ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

O efeito do espectro da luz alterado por vidros de uma câmara climática no estado de alerta do usuário

The effect of the daylight spectrum modified by the glazing of a climatic chamber on the user's alertness

Raphaela Walger da Fonseca
Universidade do Vale do Itajaí | Florianópolis| Brasil | raphaela.walger@univali.br
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Curitiba| Brasil | rwfonseca@utfpr.edu.br
Tássia Fritoli
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Curitiba| Brasil | tfritoli@alunos.utfpr.edu.br
Walter Ihlenfeld
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | walterihlenfeld@alunos.utfpr.edu.br
Luísa Alcantara Rosa
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | luisa.alcantara.rosa@gmail.com
Eduardo Leite Krüger
Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Curitiba | Brasil | ekruger@utfpr.edu.br

Resumo

O estado da arte das pesquisas em iluminação incita a caracterização do efeito do ambiente construído nos usuários sob a ótica da iluminação circadiana. Assim, o objetivo deste trabalho é investigar o efeito de vidros com distribuição espectral distinta, no estado de alerta de indivíduos por meio de teste de atenção visual concentrada. Para isso, foi realizado um estudo transversal em sessões de exposição controlada, em uma câmara climática iluminada naturalmente. Participaram aos pares 48 voluntários expostos a 3 tipos de vidro, totalizando 72 sessões. O estado de alerta foi medido pelo teste de atenção d2-R. Os resultados foram analisados estatisticamente considerando-se a vista do usuário, o tipo de céu e o horário de exposição. A uma significância de 5% aceitou-se a hipótese de que o tipo de vista (a janela ou a parede) não impactou o desempenho dos voluntários no teste. Já o tipo de céu, bem como a alteração dos vidros, afetou o seu desempenho. Por fim, houve diferença de desempenho entre o grupo da manhã e o da tarde. Concluiu-se que as características luminosas da fonte de luz (céu e vidro) e o período do ciclo circadiano podem afetar o estado de alerta do usuário.

Palavras-chave: Iluminação natural. Distribuição espectral. Vidros. Estado de Alerta. Câmara climática.

Como citar:
FONSECA, R. W. et.al. O efeito do espectro da luz alterado por vidros de uma câmara climática no estado de alerta do usuário . In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

Abstract

The state of the art in lighting research encourages the characterization of the built environment effects on users from the perspective of circadian lighting. Therefore, the objective of this work is to investigate the effect of glasses with different spectral distribution on the alertness of individuals through a concentrated visual attention test. To this end, a cross-sectional study was conducted in controlled exposure sessions in a daylit climate chamber. Forty-eight volunteers exposed to three types of glass participated in pairs, totaling seventy-two sessions. Alertness was measured by the d2-R attention test. The results were statistically analyzed considering the user's view, the sky type and the exposure time. At a significance of 5%, the hypothesis that the type of view (the window or the wall) did not impact the volunteers' test performance was accepted. However, the sky type, as well as the glass replacement, affected their performance. Finally, there was a difference in performance between the morning and afternoon groups. It was concluded that the luminous characteristics of the light source (sky and glass) and the period of the circadian cycle can affect the user's alertness.

Keywords: Daylighting. Spectral distribution. Glasses. Alertness. Climatic chamber.

INTRODUÇÃO

O ritmo circadiano dos mamíferos é regulado por genes relógio que são responsáveis pela ritmicidade de processos fisiológicos e por aspectos comportamentais [1]. Embora esses marcapassos circadianos de ação central neural sejam endógenos, eles operam conforme marcadores ambientais influentes na sincronização dos sistemas que respondem ao ritmo circadiano. Dentre os marcadores externos predominam o padrão de exposição à luz e a disponibilidade de alimentos [2]. A sincronia do ritmo circadiano ocorre diariamente em função dos ciclos de claridade e escuridão, sendo a luminosidade o seu principal gatilho.

Esses ritmos biológicos são associados ao núcleo supraquismático – NSQ do hipotálamo que recebe a informação luminosa captada pelas células da retina intrinsicamente fotossensíveis – ipRGCs e as transmite ao NSQ pelo feixe retino-hipotalâmico. Com base nessas informações, o NSQ comanda a ação dos genes relógio e a sincronização temporal do indivíduo conforme o fotoperíodo. A regulação do ciclo circadiano em função dos ciclos ambientais de luminosidade são elementares à vida conferindo ao organismo a capacidade de prever eventos como fome e sono, repercutindo em diversos subsistemas, destacando-se o efeito agudo da luz nas respostas neuroendócrinas, no desempenho e no estado de alerta subjetivo e objetivo [3, 4].

Os seres humanos são espécies diurnas com ciclo sazonal que se ajusta ao fotoperíodo e regula a homeostase do sono, influenciando no estado de alerta e no desempenho, além de afetar a capacidade de atenção [5]. Fisiologicamente, a relação de fase entre o sistema de temporização circadiana interno precisa se opor ao processo homeostático para promover o estado de alerta diurno elevado e a sonolência noturna com padrão consolidado [4].

Contudo, estudos mostram que no período referido como pós-almoço, estimado entre 14h e 16h, o impulso circadiano para o estado de alerta diurno não é suficientemente forte para se opor ao aumento da pressão homeostática do sono, causando a sonolência neste período [6]. Em decorrência desse fenômeno é comum o descanso

pós-almoço, institucionalizado em diversos países com uma pausa comercial neste horário.

Nesse sentido, Sahin e Figueiro [4] demonstram que a luz de comprimento de onda longo (vermelho) pode ser usada para aumentar o estado de alerta no meio da tarde, próximo às horas da sonolência pós-almoço o que indica uma mudança da sensibilidade espectral no estado de alerta induzido pela luz ao longo de 24 horas. Seus resultados mostraram que a exposição à luz de comprimento de onda longo no meio da tarde reduz significativamente a potência nas faixas alfa, alfa teta e teta, comparado a permanecer na escuridão, sugerindo que esse comprimento de onda da luz aumenta as medidas de alerta durante o dia. O estudo indicou que a luz de comprimento de onda longo é um estímulo mais potente para modular as atividades cerebrais associadas ao estado de alerta diurno do que a luz de comprimento de onda curto. Tal trabalho complementou os resultados de Figueiro et al. [7] que mostram o efeito da luz de comprimento de onda longo no estado de alerta também à noite.

Tais descobertas foram relevantes já que é consenso que o sistema circadiano é extremamente sensível à luz de comprimento de onda curto (azul) no período da noite, sendo associado à supressão de melatonina. Por fim, Sahin *et al*. [8] investigaram os efeitos da exposição à luz diurna no desempenho, biomarcadores e medidas de alerta. Foi levantada a hipótese de que, em comparação com a permanência na penumbra (<5 lux), a exposição diurna à luz de comprimento de onda longo (λmax = 631 nm, 213 lux, 1.1 W/m2), ou à luz branca policromática (2568 K, 361 lux, 1.1 W/m2) induziria a um maior estado de alerta e tempos de resposta mais curtos. Seus resultados demonstram que a luz vermelha pode aumentar o desempenho de curto prazo, como mostrado pela significativa ($p < 0,05$) redução do tempo de resposta e maior rendimento nos testes de desempenho durante o dia. Assim, em consonância com o estudo Sahin e Figueiro [4], os resultados sugeriram que a luz vermelha pode ser usada para aumentar o desempenho durante o dia.

Diante do exposto, julga-se relevante que a arquitetura proporcione condições de manutenção do estado de alerta dentro das edificações, uma vez que na atualidade, dispende-se a maior parte do tempo em seu interior. No que toca à admissão da luz do dia nas edificações, os vidros interferem na distribuição espectral e, consequentemente, na intensidade e nas características espectrais da iluminação do interior do ambiente [9].
Assim, vidros com a mesma transmissão visível podem transmitir quantidades diferentes de luz para comprimentos de onda maiores ou menores e, assim, serem mais ou menos apropriados para determinados usos, favorecendo ou não o estado de alerta nos períodos da manhã e da tarde. Sendo assim, o presente estudo investiga a influência da distribuição espectral para os comprimentos de onda curto ou longo, no estado de alerta dos ocupantes conforme o período do dia.

OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é avaliar se vidros de controle solar com distribuição espectral distinta para os comprimentos de onda curto ou longo podem impactar

diferentemente o estado de alerta dos ocupantes nos períodos da manhã e da tarde, por meio do teste de atenção concentrada d2-R.

MÉTODO

No presente estudo, seres humanos foram expostos a condições controladas de iluminação e temperatura no módulo experimental da Câmara Climática de Baixo Custo – CBBC, instalada no Campus Ecoville/Curitiba, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. A CBBC é um equipamento destinado a estudos nas áreas de conforto ambiental e desempenho da edificação, sendo constituída por dois módulos de 5,4m² cada, o módulo de referência e o experimental, equivalentes a 2 escritórios, Figura 1. O estudo de abordagem explicativa quantitativa, aplicou o protocolo de Giraldo e Toftum [10] adaptado ao contexto local.



Figura 1 - CBBC: vista externa e interna.

Em um experimento *mixed design*, cada participante foi exposto a 3 tipos de vidro diferentes, em ordem aleatória. A Figura 2 mostra a distribuição espectral dos vidros, denominados: Referência; OL - predominância de energia em ondas longas; e OC – predominância em ondas curtas. A exposição aconteceu em dias distintos, mas no mesmo horário. A amostra foi estimada em 48 indivíduos por uma análise prévia para ANOVA fatorial de medidas repetidas, com variáveis independentes entre e dentre participantes. Metade dos sujeitos foi exposta à vista da janela (iluminação direta) e a outra metade à vista da parede oposta (iluminação indireta). Assim, o fator intra-sujeitos é o tipo de vidro, enquanto o fator entre-sujeitos é a condição de iluminação, direta ou indireta. Cada sessão abrigou 2 participantes simultaneamente, um em cada posição.

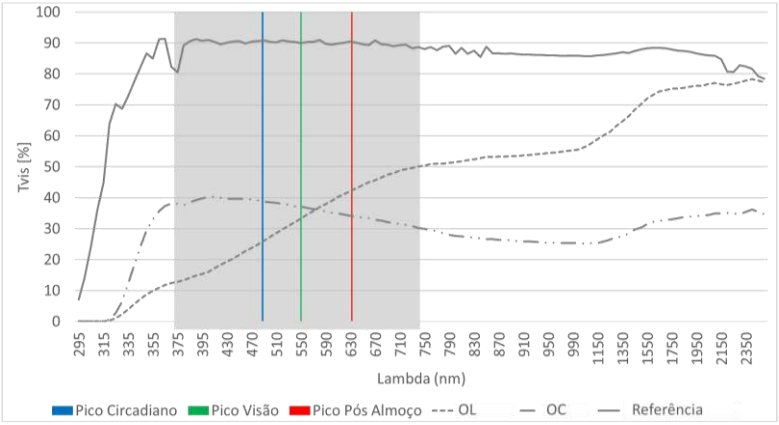

Figura 2 - Distribuição espectral dos vidros escolhidos

A população foi composta por discentes voluntários da UTFPR Curitiba, Campus Ecoville. O recrutamento deu-se entre estudantes de graduação e pós-graduação. Dos 48 participantes, 31 eram do sexo feminino e 17 do masculino, com idade variando entre 18 e 30 anos. Apenas 33,3% eram naturais de Curitiba, contudo, todos eles moravam na região da cidade a mais de 6 meses. Três participantes estiveram em locais com outro fuso horário nos últimos 3 meses. Considerando o mesmo período, 4 indivíduos trabalharam no turno da noite e a mesma quantidade tralhou no turno da madrugada.

Como intervenção, o protocolo de Giraldo e Toftum [10] contempla, entre outros, a aplicação do testes de atenção d2-R realizado em papel, escopo deste artigo. Concomitantemente, foram registradas as variáveis ambientais termoluminosas da CBBC por meio de sensores. As sessões duraram aproximadamente 45 min, sendo os primeiros 15 min de aclimatação visual e térmica para acomodação do metabolismo à tarefa e para orientações gerais, já os outros 30 min consistiram no experimento propriamente dito. Os testes de atenção foram aplicados no meio da sessão, ou seja, 15 min depois de iniciada a sessão (30 min depois de iniciada a aclimatação).

Houve monitoramento de CO_2 e renovação de ar durante o estudo. O equipamento de ar-condicionado manteve a temperatura no interior do módulo constante, em aproximadamente 23°C [11, 12].

INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE ATENÇÃO VISUAL CONCENTRADA

Os testes de atenção visual concentrada d2-R foram avaliados segundo o seu manual [13]. O teste d2-R consiste em uma folha com 789 sinais, sendo eles combinações entre as letras d ou p e traços, 1 a 4. O objetivo é que o sujeito cancele a maior quantidade de objetos-alvo, no caso, a letra “d” com 2 traços. A folha de teste contém 14 linhas com 47 sinais cada. Esse conjunto é dividido em blocos de 3 linhas que se repetem, somando 171 sinais, sendo 77 objetos-alvo e 94 distratores. Os participantes recebem as orientações do teste e têm 20 segundos para a execução de cada linha. O desempenho no teste é avaliado conforme os seguintes escores: DC – desempenho de concentração (número de objetos-alvo encontrados menos o número de erros por troca); OAP – Objetos-Alvo Processados (número de objetos-alvo cancelados somados aos que estavam no meio e passaram despercebidos, até a parte da linha a pessoa conseguiu analisar); e E% – número de erros em relação ao número de objetos-alvo processados. Tais escores são interpretados em comparação a escores padronizados adaptados à realidade brasileira, tendo como base uma amostra de 3.809 indivíduos de 6 estados da federação. Para isso, o manual traz as Normais brasileiras compostas por 41 tabelas em que os valores padronizados são agrupados por idade e escolaridade. A interpretação é sempre feita considerando um intervalo de confiança que pode ser uni (p = 10%) ou bicaudal (p = 5%). Por fim, a verbalização do resultado considera que o valor do escore obtido nas tabelas de escore padronizado dita se o desempenho foi alto, médio, baixo ou muito baixo. Já os valores do intervalo de confiança são reportados informando que ao considerar a precisão do teste, o desempenho pode mudar de categoria. Esse interpretação foi feita para todos os testes realizados em todas as seções.

ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados deu-se por meio de ANOVA fatorial de medidas repetidas com variáveis independentes. Três hipóteses foram avaliadas tendo como variável de referência para medir o estado de alerta as três métricas de desempenho do testes d2-R, DC (medida de concentração), OAP (medida de velocidade) e E%, (une

as duas medidas anteriores caracterizando o estado de alerta) totalizando 9 análises. A seguir, apresentam-se as hipóteses testadas:

1) Se a seletividade do vidro afeta da mesma forma o estado de alerta dos ocupantes que participaram do estudo de manhã e à tarde.

   H0: O desempenho dos ocupantes nos testes de atenção é incondicional ao período do dia, manhã ou tarde, e às alterações na seletividade espectral do vidro.

   H1: O desempenho dos ocupantes nos testes de atenção é afetado pelo período do dia, independentemente das alterações na seletividade espectral do vidro. [amostras]

   H2: O desempenho dos ocupantes nos testes de atenção é afetado pelas alterações na seletividade espectral do vidro independentemente do período do dia. [colunas]

   H3: O desempenho dos ocupantes nos testes de atenção é afetado pelo período do dia dependendo do vidro avaliado. [interação]

2) Se o estado de alerta dos ocupantes foi alterado pelos diferentes tipos de vidro de forma similar em diferentes condições de condição de céu, se claro, parcialmente nublado ou nublado.
   H0: O desempenho nos testes de atenção independe da condição do céu e da seletividade do vidro.

   H1: O desempenho nos testes de atenção foi afetado pela condição do céu independentemente da seletividade dos vidros. [amostras]

   H2: O desempenho nos testes de atenção foi afetado pela seletividade dos vidros, independentemente da condição do céu. [colunas]

   H3: O desempenho nos testes de atenção foi afetado pelo tipo de céu, conforme o tipo de seletividade do vidro. [interação]

3) Se a seletividade do vidro afeta o estado de alerta da mesma forma, para as duas posições na sala, com e sem vista para o exterior.

   H0: O desempenho nos testes de atenção independe do tipo de vista e da seletividade dos vidros.

   H1: O desempenho nos testes de atenção é afetado pela vista independentemente da seletividade dos vidros. [amostras]

   H2: O desempenho nos testes de atenção é afetado pela seletividade dos vidros, independentemente da vista. [colunas]

   H3: O desempenho nos testes de atenção é afetado pela vista em função da seletividade dos vidros. [interação]

RESULTADOS

A análise dos resultados da primeira hipótese quanto ao E% (Tabela 1) levou à rejeição de H0 com 95% de confiança, indicando que há diferença de desempenho no teste de atenção entre os respondentes do turno da tarde e do turno da manhã (Amostra). Por outro lado, não houve diferença significativa de desempenho entre os três tipos de vidro (Colunas), nem os três tipos de vidro comparando-se o turno da manhã com o da tarde (Interações). Ao analisar a soma de todos os escores E% da manhã em comparação com os da tarde, observou-se que os da tarde foram 10% inferiores aos da manhã, possivelmente em função da sonolência pós-almoço que coincide com o período da tarde.

Tabela 1: ANOVA D2-R - Desempenho E%, Hipótese 1, Seletividade do vidro e período

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	6.25	1	6.25	**7.25806452**	0.007935	3.909729
Colunas	0.5	2	0.25	0.29032258	0.748478	3.061716
Interações	0.166667	2	0.08333333	0.09677419	0.907823	3.061716
Dentro	118.8333	138	0.86111111			
Total	125.75	143				

Todavia, para as métricas OAP (Tabela 2) e DC (Tabela 3) aceitou-se H0 com 95% de confiança, apontando-se que a velocidade e a precisão, isoladamente, foram independentes do período do dia, se manhã ou tarde, e às alterações na seletividade espectral do vidro.

Tabela 2: ANOVA D2-R - Desempenho OAP, Hipótese 1, Seletividade do vidro e período

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	*valor-P*	*F crítico*
Amostra	0.840278	1	0.84027778	1.5966724	0.20850	**3.909729**
Colunas	0.541667	2	0.27083333	0.51462995	0.59886	**3.061716**
Interações	0.430556	2	0.21527778	0.40906483	0.66507	**3.061716**
Dentro	72.625	138	0.52626812			
Total	74.4375	143				

Tabela 3: ANOVA D2-R - Desempenho DC, Hipótese 1, Seletividade do vidro e período

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	0.11111	1	0.11111111	0.2371134	0.62707	**3.90972**
Colunas	0.875	2	0.4375	0.9336340	0.39559	**3.06171**
Interações	0.09722	2	0.04861111	0.1037371	0.90153	**3.06171**
Dentro	64.6666	138	0.46859903			
Total	65.75	143				

Já os resultados da segunda hipótese foram similares para as três métricas, E% (Tabela 4), OAP (Tabela 5) e DC (Tabela 6). Com 95% de confiança, rejeitou-se H0, indicando que houve diferença de desempenho no teste de atenção para as três métricas do teste d2-R quando se variou o tipo de céu (Amostra). Inferiu-se também que houve diferença de desempenho dada a alternância dos três tipos de vidro (Colunas). Já quando comparamos o desempenho dos voluntários nas três visitas, considerando-se a interação entre os tipos de vidro e de céu, deduziu-se que não houve variação de performance. Isso leva a conclusão de que mesmo com a variação climática e a habituação ao experimento, os três módulos foram equivalentes.

Tabela 4: ANOVA D2-R - Desempenho E%, Hipótese 2, Seletividade do vidro e céu

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	5.18056	2	2.590278	**5.054200**	0.007643	3.063203
Colunas	15.5139	2	7.756944	**15.13550**	1.173E-06	3.063203
Interações	1.77778	4	0.444444	0.867208	0.485484	**2.438739**
Dentro	69.1875	135	0.5125			
Total	91.6597	143				

Tabela 5: ANOVA D2-R - Desempenho OAP, Hipótese 2, Seletividade do vidro e céu

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	23.0416667	2	11.52083333	**21.7716**	6.38E-09	3.06321
Colunas	16.7916667	2	8.395833333	**15.8661**	6.47E-07	3.06321
Interações	2.16666667	4	0.5416666767	1.02362	0.39751	**2.43874**
Dentro	71.4375	135	0.52916667			
Total	113.4375	143				

Tabela 6: ANOVA D2-R - Desempenho DC, Hipótese 2, Seletividade do vidro e céu

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Amostra	22.09722222	2	11.04861111	**22.24138**	4.48E-09	3.063204
Colunas	13.43055556	2	6.715277778	**13.51817**	4.45E-06	3.063204
Interações	2.069444444	4	0.517361111	1.041473	0.388291	**2.438739**
Dentro	67.0625	135	0.496759259			
Total	104.6597222	143				

Quanto à terceira hipótese, novamente as métricas E% (Tabela 7), OAP (Tabela 8) e DC (Tabela 9) apresentaram resultados equivalentes. Mas neste caso, aceitou-se H0, com 95% de confiança. Logo, inferiu-se que a seletividade do vidro afeta o estado de alerta da mesma forma, para as duas posições na sala, com e sem vista para o exterior.

Tabela 7: ANOVA D2-R - Desempenho E%, Hipótese 3, Seletividade do vidro e Posição

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Amostra	0.444444	1	0.444444	0.49429147	0.48320358	**3.909729**
Colunas	0.5	2	0.25	0.27803895	0.75769052	**3.061716**
Interações	0.722222	2	0.361111	0.40161182	0.67002011	**3.061716**
Dentro	124.0833	138	0.899155			
Total	125.75	143				

Tabela 8: ANOVA D2-R - Desempenho OAP, Hipótese 3, Seletividade do vidro e Posição

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Amostra	0.8402778	1	0.840278	1.600345	0.2079863	**3.909729297**
Colunas	0.5416667	2	0.270833	0.5158137	0.5981611	**3.0617157**
Interações	0.5972222	2	0.298611	0.5687176	0.5675725	**3.0617157**
Dentro	72.458333	138	0.52506			
Total	74.4375	143				

Tabela 9: ANOVA D2-R - Desempenho DC, Hipótese 3, Seletividade do vidro e Posição

Fonte da variação	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Amostra	0.25	1	0.25	0.541176	0.463194	**3.909729**
Colunas	0.875	2	0.4375	0.947059	0.390386	**3.061716**
Interações	0.875	2	0.4375	0.947059	0.390386	**3.061716**
Dentro	63.75	138	0.461956522			
Total	65.75	143				

CONCLUSÕES

Este presente investigou se vidros de controle solar com distribuição espectral distinta para os comprimentos de onda curto ou longo poderiam impactar diferentemente o estado de alerta dos ocupantes nos períodos da manhã e da tarde, por meio do teste de atenção concentrada d2-R. Diante dos resultados obtidos, deduziu-se que o desempenho dos participantes é influenciado pelo período do dia, independentemente do tipo de vidro. Contudo, os vidros passam a ser influentes quando os escores são agrupados por tipo de céu. A condição climática também influenciou a atuação dos participantes, ao passo que a sua posição na sala não afetou a performance no teste de atenção concentrada. Por fim, concluiu-se que as características luminosas da fonte de luz (céu e vidro) e o período do ciclo circadiano podem afetar o estado de alerta do usuário.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do CNPQ, Bolsista do CNPq - Brasil (nº 152080/2022-8, PQ2 304620/2021-1). Agradecimentos à vidraçaria Irmão Bosa pelo apoio logístico, ao LabCon/UFSC pelo empréstimo dos equipamentos e ao Prof. Fernando O. R. Pereira pelas valiosas discussões a respeito do tema.

REFERÊNCIAS

[1] DECOURSEY, P.J.; KRULAS, J.R. Behavior of SCN-lesioned chipmunks in natural habitat: a pilot study**. J Biol Rhythms**. 1998;13(3):229-44.

[2] PEDRAZZOLI, M. Moléculas que marcam o tempo: implicações para os fenótipos circadianos e transtornos do humor. **Rev Bras Psiquiatr.** 2009;31(1).

[3] RALPH, M.R.; FOSTER, R.G.; DAVIS, F. C.; MENAKER, M. Transplanted suprachiasmatic nucleus determines circadian period. **Science.** 1990;247(4945): 975-8.

[4] SAHIN, L.; FIGUEIRO, M. G. Alerting effects of short-wavelength (blue) and long-wavelength (red) lights in the afternoon. **Physiology & Behavior** 116–117 (2013) 1–7

[5] BORBÉLY, A. A. (1982). A two-process model of sleep regulation. **Human Neurobiology**, 1(3), 195–204.

[6] MONK, T. H. The post-lunch dip in performance. **Clin Sports Med** 2005;24:e15–23

[7] FIGUEIRO, M.G.; BIERMAN A.; PLITNICK, B.; REA, M.S. Preliminary evidence that both blue and red light can induce alertness at night. BMC **Neurosci** 2009;10:105.

[8] SAHIN L, WOOD BM, PLITNICK B, FIGUEIRO MG. Daytime light exposure : Effects on biomarkers , measures of alertness , and performance**. Behav Brain Res** [Internet]. 2014;274:176–85. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.bbr.2014.08.017

[9] ALIGHT, A.; JAKUBIEC, J. A. **Evaluating the use of photobiology-driven alertness and health measures for circadian lighting design.** Build Simul Conf Proc. 2022;(September 2021):2529–37.

[10] GIRALDO, N. V.; TOFTUM, J. **Experiment to test hypothesis that spectral selectivity of glazing and window views affects people's thermal assessment, physiological and**

psychological responses. Protocolo para pesquisa. Technical University of Denmark, Department of Environment and Resource Engineering, International Centre for Indoor Environment and Energy, Lyngby, Denmark. 2022. 34p.

[11] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 17 – Ergonomia**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2021.

[12] ISO. **ISO 9241-210:2019(en), Ergonomics of human-system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems.** Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-210:ed-2:v1:en>. Acesso em: 26 jan. 2021.

[13] MALLOY-DINIZ, L., F.; SCHLOTTFELDT, C., F., M.; SERPA, A., L., O. **Manual Teste d2 – Revisado, Adaptação brasileira**. / R.Brickenkamp, L.Schmidt-Atzert, D. Liepmann./ 1 ed. São Paulo: Hogrefe, 2018. 124 P. ISBN 978-85-85439-78-