonin, which is associated with the expression and worsening of certain diseases. Especially for night shift workers, the inadequacy between the hours of social activities and altered biological rhythms compromises brain functioning and results in sleep deprivation during working days. Thus, this study aims to present an approach to lighting design that is in line with the needs for performing visual tasks and with the demands of endogenous biological rhythms. Through computer simulation in the Dialux Evo 9.2 software, a new electrical lighting system was proposed for the chosen case study. The lighting requirements, described in the ABNT NBR ISO / CIE 8995-1 standard, was considered for the visual system and the Circadian Stimulus (CS) metric was considered to quantify the impact of the new lighting on the non-visual system. The results obtained so far show that, in general, in the teleoperator´s work area, the proposed lighting offers good conditions for the performance of work with comfort and safety, however, should not provide circadian stimulus for all workers. This analysis will be complemented, in a next step, based on the calculations for the other positions in this room. However, the partial results found already indicate differences between the lighting design aimed only at the visual needs and the one which also offers an adequate stimulus of the retinal ganglion cells.

Key-words: electric lighting, circadian stimulus, night shift work, biological rhythms.

1. INTRODUÇÃO

É conhecido que a luz natural e a elétrica apresentam respostas diferentes, tanto em relação à percepção visual quanto do ponto de vista fisiológico. A exposição a fontes de luz, cujo espectro de cores não é tão equilibrado e homogêneo quanto o da luz natural, vai contra os padrões de iluminação do homem ancestral (MARTAU, 2009). Além disso, o advento de novas fontes de iluminação elétrica, após a invenção da lâmpada de Argand, permitiu ao homem aumentar sua exposição à luz no período noturno bem como prolongar o período em que se mantém desperto e realiza suas atividades, com isso alterações são provocadas nos ritmos biológicos com duração aproximada de 24 horas, os chamados ritmos circadianos.

A organização temporal do trabalho noturno resulta num padrão de exposição ao ciclo claro/escuro que diverge do padrão natural, presente desde o homem ancestral, e certamente trará consequências negativas à saúde pelo impacto sobre os ritmos circadianos. O trabalho em turnos implica na dessincronização dos ritmos endógenos, mas de todos os turnos o trabalho noturno é o que apresenta maior risco de distúrbios fisiológicos e psicossociais, incorrendo em desgastes na vida familiar e social, no desempenho das tarefas, com maior vulnerabilidade à acidentes de trabalho, e por fim sobre a qualidade de vida do trabalhador. Essa dissociação também tem sido apontada como uma das causas de night shift disorder (NSD), distúrbio recorrente em trabalhadores noturnos, cuja maioria sintomática apresenta posição de fase circadiana semelhante à de trabalhadores diurnos, enquanto que os assintomáticos representam a minoria e mostram um atraso fisiológico interno (FOLKARD, 2008).

Uma das maneiras para se alcançar o mínimo desajuste circadiano se dá a partir do estímulo pré-determinado das células ganglionares da retina pela luz, mecanismo que se tornou melhor compreendido a partir da descoberta do fotopigmento melanopsina, que mais tarde revelou a existência de um terceiro tipo de fotorreceptor, ligado aos efeitos não visuais da luz, e abriu caminho para uma série de estudos subsequentes, que buscaram esclarecer mais detalhes da relação entre os impactos da luz na saúde do ser humano (PROVENCIO et al., 1998; BERSON et al., 2002; HATTAR et al., 2002). Assim, uma alternativa para aliviar os efeitos negativos causados pela exposição à luz, durante o regime noturno, é a tentativa de inversão de fase circadiana de modo a reduzir o desajuste endógeno com o meio externo (HOROWITZ, TANIGAWA, 2002).

Com o aumento da consciência dos impactos não visuais da luz percebeu-se que a qualificação de um sistema de iluminação, a partir das grandezas fotométricas usuais, que permitem quantificar os impactos visuais, não é apropriada para mensurar os efeitos da luz sobre o sistema biológico endógeno humano (CHAVES, MARTAU, 2019). Para quantificar os efeitos não visuais da iluminação e caracterizar a luz que estimula os ritmos circadianos humanos algumas métricas foram desenvolvidas, entre as quais está o Circadian Stimulus – CS, ferramenta desenvolvida por pesquisadores do Lighting Research Center (REA, FIGUEIRO, 2018; FIGUEIRO et al., 2016).

Hoje, o aperfeiçoamento das fontes de iluminação, desenvolvimento de novas tecnologias e, recentemente, a elaboração de novas métricas para quantificação do impacto da luz sobre os ritmos circadianos, oferece aos projetistas de iluminação os subsídios para a concepção de um projeto de iluminação que ofereça o estímulo adequado para a sincronização dos ritmos endógenos. Entretanto, boa parte dos profissionais ainda não utiliza os princípios da iluminação circadiana em seus projetos. Um dos principais entraves apontados por pesquisas foi a falta de contato com exemplos de aplicações e estudos de caso na área (CLARK, LESNIAK, 2017; MARTAU, HENRICH, 2020). Além disso boa parte dos entrevistados nunca simulou a iluminação circadiana durante o processo de projeto luminotécnico (CLARK, LESNIAK, 2017; MARTAU, HENRICH, 2020).

2. OBJETIVO

Este estudo tem o objetivo de apresentar, por meio de abordagem quantitativa, a verificação da concomitância do atendimento aos requisitos para execução das tarefas visuais e que também assegure impacto adequado sobre os ritmos circadianos de trabalhadores noturnos, por meio do registro dos procedimentos empregados e desafios encontrados ao longo do desenvolvimento do projeto de iluminação.

3. MÉTODO

Por meio de simulação no software Dialux Evo, versão 9.2, foram calculados os valores de parâmetros necessários para o atendimento dos requisitos da iluminação visual, segundo a norma brasileira de iluminação para espaços de trabalho internos, ABNT NBR ISO/CIE 8995-1. Também foi quantificado no software de iluminação, o valor da iluminância média no plano vertical na posição dos trabalhadores noturnos, dado posteriormente inserido na calculadora da métrica Circadian Stimulus – CS, junto com as

informações referentes ao gráfico da distribuição espectral de potência - DEP (spectral power distribution - SPD) da fonte de iluminação das luminárias utilizadas e disponibilizadas pelo fabricante de iluminação, a fim de obter os valores do estímulo circadiano. A etapa de simulações foi precedida por um levantamento físico e medições de iluminação no ambiente de trabalho. Cabe ressaltar que para este estudo foram consideradas estratégias para trabalhadores noturnos de turno fixo, isto é, que não possuem variação no regime de trabalho, e os resultados parciais obtidos são referentes a área em que trabalham os teleoperadores. A seguir serão apresentados os dados obtidos no levantamento in loco e as configurações seguidas em modelagem para realização dos cálculos de iluminação.

3.1. Estudo de Caso

O estudo de caso desta pesquisa é uma sala de atendimento a usuários de uma empresa pública do setor de transporte, da região metropolitana de São Paulo. Esta sala é composta por dois espaços diferentes no mobiliário e nas atividades exercidas: um com mesas separadas por divisórias, em que teleoperadores prestam atendimento à usuários para esclarecimentos de dúvidas e informações de utilidade pública, e outro, ao fundo, é composto por mesas de trabalho de plano aberto, em que trabalhadores desempenham funções administrativas e de controle. Em ambos os ambientes as atividades são executadas por meio de computadores. Apesar do trabalho no período noturno ocorrer apenas no espaço com as baias, o projeto foi desenvolvido para toda a sala. O turno noturno tem início às 23h com término às 5h da manhã e em cada turno há em média cinco trabalhadores e um (a) líder, com a função de prestar apoio e supervisionar o trabalho dos teleoperadores.

Esta sala apresenta pé direito de 3,58m e possui pequenas janelas basculantes, revestidas por uma película escura, por toda a extensão das duas paredes de maior dimensão e, portanto, fora da linha de visão horizontal dos trabalhadores. Estão posicionadas à 2,55m do piso acabado e sua abertura se dá para um espaço interno ao edifício. A sala ainda possui uma divisória de PVC com uma porta e painéis de vidro em uma das paredes, a partir do qual se tem vista para o corredor interno. Assim, sem a contribuição da luz natural durante o dia e a percepção do meio externo, os níveis de iluminação no ambiente são os mesmos, tanto de dia como de noite.

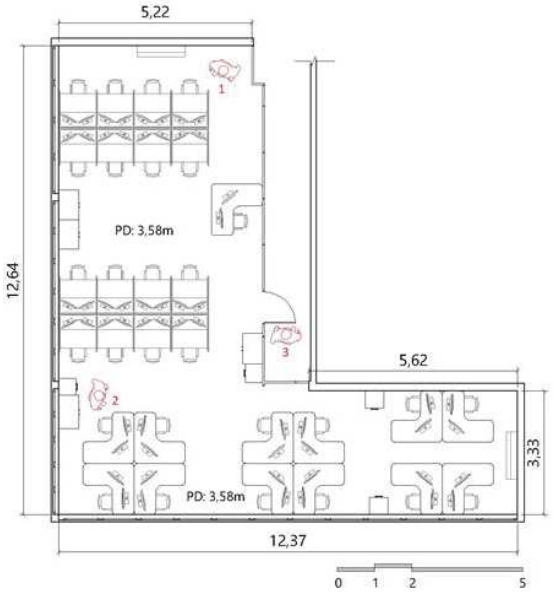


Figura 1 - Planta do layout original da sala escolhida como estudo de caso, com indicação da posição dos observadores (1, 2 e 3) em vermelho e principais dimensões (em metros).



Figura 2 - Vista da sala: 1 - espaço com as mesas com baias, a partir da posição do observador 1; 2 - espaço com mesas de trabalho para funções administrativas, pela posição do observador 2; 3 – corredor interno visto pela posição do observador 3.

Em relação às condições de iluminação elétrica, observou-se que, tanto no espaço onde trabalham os teleoperadores como no espaço de tarefas administrativas, há falta de uniformidade na temperatura de cor correlata das lâmpadas. As luminárias foram instaladas imediatamente abaixo das vigas. No ambiente com as baias, cada luminária abriga uma lâmpada fluorescente T10 e não há nenhuma estrutura para o controle de ofuscamento. No espaço com as mesas de plano aberto, as luminárias possuem aletas para controle do ofuscamento direto e cada uma comporta duas lâmpadas fluorescentes, embora algumas luminárias possuíssem lâmpadas que não estavam em funcionamento.

3.2. Parâmetros e configurações do modelo

Embora o foco deste estudo seja o impacto da luz em benefício à saúde foram feitas intervenções em outras disciplinas. Dessa maneira, foram propostas alterações no mobiliário e sua disposição em relação ao layout original, de modo a garantir dimensões mais adequadas ao contexto da sala e à execução do trabalho com conforto, bem como a otimização do espaço e deslocamento livre e seguro de todos os funcionários. Também foi proposta intervenção no que diz respeito à qualidade sonora do ambiente, por meio da instalação de placas acústicas na cor branca, fixadas na laje de concreto, que não só ajudam a atenuar os níveis de intensidade sonora, mas também auxiliam a maior reflexão de luz para o ambiente e contribuem para aumentar a parcela de luz indireta que chega no olho do usuário.

Inicialmente, foi realizada a modelagem da geometria da sala do estudo de caso, contendo o piso, as paredes, o teto, o forro e as aberturas (portas e janelas) no software Dialux Evo, versão 9.2, a partir dos dados coletados no levantamento inicial. Para melhor desempenho do sistema de iluminação, as placas acústicas foram posicionadas de modo que o maior pé direito resultante foi de 3,55m e o menor, de 3,45m em relação ao piso acabado. A seguir, foram importados blocos de objetos, obtidos na biblioteca 3D Warehouse do software Sketchup 2017, e configuradas as propriedades de cada material contido no modelo. É importante ressaltar que a mudança do mobiliário, cor das paredes e a inserção das placas acústicas na cor branco mudaram os materiais originais e, portanto, resultarão em novos níveis de iluminação do local de trabalho. Desse modo, não sendo mais possível utilizar os valores de refletância por meio de medição, os dados das características dos materiais especificados neste ambiente foram redefinidos.

Em seguida, foram importadas as fotometrias fornecidas pelo fabricante das luminárias escolhidas para este estudo. Foram utilizadas ao todo 38 luminárias, todas são pendentes lineares compostas por perfis com fita de LED e difusor translúcido, permitem compatibilidade com protocolos de controle para variação da temperatura de cor correlata, possuem emissão de luz direta e indireta e ainda, apresentam índice de reprodução de cor (IRC) acima de 80 e índice de proteção (IP) de 40. Foi considerada instalação à 2,90m de altura (distância entre o centro da luminária e o piso acabado), posicionadas, portanto, abaixo do forro acústico. Para todas as luminárias foi admitida variação de cerca de 5% no fluxo luminoso final, na passagem de uma temperatura de cor correlata para outra e perda de 35% do fluxo luminoso final pelo difusor translúcido. A quantidade necessária de luminárias, assim como sua altura e melhor posicionamento foram definidos com base em cálculos realizados no software Dialux Evo, versão 9.2, e são apresentadas abaixo (figura 3):

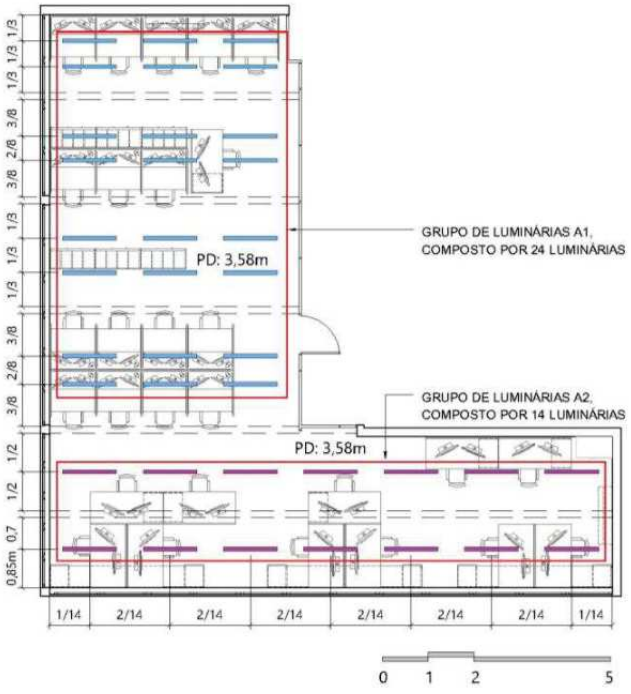


Figura 3 - Planta com a nova disposição de layout e luminárias.

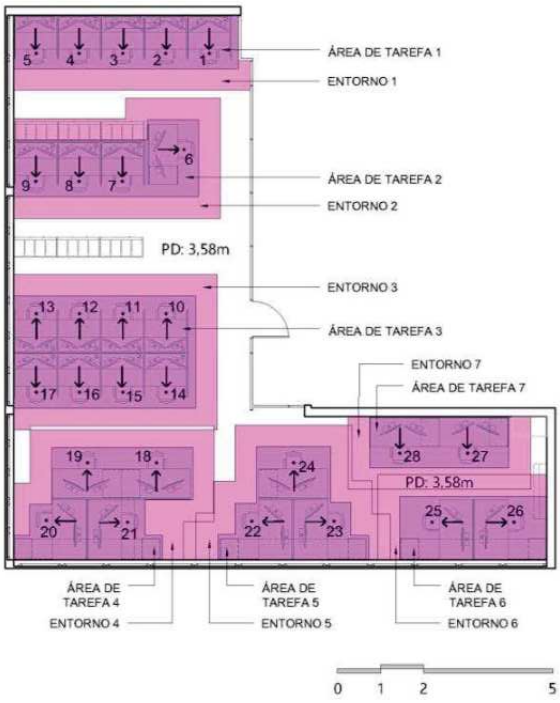


Figura 4 – Posição de cada ponto de cálculo (1 a 28) com indicação da direção do ângulo considerado para iluminância vertical e representação das superfícies de cálculo correspondentes a cada uma das sete áreas de tarefa e seus entornos imediatos.

Para a determinação da iluminância média no plano horizontal e uniformidade foram desenhadas 7 superfícies de cálculo (figura 4), seguindo as recomendações da norma brasileira de iluminação de espaços internos, que permitem a acomodação de uma malha de pontos, a partir do qual serão exibidos os resultados para cada área de tarefa e seu respectivo entorno imediato. Os valores da iluminância média no plano horizontal foram determinados por meio do parâmetro "potência luminosa vertical (adaptativo)", enquanto que os valores de uniformidade foram obtidos automaticamente com o cálculo da iluminância média horizontal, a partir da razão entre a iluminância mínima e a iluminância média. Também foram inseridos 28 pontos como objetos de cálculo (figura 4), posicionados no centro de cada cadeira e a 1,20m do piso acabado, altura que corresponde ao olho do trabalhador, a partir do qual foram determinadas as iluminâncias médias no plano vertical, pelo parâmetro "potência luminosa vertical", considerando a luz que após incidir nos planos perpendiculares por reflexão, atinge diretamente o olho sob um ângulo de incidência de 90° em relação à linha visual horizontal, e o ofuscamento, por meio da "avaliação do brilho unificado (UGR)".

4. RESULTADOS PARCIAIS

Tabela 1 - Valores de iluminância média no plano horizontal (Ēh) e uniformidade (U) das zonas que correspondem as áreas de tarefa dos teleoperadores (os valores em vermelho estão abaixo do recomendado pela norma brasileira de iluminação).

ZONA	PARÂ-METRO	CENÁRIO 1: 2717lm(A1) 3396lm(A2) e 2700K	CENÁRIO 2: 2860lm(A1) 3575lm(A2) e 3000K	CENÁRIO 3: 3003lm(A1) 3753lm(A2) e 4000K	CENÁRIO 4: 3153lm(A1) 3940lm(A2) e 5000K	CENÁRIO 5: 3310lm(A1) 4137lm(A2) e 6500K
Área de tarefa 1	Ēh	491lux	517lux	542lux	572lux	599lux
	U	0.36	0.36	0.36	0.33	0.37
Entorno 1	Ēh	744lux	782lux	821lux	869lux	918lux
	U	0.66	0.66	0.66	0.65	0.67
Área de tarefa 2	Ēh	584lux	614lux	646lux	683lux	711lux
	U	0.48	0.48	0.47	0.47	0.44
Entorno 2	Ēh	740lux	779lux	818lux	854lux	894lux
	U	0.76	0.76	0.76	0.69	0.67
Área de tarefa 3	Ēh	475lux	500lux	524lux	548lux	574lux
	U	0.37	0.36	0.35	0.31	0.35
Entorno 3	Ēh	671lux	706lux	741lux	777lux	816lux
	U	0.82	0.82	0.82	0.83	0.81

Tabela 2 - Valores de ofuscamento (UGR), iluminância média no plano vertical (Ēv) e estímulo circadiano (CS) para as posições da área de trabalho dos teleoperadores (os valores em vermelho excedem a recomendação da norma brasileira de iluminação). Os cenários desta tabela possuem as mesmas características (fluxo luminoso e temperatura de cor correlata) dos cenários da tabela 1.

PTO	PARÂ-METRO	CENÁ-RIO 1	CENÁ-RIO 2	CENÁ-RIO 3	CENÁ-RIO 4	CENÁ-RIO 5
1	UGR	18,1	18,3	18,5	18,6	18,8
	Ēv (90°)	194lux	202lux	211lux	219lux	229lux
	CS	0,21	0,24	0,22	0,30	0,33
2	UGR	17,9	18,1	18,3	18,4	18,6
	Ēv (90°)	232lux	243lux	255lux	266lux	276lux
	CS	0,24	0,28	0,26	0,33	0,37
3	UGR	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4
	Ēv (90°)	242lux	253lux	266lux	277lux	287lux
	CS	0,25	0,28	0,27	0,34	0,38
4	UGR	17,6	17,8	18,0	18,2	18,3
	Ēv (90°)	242lux	252lux	265lux	276lux	284lux
	CS	0,25	0,28	0,26	0,34	0,38
5	UGR	17,5	17,7	17,9	18,1	18,3
	Ēv (90°)	223lux	234lux	245lux	254lux	266lux
	CS	0,24	0,27	0,25	0,32	0,36
6	UGR	18,2	18,4	18,6	18,8	19,0
	Ēv (90°)	388lux	407lux	427lux	444lux	464lux
	CS	0,34	0,38	0,36	0,43	0,47
7	UGR	17,2	17,4	17,5	17,7	17,9
	Ēv (90°)	385lux	404lux	424lux	443lux	461lux
	CS	0,34	0,37	0,36	0,43	0,47
8	UGR	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4
	Ēv (90°)	376lux	394lux	414lux	431lux	450lux
	CS	0,33	0,37	0,35	0,43	0,46
9	UGR	17,6	17,8	18,0	18,2	18,4
	Ēv (90°)	332lux	348lux	365lux	379lux	398lux
	CS	0,31	0,35	0,33	0,40	0,44

PTO	PARÂ-METRO	CENÁ-RIO 1	CENÁ-RIO 2	CENÁ-RIO 3	CENÁ-RIO 4	CENÁ-RIO 5
10	UGR	18,5	18,7	18,8	19,1	19,3
	Ēv (270°)	332lux	348lux	365lux	380lux	397lux
	CS	0,31	0,35	0,33	0,40	0,44
11	UGR	18,6	18,8	18,9	19,2	19,3
	Ēv (270°)	353lux	370lux	388lux	404lux	423lux
	CS	0,32	0,36	0,34	0,41	0,45
12	UGR	18,7	18,9	19,1	19,3	19,5
	Ēv (270°)	334lux	350lux	367lux	380lux	398lux
	CS	0,31	0,35	0,33	0,40	0,44
13	UGR	18,6	18,8	19,0	19,2	19,4
	Ēv (270°)	293lux	307lux	322lux	335lux	351lux
	CS	0,29	0,32	0,30	0,38	0,42
14	UGR	18,0	18,2	18,4	18,6	18,8
	Ēv (90°)	338lux	354lux	372lux	384lux	400lux
	CS	0,31	0,35	0,33	0,40	0,44
15	UGR	17,8	18,0	18,1	18,4	18,5
	Ēv (90°)	350lux	367lux	385lux	396lux	419lux
	CS	0,32	0,36	0,34	0,41	0,45
16	UGR	18,0	18,2	18,4	18,6	18,8
	Ēv (90°)	340lux	357lux	375lux	389lux	406lux
	CS	0,32	0,35	0,33	0,41	0,44
17	UGR	18,2	18,4	18,6	18,8	18,9
	Ēv (90°)	308lux	323lux	339lux	354lux	370lux
	CS	0,30	0,33	0,31	0,39	0,43

Valores de CS abaixo de 0,3

Valores de CS iguais ou acima de 0,3

O cálculo da iluminância média no plano horizontal e uniformidade nas áreas de tarefa e seus respectivos entornos imediatos, bem como do ofuscamento na posição de cada trabalhador, para as temperaturas de 2700K, 3000K, 4000K, 5000K e 6500K, permitiu avaliar o sistema de iluminação proposto para atendimento das exigências visuais, em conformidade com os requisitos estabelecidos na norma brasileira vigente para iluminação de espaços de trabalho internos. Os resultados parciais obtidos, para as áreas em que são desempenhadas as funções dos teleoperadores, mostram que a iluminância média horizontal nas estações de trabalho com baias ficou acima de 500lx, com exceção dos valores para o cenário 1 das áreas de tarefa 1 e 3, com resultados 1,8% e 5%, respectivamente, abaixo do nível requerido (tabela 1).

A configuração destas estações de trabalho no formato de baias provavelmente resultará em níveis de iluminação mais baixos, quando comparados aos valores que se espera encontrar, após o cálculo, para as mesas de plano aberto, pois entende-se que as divisórias laterais e frontais podem atuar como elementos de sombreamento vertical. A presença das superfícies verticais nas mesas dos teleoperadores também contribuem para os valores insuficientes de uniformidade nas áreas de tarefa 1, 2 e 3 dado o aumento do contraste nos níveis de iluminação no plano de trabalho. Com relação ao desconforto por ofuscamento (tabela 2), os cálculos realizados no Dialux mostram, de um modo geral, valores abaixo de 19 em todas as temperaturas de cor correlatas. A ressalva se faz para os resultados encontrados nas posições dos trabalhadores 10, 11, 12 e 13, que apresentaram resultados superiores a 19 para 5000K e 6500K e no caso do usuário 12, também para 4000K.

Os valores de CS resultantes (tabela 2) mostram que os menores impactos sobre os ritmos endógenos devem ser percebidos no usuário 1, enquanto que, dentre as mesas com baias, o maior efeito se dará sobre o usuário 7. É importante destacar que, embora o usuário 6 tenha apresentado os maiores valores de CS, seu potencial de impacto circadiano foi desconsiderado nesta análise preliminar, por se tratar da única mesa de plano aberto na área de trabalho dos teleoperadores. Ainda, sabendo que o mínimo valor de CS capaz de estimular resposta sobre os ritmos circadianos é 0,3 (FIGUEIRO et al., 2016) percebe-se que as posições 1 a 5 não devem apresentar estímulo circadiano para os cenários 1 a 3, mas conseguem promover impacto sobre os ritmos circadianos nos cenários 4 e 5. As demais posições apresentarão estímulo circadiano em todos os cenários.

5. CONSIDERAÇÕES E PRÓXIMAS ETAPAS

Os resultados parciais obtidos, para as estações com baias, sinalizam diferenças entre o projeto de iluminação voltado somente às necessidades visuais daquele que também oferece um adequado estímulo às células ganglionares da retina. Se para o sistema visual, a escolha da temperatura de cor correlata das luminárias não é crucial para a boa visualização e desempenho das tarefas, para o sistema não visual ela será determinante para o nível de estímulo circadiano e sua especificação se dará como consequência do conhecimento da quantidade de energia radiante em cada comprimento de onda do espectro visível da luz. Ainda, devem ser realizados os cálculos para as estações com mesas sem divisórias (zonas 4, 5, 6 e 7) e posterior verificação do atendimento individual do estímulo circadiano, obtido em cada cenário, como o estímulo desejável ao longo de todo o turno noturno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERSON, D. M., DUNN, F. A., TAKAO, M., Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science, v. 295, p. 1070-1073, 2002.

CHAVES, Nathali Pimentel, MARTAU, Betina Tschiedel. Repensando o projeto de iluminação: avaliação de métricas de luz Circadiana. In: Simpósio brasileiro de qualidade do projeto no ambiente construído, 2019, Uberlândia. Anais... Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 532 - 543.

CLARK, E., LESNIAK, N. Circadian Lighting Solutions Are Real and Important - Why Aren't They Being Used? 2017. Disponível em: https://www.metropolismag.com/design/circadian-lighting-survey/ > acesso em: 13 jun. 2020.

FIGUEIRO, M. G., GONZALES, K., PEDLER, D. R., Designing with circadian stimulus. Lighting Design and Application, v. 8, p. 30-34, 2016.

FOLKARD, S. Do permanent night workers show circadian adjustment? A review based on the endogenous melatonin rhythm. Chronobiology International, v.25, p. 215-224, 2008.

HATTAR, S., LIAO, H. W., TAKAO, M., BERSON, D. M., YAU, K. W., Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. Science, v. 295, p. 1065-1070, 2002.

HOROWITZ, T. S., TANIGAWA, T. Circadian-based new technologies for night workers. Industrial health, v. 40, p. 223-236, 2002.

MARTAU, Betina Tschiedel. A luz além da visão: iluminação e sua influência na saúde e bem-estar de funcionárias de lojas de rua e shopping centers em Porto Alegre. 2009. 504 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.

MARTAU, B. T., HENRICH, D. Iluminação para aspectos não visuais na prática profissional nacional, Revista Lume Arquitetura, v. 102, p. 24-31, 2020.

PROVENCIO, I., JIANG, G., DE GRIP, W. J., HAYES, W. P., ROLLAG, M. D., Melanopsin: an opsin in melanophores, brain, and eye. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, v. 95, p. 340-345, 1998.

REA, M., FIGUEIRO, M. Light as a circadian stimulus for architectural lighting. Lighting Research & Technology, v. 50, p. 497-510, 2018.