2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

# VARIAÇÕES NA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE DE PELE CONFORME CONFIGURAÇÃO DE ILUMINAÇÃO AMBIENTAL[1]

**TAMURA, Cintia Akemi (1); KRÜGER, Eduardo L. (2); STRAUHS, Faimara do Rocio (3)**
**(1)** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, cintiatamura@gmail.com
**(2)** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ekruger@utfpr.edu.br
**(3)** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, faimara@utfpr.edu.br

## RESUMO

*Estudos têm demonstrado que a luz natural possui papel relevante tanto em termos de percepção da iluminação ambiental quanto na percepção térmica, além de afetar mecanismos complexos não relacionados à visão, que incluem a secreção de hormônios ligados à regulação do ciclo de sono-vigília e da homeostase térmica. Este estudo, proveniente de uma pesquisa de pós-doutorado, explora relações entre diferentes características de iluminação em um ambiente teste e alterações da temperatura de superfície da pele (Tsk) em voluntários do sexo masculino. Correlações entre variáveis lumínicas medidas para diferentes configurações de fontes de iluminação (natural equatorial, natural não-equatorial e elétrica) e a Tsk de 16 participantes foram analisadas. Os dados foram coletados no LOBSTER, câmara climática do Karlsruher Institut für Technologie (KIT), localizado em Karlsruhe, Alemanha. 36 sessões de 5 horas foram realizadas no interior da câmara, sob condições térmicas controladas, ao longo do inverno, da primavera e do verão. Os dados de Tsk coletados apresentaram correlação significativa com a iluminação ambiental testada, sendo que tal relação está diretamente ligada à disponibilidade de luz natural. Ambientes com iluminação elétrica sem alterações de configuração, por sua vez, possivelmente levam a disrupções circadianas.*

***Palavras-chave:*** *Iluminação natural, câmara climática, fator de ação circadiano ($a_{cv}$), temperatura de superfície da pele.*

## ABSTRACT

*Studies have shown that daylighting may play a relevant role both in terms of light and thermal perception of the built environment, and in complex physiological mechanisms not related to vision. These include secretion of hormones linked to the regulation of sleep-wake cycles and body thermal homeostasis. The present study aims to explore relationships between different lighting characteristics of a test-environment and changes in skin surface temperature (Tsk) of male subjects. Correlations between light-related variables measured for different configurations of light sources (natural equatorial, non-equatorial and electrical) and Tsk of 16 participants have been analyzed. Data were gathered in the LOBSTER climate chamber, at the Karlsruher Institut für Technologie (KIT), located in Karlsruhe, Germany. Five-hour sessions took place inside the chamber and under thermally controlled conditions over 36 winter, spring and summer periods. Measured Tsk were found to be strongly related to light variables and such relationship will depend on the availability of daylight. The collected Tsk data showed a significant correlation with tested ambient lighting, and the relationship is directly linked to the availability of natural light. Electric lighting environments without configuration changes, in turn, possibly lead to circadian interruptions. The study results from an ongoing Post-Doctorate research.*

***Keywords****: Daylight. Climate chamber. Circadian action factor ($a_{cv}$). Skin temperature.*

## 1 INTRODUÇÃO

Conforme presença, intensidade e composição espectral, a iluminação ambiental pode impactar no conforto visual, mas também em aspectos como ciclo de sono-vigília (CAJOCHEN, 2007), estados de humor (HUBALEK, 2010) além de saúde física e mental

[1] SCHEER, S. Instruções para a preparação do artigo completo para o ENTAC 2020. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

(GALASIU; VEITCH, 2006; EAGLES, 2009; KARATSOREOS, 2012).

O reconhecimento pela comunidade científica da importância da iluminação ambiental em aspectos não relacionados à visão vem pouco a pouco aumentando. Em 2016, a Commission Internationale de l´Eclairage – CIE (2020) incluiu este tópico como o primeiro a ser urgentemente explorado em pesquisas relacionadas à iluminação ambiental. Para Hraska (2015), o efeito circadiano na iluminação ambiental é definido pela intensidade da iluminância à altura dos olhos, pelo comprimento de onda dominante, por sua direção e dinamismo. O balanceamento destas variáveis (naturalmente encontrado na luz natural) estimula a regularização do ciclo circadiano por meio do estímulo à produção da melatonina e à supressão da secreção do cortisol no período noturno.

A temperatura de cor correlata da luz (CCT, dado em K) pode ocasionar alterações não relacionadas à visão. Chelappa et al. (2011) observaram que a luz de lâmpadas fluorescentes com CCT distintas pode afetar a fisiologia circadiana e o desempenho cognitivo. Quanto ao comprimento de onda dominante (DWl), a supressão da produção de melatonina é mais sensível à exposição de luz com comprimento curto de onda, com a predominância do espectro azul como o mais efetivo na manutenção das funções circadianas (BRAINARD et al., 2001; THAPAN; ARENDT; SKENE, 2001). Em relação ao fator de ação circadiano ($a_{cv}$), Gall et al. (2004) demonstraram correlação positiva entre a CCT e a efetividade na regulação do ciclo circadiano, sendo que quanto mais "fria" a aparência da cor, maior seu impacto. Por fim, Kulve et al. (2018) demonstraram, em estudo com 16 participantes do sexo feminino expostas a fontes de iluminação com 2700K e 6500K (e 55lux), que valores maiores de temperatura corporal ocorreram durante exposição à fonte de iluminação de 6500K. Neste contexto, o trabalho visa identificar possíveis correlações entre diferentes configurações de iluminação e alterações na temperatura de superfície de pele.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 CÂMARA CLIMÁTICA LOBSTER

Realizou-se estudo no Laboratory for Occupational Behavior, Satisfaction, Thermal Comfort and Environmental Research – LOBSTER, com câmara climática giratória desenvolvida pelo Fachgebiet Bauphysik & Technischer Ausbau (fbta) do Karlsruher Institut für Technologie – KIT, Alemanha. A Figura 1 apresenta a planta e a vista da fachada envidraçada.

Figura 1 – Planta e elevação da fachada envidraçada do LOBSTER




(a) Planta do LOBSTER

(b) Fachada envidraçada – Elevação

Fonte: a) os autores; b) http://lobster-fbta.de/

O LOSBTER possui dois ambientes de teste adjacentes de 24m², sendo cada um mobiliado

à maneira de um escritório, com mesa, cadeira, computador e acesso à internet. Os ambientes possuem sensores que possibilitam o monitoramento contínuo de variáveis ambientais. As condições climáticas, por sua vez, são registradas continuamente por uma estação climática instalada na cobertura da câmara. A área envidraçada dos ambientes teste possui a relação janela-piso (*window to wall ratio*) de 73%. A câmara é apoiada em um trilho circular, permitindo o posicionamento da fachada envidraçada em orientações cardeais diferentes.

## 3 CONFIGURAÇÕES DO EXPERIMENTO

Os experimentos ocorreram no inverno, na primavera e no verão de 2015. A cada estação, executou-se 12 dias de teste, com datas o mais próximas possível dos solstícios de inverno e de verão, e do equinócio de primavera, totalizando 36 sessões.

Três configurações de iluminação foram testadas, conforme Figura 2: (a) orientação da fachada envidraçada para o Sul/Sudoeste (azimute 200° e 255° - "orientação equatorial" - Eq; (b) orientação da fachada para N/NO – "orientação não-equatorial" - Neq; (c) persianas externas cerradas e fonte de iluminação elétrica: utilizou-se quatro lâmpadas fluorescentes Osram L36W / 840 (CCT=4000 K e índice de reprodução de cor CRI>80) (OSRAM, 2018), configurações classificadas como satisfatórias para atividades em geral conforme a DIN 6169-2 (DIN, 1976). As luminárias foram direcionadas para o teto, resultando em iluminação difusa no nível da superfície de trabalho, com média de 1500 lux. Ambas orientações (Eq e Neq) foram definidas após simulações computacionais (WEISS; TAMURA; KRÜGER, 2015), de forma a que possuíssem a maior diferenciação de acesso à luz natural, sem que ocasionasse ofuscamento na superfície de trabalho e na tela dos computadores. O Quadro 1 contém as configurações adotadas para cada um dos 36 dias, com indicação da condição climática prevalente durante cada sessão.

Quadro 1 – Orientação da fachada envidraçada e das condições climáticas nos dias com exposição a Eq e Neq durante inverno, primavera e verão

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **a** | | | | | | | | | | | | |
| **Dia de teste** | **1** | **2** | **3** | 4 | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| **Fonte de iluminação** | Eq | Elet | Neq | Elet | Neq | Eq | Eq | Neq | Elet | Neq | Eq | Elet |
| **Condições de céu** | C | N/A | OC | N/A | OC | OC | C | OC | N/A | C | OC | N/A |
| **Primavera** | | | | | | | | | | | | |
| **Dia de teste** | **13** | **14** | **15** | **16** | **17** | **18** | **19** | **20** | **21** | **22** | **23** | **24** |
| **Fonte de iluminação** | Eq | Elet | Neq | Neq | Eq | Elet | Eq | Neq | Elet | Elet | Neq | Eq |
| **Condições de céu** | PC | N/A | C | C | C | N/A | C | C | N/A | N/A | PC | PC |
| **Verão** | | | | | | | | | | | | |
| **Dia de teste** | **25** | **26** | **27** | **28** | **29** | **30** | **31** | **32** | **33** | **34** | **35** | **36** |
| **Fonte de iluminação** | Elet | Eq | Neq | Neq | Elet | Eq | Eq | Elet | Neq | Neq | Eq | Elet |
| **Condições de céu** | N/A | PC | C | C | N/A | C | C | N/A | OC | OC | C | N/A |

Eq = equatorial; Neq = não-equatorial; Elet = fonte de luz elétrica; N/A = não aplicável (persianas externas cerradas); C = céu claro; PC = parcialmente encoberto / nublado; OC = nublado.

Fonte: os autores.

### 3.1 Variáveis monitoradas e equipamentos utilizados

As condições de exposição em ambiente térmico controlado, mas com variações de iluminação, foram monitoradas. O monitoramento foi feito em tempo real pelos pesquisadores no terminal localizado na sala de controle (Figura 1a). O monitoramento contínuo das variáveis de conforto dos ambientes teste foi feito com dois confortímetros ALMEMO 2690, com registros a intervalos de 10  de dados como temperatura do ar ($T_a$, dada em °C), temperatura de globo ($T_g$, dada em °C), umidade relativa (RH, dada em %) e velocidade do ar (v, dada em m/s).

Figura 2 – Configurações de iluminação testadas



(a) Iluminação natural (Eq/Neq) (b) Iluminação elétrica

Fonte: os autores

As condições térmicas dos ambientes foram periodicamente ajustadas para permanecer dentro da faixa de conforto categorizada pela ISO 7730 (ISO 2005) como "Classe B". O índice utilizado pela norma ISO 7730, voto médio predito (PMV), para esta classificação, deve permanecer entre -0,5 e +0,5 (valores do índice). As condições térmicas dos ambientes foram continuamente monitoradas e processadas pelo UC Berkeley Thermal Comfort Program WinComf batch-version 1.01, para identificar os dados de PMV.

As seguintes variáveis de iluminação foram monitoradas por dois JETI Specbos 1201, um em cada ambiente-teste: iluminância no plano de trabalho (E, dada em lux); temperatura de cor correlata (DWl, dada em nm) e fator de ação circadiano ($a_{cv}$, admensional). O equipamento foi posicionado a aproximadamente 1,5m da fachada envidraçada, no nível da mesa de trabalho.

A temperatura de superfície da pele (Tsk, dada em °C) foi medida em quatro pontos conforme recomendado na norma ISO/FDIS 9886:2003 (2003): pescoço, escápula direita, canela direita e mão não dominante. As temperaturas foram registradas por sensores iButton DS1921H-F5, previamente calibrados.

### 3.2 Configurações padrão de iluminação

Cada escritório foi ocupado simultaneamente por dois participantes, que permaneceram por cinco horas no período da manhã (8h às 13h, horário local) por três dias consecutivos a cada estação, totalizando nove dias de coleta de dados por indivíduo.

A vestimenta dos participantes foi padronizada (camiseta, jeans e tênis). Bebida e alimentação foram controladas: apenas alimentos neutros como torradas, bolachas água e sal, frutas como maçã e pera e água sem gás. Vedou-se a alteração de configurações ambientais como abertura das janelas, acionamento de ventiladores ou movimentação das persianas externas.

Aos participantes era permitido sair dos ambientes teste somente para uso do sanitário fora do LOBSTER. Nesta situação, os mesmos utilizavam óculos escuros com proteção UV para evitar a exposição da retina a configurações de luz diferentes das padronizadas. Os períodos de ausência eram registrados em um diário de bordo, e posteriormente os dados coletados neste período eram retirados da análise. Desconsideraram-se os dados da primeira hora e dos dez minutos antes dos participantes deixarem a câmara climática, por serem períodos em que os estes estavam aclimatizando-se ou preparando-se para sair dos ambientes teste. Assim, o período considerado foi das 9h às 12h50.

### 3.3 Amostra

Dezesseis estudantes alemães compuseram a amostra (altura de 1,80m SD=0,06; massa de 80 kg SD=8,9 e idade de 24,9 anos SD=3,6. O gênero foi um critério de exclusão: todos

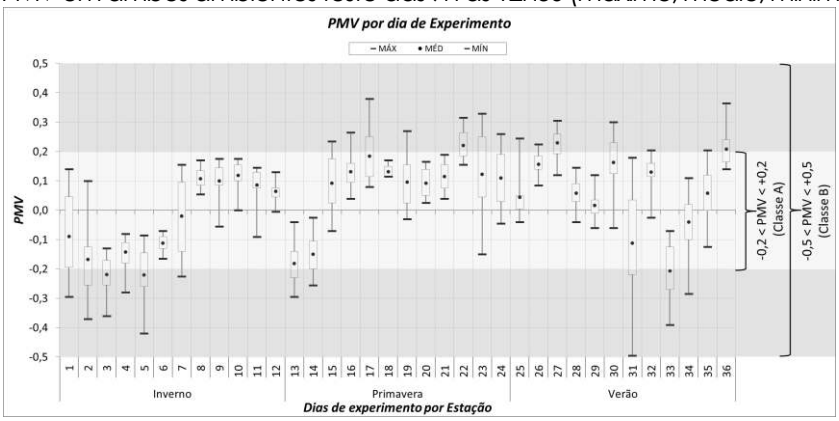
os participantes eram do sexo masculino, evitando viés devido a variações na temperatura corporal que mulheres apresentam. Mulheres com ciclo ovulatório regulado ou que utilizam contraceptivos hormonais alcançam valores mínimos de temperatura corporal noturna antes dos homens (BAKER et al., 2001; DUFFY et al., 2011).

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Voto Médio Predito (PMV)

A Figura 3 sintetiza valores de PMV registrados pelos dois ambientes teste durante o período avaliado (9h às 12h50). Dos 36 dias de testes, 84% apresentaram valores médios de PMV entre -0,2<PMV<+0,2, o que corresponde à faixa de valores para ambientes cuja temperatura é categorizada como "Classe A" pela ISO 7730 (2005). As demais variações do PMV registradas permaneceram em -0,5<PMV<+0,5, classificado pela norma como "Classe B". Sendo assim, considerou-se o controle restrito da temperatura obtido como suficiente.

Figura 3 – PMV em ambos ambientes teste das 9h às 12h50 (máximo, médio, mínimo, quartis

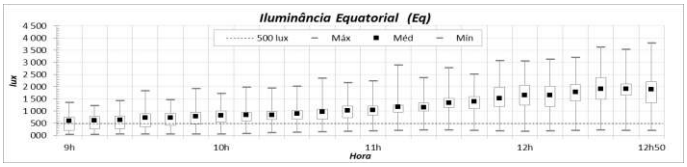



Fonte: Os autores

### 4.2 Variáveis da iluminação

As Figuras 4 a, b e c sintetizam os valores de mínimo, de médio, de máximo, do primeiro e do terceiro quartis de iluminância registrados pelos dois ambientes de teste durante o período avaliado (9h às 12h50), nos experimentos com os três tipos de configuração de iluminação aplicados. O limite de 500 lux utilizado é o recomendado pela Norma DIN 5034 para escritórios (DEUTCHES..., 1997).

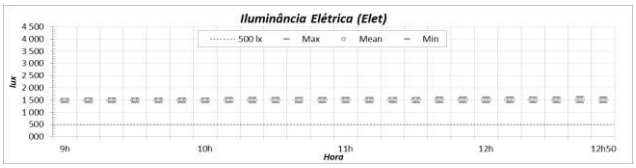
Figura 4 – Iluminância em ambos ambientes teste das 9h às 12h50




(a) Iluminância Equatorial (Eq)




(b) Iluminância Não equatorial (Neq)




(c) Iluminância Elétrica (Elet)
Fonte: Os autores

Maiores valores de iluminância foram encontrados para a configuração Equatorial Eq, na faixa de 37 lux (DP = 69 lux) a 3798 lux (DP = 756 lux), Média = 1165 lux (DP = 448 lux). Para configuração não equatorial, a faixa de iluminação foi de 67 lux (DP = 187 lux) a 3220 lux (DP = 481 lux), média = 1100 lux (DP = 170 lux). Durante as sessões com iluminação elétrica (elétrica), foi medido um valor constante de 1500 lux (faixa 1392 lux (DP = 5 lux) a 1626 lux (DP = 16 lux), média = 1506 lux (SD = 9 lux). A luminária forneceu iluminação excessiva quando comparada à DIN 5034 (DEUTSCHES…, 1997) valor recomendado de 500 lux. Os demais valores registrados para temperatura de cor correlata (CCT), comprimento de onda dominante (DWl) e fator de ação circadiano (acv) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de variáveis lumínicas durante experimentos em ambos ambientes teste das 9h às 12h50

| Valores | Eq | | | | Neq | | | | Elet | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | E (lux) | CCT (K) | DWl (nm) | $\alpha_{cv}$ | E (lux) | CCT (K) | DWl (nm) | $\alpha_{cv}$ | E (lux) | CCT (K) | DWl (nm) | $\alpha_{cv}$ |
| **Mínimo** | 596 | 6595 | 491 | 0,90 | 764 | 7048 | 490 | 0,96 | 1494 | 3871 | 577 | 0,45 |
| **Média** | 1012 | 7447 | 492 | 0,98 | 1132 | 7220 | 492 | 0,97 | 1504 | 3881 | 577 | 0,45 |
| **Máximo** | 1918 | 7794 | 499 | 1,01 | 1319 | 7728 | 493 | 1,02 | 1523 | 3894 | 577 | 0,45 |
| **Flutuação** | 1322 | 1199 | 9 | 0,11 | 555 | 680 | 3 | 0,06 | 29 | 24 | 0 | 0,01 |
| **CV (%)** | 68,92 | 15,39 | 1,75 | 10,96 | 42,10 | 8,80 | 0,56 | 6,01 | 1,90 | 0,60 | 0,02 | 1,28 |

Fonte: Os autores

Os valores de CCT para Eq e Neq têm média acima de 6500 K, correspondendo à cor fria (azul), enquanto na configuração Elet CCT os valores são comparativamente mais baixos (3835K (DP = 6K) - 3948K (DP = 14K), Média = 3882K (DP = 7K), correspondendo a um CCT neutro (branco).

DWl durante as sessões com iluminação natural ('Eq', com 484nm (DP = 2nm) ≤ DWl ≤ 530 nm (DP = 8nm), Média = 493nm (DP = 3nm); 'Neq', com 485nm (DP = 0nm) ≤ O DWl≤506nm (DP = 2nm), a média = 492nm (DP = 1nm) apresentou baixo comprimento de onda, mais adequado às funções circadianas, e o DWl para iluminação elétrica não variou, sendo de aproximadamente 577 nm.

Para acv, assumiu-se um valor de referência de 0,76, que corresponde a ganhos solares diretos. Os valores registrados foram superiores a 0,85 para Eq e Neq e notavelmente mais baixos para Elet (Média = 0,45, DP=0).

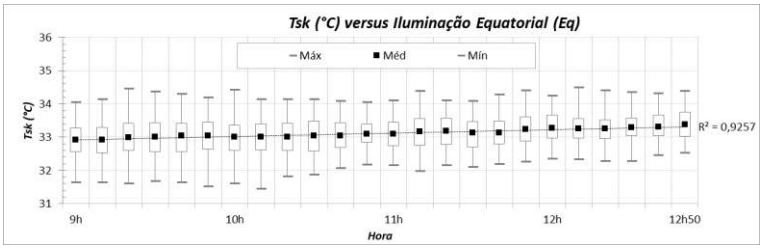
### 4.3 Temperatura de superfície da pele (Tsk) e condições de iluminação

Padrões diferentes foram observados para a evolução dos valores de Tsk de acordo com o tipo de luz a que os participantes foram expostos. As Figuras 5a, 5b e 5c mostram o quartil máximo, médio, mínimo, primeiro e terceiro de todos os dados de Tsk coletados para as diferentes condições de luz. Os valores de $R^2$ são mostrados para os valores médios em cada situação.

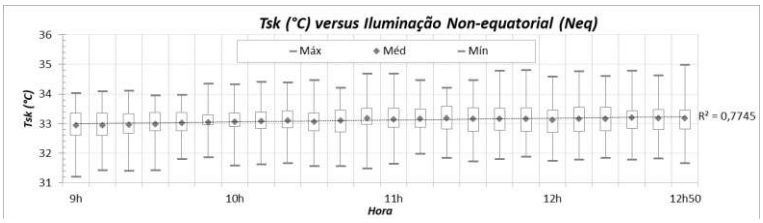
No entanto, os valores de $R^2$ mostraram uma relação mais significativa entre a temperatura da pele e as condições de luz para a configuração com acesso solar mais evidente quando o valor médio é analisado. O padrão das linhas de tendência indica que Eq ($R^2$ = 0,9254) e Neq ($R^2$ = 0,7745) provocam variações mais acentuadas em Tsk do

que a exposição a fontes de iluminação elétrica ($R^2$ = 0,2537). Para identificar o grau de diferenciação entre os conjuntos de dados, foi utilizado o teste t dependente ou teste t de amostras emparelhadas, que determina se existe uma diferença estatisticamente significativa entre as amostras.

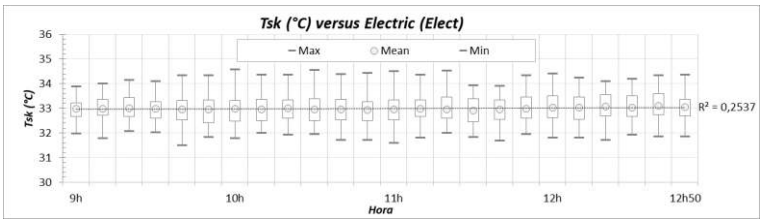
Figura 5 – Máximo, médio, mínimo primeiro e terceiro quartil dos dados de Tsk (°C) para diferentes configurações de iluminação




(a) Tsk para iluminação Equatorial (Eq)




(b) Tsk para Iluminação Não Equatorial (Neq)




(c) Tsk para iluminação Elétrica (Elet)

Fonte: Os autores

A Tabela 2 apresenta os resultados do teste t de amostras pareadas. Valores de Tsk do grupo de entrevistados não diferiram significativamente entre Eq (média = 33,11 °C, erro padrão = 0,02 °C) e Neq (média = 33,09 °C, erro padrão = 0,02 °C) com t (1027) = 1,01, p <0,31. fim, a correlação de Spearman (rho) foi empregada para testar o grau de correlação entre variáveis relacionadas à luz e Tsk. O rho de Spearman foi escolhido por se verificar a prevalência de variáveis não paramétricas no teste de Shapiro-Wilk.

Tabela 2 – Teste t pareado para Eq, Neq e Elet

| Pares | | | Diferenças entre pares | | | | | bt | gl | Sig. (bilateral) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Média | Desvio Padrão | Erro típico da média | 95% Intervalo de confiança para a diferença | | | | |
| Nº | Var. 1 | Var. 2 | | | | Inferior | Superior | | | |
| 1 | Eq | Neq | 0,02 | 0,70 | 0,02 | -0,02 | 0,07 | 1,01 | 1027 | 0,31 |
| 2 | Eq | Elet | 0,15 | 0,86 | 0,03 | 0,10 | 0,20 | 5,48 | 980 | 0,00* |
| 3 | Neq | Elet | 0,14 | 0,80 | 0,03 | 0,09 | 0,19 | 5,68 | 1016 | 0,00* |

*Significância estatística no nível 0,05 (bilateral).

Fonte: Os autores

Correlações significativas foram identificadas para os níveis 0,01 (**) e 0,05(*) (Tabela 3).

Tabela 3 – Teste de Shapiro-Wilk para dados de iluminação

| Configuração | Equatorial (Eq) | | | | Non-equatorial (Neq) | | | | Eletric (Elet) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Variáveis de luz | E (lux) | CCT (K) | DWI (nm) | $\alpha_{cv}$ | E (lx) | CCT (K) | DWI (nm) | $\alpha_{cv}$ | E (lux) | CCT (K) | DWI (nm) | $\alpha_{cv}$ |
| (°C) | 0,951** | -0,931** | 0,944** | -0,937** | 0,639** | -0,603** | 0,464** | -0,596** | 0,315* | 0,308* | -0,316* | 0,324* |

Valores de rho mais altos com significância estatística em 0,01 foram encontrados para a Eq. Valores menores foram encontrados para Neq e ainda mais baixos para Elet com um menor grau de significância estatística.

## 5 CONCLUSÕES

Encontramos indicações de alterações da Tsk devido à falta de disponibilidade de luz do dia. Embora ainda exista um padrão ligeiramente crescente no Elet durante a manhã, a tendência não é tão definida como nas Eq e Neq, que são exposições à fachada de luz do dia. Interrupções em Tsk podem indicar impactos negativos no ritmo circadiano. Quando a exposição à luz do dia é reduzida ou quando há estímulo aberrante à luz, aumentam as chances de interrupção circadiana, além do risco de doenças físicas (disfunções da frequência cardíaca, diabetes, obesidade, câncer) e psicológicas (depressão, doença bipolar, esquizofrenia, atenção (KARATSOREOS, 2012; BARON, REID, 2014).

Como discutido por Kulve et al. (2016), essas rupturas não apenas têm consequências negativas para o estado geral de saúde, mas também estão fortemente relacionadas às condições do estado mental.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) por meio de concessão de bolsa de pós-doutorado PNPD.

## REFERÊNCIAS

BAKER, F. C. et al. Sleep and 24-hour body temperatures: a comparison in young men, naturally cycling women and women taking hormonal contraceptives. **The Journal of physiology**, v. 530, n. 3, p. 565-574, 2001.

BARON, K. G.; REID, K. J. Circadian misalignment and health. International review of psychiatry, v. 26, n. 2, p. 139-154, 2014.

BRAINARD, G. C. et al. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. **Journal of Neuroscience**, v. 21, n. 16, p. 6405-6412, 2001.

CAJOCHEN, C. Alerting effects of light. **Sleep medicine reviews**, v. 11, n. 6, p. 453-464, 2007.

CHELLAPPA, S. L. et al. Non-visual effects of light on melatonin, alertness and cognitive performance: can blue-enriched light keep us alert? **PloS one**, v. 6, n. 1, 2011.

Commission Internationale de l´Eclairage. CIE Research Strategy. Viena, abr. 2020. Fonte: < http://files.cie.co.at/CIE%20Research%20Strategy%20(April%202020)%20-%20Topic%201.pdf>. Acesso: 4 mai. 2020.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. **DIN 5034**: Tageslicht in Innenräumen. Berlin, 1997.

DUFFY, J. F. et al. Sex difference in the near-24-hour intrinsic period of the human circadian timing system. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 108, n. Supplement 3, p. 15602-15608, 2011.

EAGLES, J. M. Light therapy and seasonal affective disorder. **Psychiatry**, v. 8, n. 4, p. 125-129, 2009.

GALASIU, A. D.; VEITCH, J. A. Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. **Energy and buildings**, v. 38, n. 7, p. 728-742, 2006.

GALL, D. ET al. **Die Ermittlung von Licht-und Farbfeldgrößen zur Bestimmung der spektralen Wirkung des Lichtes**. Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Lichttechnik.

HUBALEK, S.; BRINK, M.; SCHIERZ, C. Office workers' daily exposure to light and its influence on sleep quality and mood. **Lighting research & technology**, v. 42, n. 1, p. 33-50, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/FDIS 9886: Ergonomics-Evaluation of thermal strain by physiological measurement. Geneva, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO7730: Ergonomics of the thermal environment - analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Oslo, Norway, 2005.

HRASKA, J. Chronobiological aspects of green buildings daylighting. **Renewable Energy**, v. 73, p. 109-114, 2015.

KARATSOREOS, I. N. Effects of circadian disruption on mental and physical health. **Current neurology and neuroscience reports**, v. 12, n. 2, p. 218-225, 2012.

KULVE, Marije et al. Correlated colour temperature of morning light influences alertness and body temperature. **Physiology & behavior**, v. 185, p. 1-13, 2018.

OSRAM. **Product Family Datasheet Lumilux T8**. 2018. Source: <https://www.osram-lamps.com/ecatalog/lamps/fluorescent-lamps/fluorescent-lamps-t8/lumilux-t8/index.jsp>. Acesso em: 6 feb. 2018.

THAPAN, K.; ARENDT, J.; SKENE, D. J. An action spectrum for melatonin suppression: evidence for a novel non-rod, non-cone photoreceptor system in humans. **The Journal of physiology**, v. 535, n. 1, p. 261-267, 2001.

WEISS, T.; TAMURA, C.; KRÜGER, E. L. Uso de simulação computacional como suporte a um estudo de iluminação natural em câmara climática. XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...,** 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO/FDIS 9886: Ergonomics-Evaluation of thermal strain by physiological measurement. Geneva, 2003.