

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ARTES, CIÊNCIAS E HUMANIDADES
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ATIVIDADE FÍSICA

JÚLIO CESAR CECILIATO LOURENÇO BARBOSA

**Efeito da intensidade da luz na resposta da pressão arterial clínica e ambulatorial após
uma sessão de exercício aeróbico moderado**

SÃO PAULO

2022

JÚLIO CESAR CECILIATO LOURENÇO BARBOSA

**Efeito da intensidade da luz na resposta da pressão arterial clínica ambulatorial após
uma sessão de exercício aeróbico moderado**

Versão Corrigida

Dissertação apresentada à Escola de Artes,
Ciências e Humanidades da Universidade de
São Paulo para obtenção do título de Mestre
em Ciências, pelo Programa de Pós-
graduação em Ciências da Atividade Física.

Área de concentração:
Atividade Física e Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Campos de
Brito

SÃO PAULO

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da Escola de Artes, Ciências e Humanidades,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)
Brenda Fontes Malheiros de Castro CRB 8-7012; Sandra Tokarevicz CRB 8-4936

Ceciliato Lourenço Barbosa, Júlio Cesar
Efeito da intensidade da luz na resposta da
pressão arterial clínica e ambulatorial após uma
sessão de exercício aeróbico moderado / Júlio
Cesar Ceciliato Lourenço Barbosa; orientador,
Leandro Campos de Brito. -- São Paulo, 2022.
70 p: il.

Dissertacao (Mestrado em Ciencias) - Programa de
Pós-Graduação em Ciências da Atividade Física,
Escola de Artes, Ciências e Humanidades,
Universidade de São Paulo, 2022.
Versão corrigida

1. Exercício Aeróbico. 2. Ritmo Circadiano. 3.
Pressão Arterial . 4. Cardiovascular. 5. Luz. I.
Brito, Leandro Campos de, orient. II. Título.

Nome: BARBOSA, Júlio Cesar Ceciliato Lourenço.

Título: Efeito da intensidade da luz na resposta da pressão arterial clínica ambulatorial após uma sessão de exercício aeróbico moderado

Dissertação apresentada à Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências, pelo Programa de Pós-graduação em Ciências da Atividade Física.

Área de concentração: Atividade Física e Saúde.

Aprovado em: ___ / ___ / _____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por tudo que passei e que de todas as formas me fez crescer pessoal e profissionalmente durante todo este percurso. Agradeço também à minha família, esposa Jucelene e filho Arthur, pois vocês são o motivo para que eu busque sempre crescer profissionalmente, à minha mãe Alessandra e meu Padrasto Felipe, por todo suporte e confiança que sempre depositaram em mim.

À Profa. Cláudia Forjaz, coordenadora do Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora da Escola de Educação Física e Esporte da USP, por abrir as portas do seu laboratório permitindo a realização das coletas de dados. Ao meu orientador Leandro Campos de Brito, por toda paciência, aprendizado e companheirismo durante todo o processo do mestrado. Aos meus professores, colegas de laboratório e aos funcionários da Secretaria de Pós-graduação do Programa de Ciências da Atividade Física da Escola de Artes, Ciências e Humanidades da USP, pois sem eles nada disso seria possível.

Aos professores membros da banca, por contribuírem para o enriquecimento desse trabalho. Por fim, a todos aqueles que de alguma forma em algum momento contribuíram para a realização dessa dissertação e de minha formação. Muito obrigado pela paciência, dedicação e eficiência. Meu sincero agradecimento!

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP - 2019/24327-5) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (PROEX e Demanda Social) pelo financiamento à pesquisa.

RESUMO

BARBOSA, JÚLIO CESAR CECILIATO LOURENÇO. **Efeito da intensidade da luz na resposta da pressão arterial clínica ambulatorial após uma sessão de exercício aeróbico moderado.** 2022. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Versão corrigida.

Introdução: Uma sessão de exercício aeróbico promove redução dos níveis de pressão arterial (PA), fenômeno conhecido como Hipotensão Pós-Exercício (HPE), o qual possui magnitude influenciada por diversos fatores. Nesse contexto, estudos prévios demonstraram que quando a luz intensa (LI) incide sobre os olhos ocorre aumento da PA por meio de aumento da atividade simpática. Desta forma, é possível sugerir que a LI poderia atenuar a HPE, fato que ainda desconhecido na literatura. **Objetivo:** Comparar a influência da intensidade da luz sobre a PA clínica e ambulatorial pós-exercício. **Métodos:** Vinte homens adultos normotensos (27 ± 5 anos) participaram do estudo. Eles realizaram 3 sessões experimentais em ordem aleatória, iniciadas às 13hs, sendo expostos às diferentes intensidades de luz: LI (5000 lux), luz controle (LC - 500 lux) e penumbra (PN - <8 lux). Em cada sessão, com o indivíduo na posição supina, foram avaliadas com o indivíduo sob luz controle, o que foi denominado momento basal. Na sequência, após 20 min de exposição à intensidade de luz específica (LI, LC, ou PN), a PA e a frequência cardíaca (FC) foram medidas antes do exercício (Pré-EX) e após o exercício durante 90 minutos. O exercício foi realizado em cicloergômetro por 30 min em 50-60% da FC de reserva. A PA foi medida pela técnica auscultatória e oscilométrica e a FC através de cardiofrequencímetro para as avaliações dentro do laboratório. A monitorização ambulatorial da PA (MAPA) foi iniciada após o término de cada sessão experimental, sempre às 18hs. O efeito da intensidade da luz nas repostas pós-exercício no laboratório foi analisado através de ANOVAs de dois fatores para medidas repetidas tendo como fator principal a sessão (LI, LC, e PN) e o tempo (Pré-ex, 45 e 90 minutos). O efeito da intensidade da luz isolado, bem como sobre as repostas ambulatoriais foi analisado através de ANOVAs de um fator para medidas repetidas tendo como fator principal a sessão, foi $P\leq 0,05$ foi considerado significativo. **Resultados:** Em todas as sessões, a PAS (-4 ± 3 , $p_{\text{tempo}} < 0,001$) e PAM (-3 ± 2 mmHg, $p_{\text{tempo}} = 0,002$) diminuíram, enquanto a FC aumentou ($+5\pm 4$ bpm, $p_{\text{tempo}} < 0,001$) significativa e similarmente aos 45 min pós-exercício em comparação aos valores Pré-EX). A PAD aumentou aos 90 min pós-exercício ($+3\pm 3$

mmHg, $p_{\text{sxt}}=0,04$) somente nas sessões LC e LI. Nenhuma diferença foi observada nas análises ambulatoriais e parâmetros circadianos, exceto para a PAS que apresentou avanço da acrofase para a PAS em 5 e 9 horas nas sessões LC e LI em relação à PN, respectivamente. **Conclusão:** Em homens adultos jovens e recreacionalmente ativos a intensidade da luz não influencia a diminuição de PAS e PAM pós-exercício, nem o aumento da FC. Entretanto, a luz intensa e luz controle aumentam a PAD pós-exercício avaliada no laboratório e promovem um avanço na acrofase da PAS ambulatorial em comparação à penumbra.

Palavras-chave: exercício aeróbico, ritmo circadiano, pressão arterial, cardiovascular, luz.

ABSTRACT

BARBOSA, JÚLIO CESAR CECILIATO LOURENÇO. **Effect of light intensity on office and ambulatory blood pressure after a single session of moderate aerobic exercise.** 2022. 70 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola de Artes, Ciências e Humanidades, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022. Corrected version.

Introduction: A single session of aerobic exercise promotes a blood pressure (BP) lowering effect, a phenomenon called post-exercise hypotension (PEH), which may be influenced by several known factors. In this sense, previous studies demonstrated that bright light (BL) directed to individual's eyes causes BP increase by an increase of sympathetic activity. Thus, it is possible to suppose that BL may blunt PEH, which is still unknown in the literature. **Objective:** To compare the influence of light intensity on office and ambulatory BP post-exercise. **Methods:** Twenty healthy adult young men (27±5 years old) took part in the study. They underwent 3 experimental sessions [Bright light (LI - 5000 lux); control light (LC - 500 lux); and dim light (PN - <8 lux), in a random order, always starting at 13hs. For each session, in the supine position and under LC, were assessed BP and heart rate (HR) at moment called basal. Afterwards, individuals were under the specific light intensity (LI, LC, or PN) for 20 minutes before starting BP and HR measurements pre-exercise (Pré-ex) and remain under this intensity of light until the end of the experiment. The exercise was conducted on a cycle ergometer for 30 min at 50-60% HR reserve. BP and HR were also measured at 45 and 90 min post-exercise at the laboratory. After completing the laboratory portion of the study, the ambulatory BP monitoring started, always at 18hs. Office BP was assessed by the auscultatory and oscillometric technique and HR by a cardiofrequencímetro at laboratory. The effect of light intensity on post-exercise response was compared using two-way ANOVAs for repeated measures with main factors for session (LC, LIC, and PN) and time (Pré-ex, 40 and 90 minutes). The light effect isolated and ambulatory responses was compared using one-way ANOVAs for repeated measures with factor session (LC, LIC, and PN). $P \leq 0.05$ was set as significant. **Results:** Systolic (-4 ± 3 , $p_{\text{tempo}} < 0.001$) and mean (-3 ± 2 mmHg, $p_{\text{tempo}} = 0.002$) BP decreased, while HR increased ($+5 \pm 4$ bpm, $p_{\text{tempo}} < 0.001$) at 45 minutes post-exercise similarly among the three sessions. Diastolic BP increased at 90 minutes post-exercise ($+3 \pm 3$ mmHg, $p_{\text{sxt}} = 0.04$) only in LC and LI. No differences were observed in any ambulatory variable except for systolic BP, which presented 5 and 9hs advanced achrophase in LC e LI compared to PN, respectively. **Conclusion:** In young and

recreationally active adult men, the light intensity does not influence the BP decrease for systolic and mean BP post-exercise neither the HR increase. However, bright and control light increased diastolic BP 90 minutes post-exercise and advances the achrophase in systolic BP compared to dim light.

Keywords: aerobic exercise, circadian rhythm, blood pressure, cardiovascular, light.

LISTA DE ABREVIATURAS

PA	Pressão arterial
HPE	Hipotensão pós-exercício
PAS	Pressão arterial sistólica
PAD	Pressão arterial diastólica
PAM	Pressão arterial média
NSQ	Núcleos supraquiasmáticos
FC	Frequência cardíaca
BPM	Batimentos por minuto
PN	Penumbra
LC	Luz controle
LI	Luz intensa

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Controle da secreção de melatonina.....	22
Figura 2. Protocolo Experimental.....	29
Figura 3. Descenso noturno considerado normal: Redução $\geq 10\%$ comparada aos valores médios do período de vigília;	33

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1.** Características gerais dos voluntários medidas nos exames preliminares.**36**
- TABELA 2.** Respostas cardiovasculares e de esforço durante o exercício nas três sessões experimentais (LC,LI e PN).....**37**
- TABELA 3.** Influência da intensidade da luz sobre a pressão arterial sistólica (PAS, mmHg) obtidos através dos métodos auscultatório e oscilométrico durante as três sessões experimentais.....**38**
- TABELA 4.** Influência da intensidade da luz sobre a pressão arterial diastólica (PAD, mmHg) obtidos através dos métodos auscultatório e oscilométrico durante as três sessões experimentais.....**39**
- TABELA 5.** Influência da intensidade da luz sobre a pressão arterial média (PAM, mmHg) obtidos através dos métodos auscultatório e oscilométrico durante as três sessões experimentais.....**39**
- TABELA 6.** Efeito da intensidade da luz sobre a frequência cardíaca (FC, bpm) obtidos através de registro por cardiofrequencímetro e pelo equipamento oscilométrico da medida da pressão arterial.....**40**
- TABELA 7.** Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da pressão arterial sistólica (PAS, mmHg) obtidos pré-exercício, após 45 e após 90 minutos do exercício nas três sessões experimentais.....**41**
- TABELA 8.** Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da PAD (mmHg) obtidos pré exercício, após 45 e após 90 minutos do exercício nas três sessões experimentais.....**41**
- TABELA 9.** Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da PAM (mmHg) obtidos pré exercício, após 45 e após 90 minutos do exercício nas três sessões experimentais.....**42**
- TABELA 10.** Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da FC (bpm) obtidos pré exercício, após 45 e após 90 minutos do término do exercício nas três sessões experimental.....**43**
- TABELA 11.** Média dos valores de pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD), média (PAM) e frequência cardíaca (FC) de 24 horas, vigília e sono após as três sessões experimentais.....**44**
- TABELA 12.** Valores de carga pressórica de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) de 24 horas, vigília e sono após as três sessões experimentais.....**45**
- TABELA 13.** Valores de descenso noturno e de elevação matinal de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) após as três sessões experimentais.....**45**
- TABELA 14.** Valores de MESOR, amplitude, acrofase e força% do ritmo de pressão arterial sistólica (PAS) e frequência cardíaca (FC) após as três sessões experimentais.**46**

Sumário

1. INTRODUÇÃO	15
2. OBJETIVOS	16
2.1 Geral.....	16
2.2 Específicos	17
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 Exercício e PA	17
3.2 Fatores que influenciam na HPE	19
3.3. Ritmo circadiano	21
3.4 Efeito da luz na regulação circadiana	21
3.5 Efeito da luz nas respostas cardiovasculares	23
3.6 Ritmo circadiano, luz e respostas de PA ao exercício aeróbico	24
3.7. Considerações gerais.....	25
4. MATERIAS E MÉTODOS	26
4.1. Casuística	26
4.2. Procedimentos preliminares.....	26
4.2.1. Histórico de saúde	26
4.2.2 Avaliação do nível de atividade física.....	27
4.2.3 Avaliação da pressão arterial.....	27
4.2.4 Avaliação do índice de massa corporal	28
4.2.5 Identificação do Cronotipo.....	28
4.3. Protocolo experimental	28
4.4. Medidas.....	30
4.4.1 PA Clínica	30
4.4.2 Frequência Cardíaca.....	31
4.4.3 PA Ambulatorial	31
4.4.4. Médias horárias da PA ambulatorial	31
4.4.5 Carga pressórica	32
4.4.6 Elevação matinal da PA ou Morning surge.....	32
4.4.7. Descenso noturno	32
4.4.8 Análise dos parâmetros circadianos	33
4.4.9 Medida da Luz.....	34
4.5. Intervenções	34
4.5.1. Exercício Aeróbio	34
4.5.2 Luz.....	34
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
6. RESULTADOS	36
6.1 Casuística	36
6.2. Respostas cardiovasculares e de esforço durante o exercício.....	36
6.3. Efeito da Intensidade da Luz sobre a pressão arterial e a frequência cardíaca pós-exercício.....	38
6.4. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da pressão arterial e frequência cardíaca	40
6.5. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta ambulatorial da pressão arterial e frequência cardíaca	43
6.5.1 Valores médios de 24 horas, vigília e sono.	44
6.5.2 Valores de carga pressórica de 24 horas, vigília e sono.....	44
6.5.3 Valores de descenso noturno e elevação matinal.	45
6.5.4 Análise dos parâmetros circadianos ambulatoriais	46
7. DISCUSSÃO	47

7.1. Efeito da intensidade da luz sobre a pressão arterial e a frequência cardíaca	47
7.2. Resposta da pressão arterial e frequência cardíaca pós-exercício: Efeito da intensidade da luz	49
7.3. Resposta ambulatorial da pressão arterial e frequência cardíaca pós-exercício: Efeito da intensidade da luz.....	51
8. CONCLUSÃO.....	54
9. REFERÊNCIAS	55
10. ANEXOS	62

1. INTRODUÇÃO

A prática regular de exercícios físicos é amplamente recomendada devido aos inúmeros benefícios à saúde de maneira global (1). Considerando os benefícios ao sistema cardiovascular, os exercícios aeróbicos são os mais estudados e até o momento os recomendados como linha de frente para promover tais benefícios. Dentre os mais conhecidos, se destaca a capacidade do exercício aeróbico em reduzir a pressão arterial (PA), o que pode ser observado após um período de treinamento (i.e. efeito crônico) (2), mas também após a realização de uma única sessão de exercício (3,4). Esse fenômeno conhecido como hipotensão pós-exercício (HPE), é caracterizado por um decréscimo dos valores de PA sistólica (PAS) e/ou PA diastólica (PAD) após uma sessão de exercício em relação aos níveis pré-exercício ou comparado a um dia controle (i.e. em que não foi realizado o exercício) (5).

A magnitude e duração de redução da PA significantes representam a relevância clínica da HPE, o que já foi destacado pelo Colégio Americano de Medicina do Esporte (6). Entretanto, existe uma variação considerável entre os resultados dos estudos, tanto na magnitude de redução da PAS e PAD quanto na duração normalmente avaliada através da medida ambulatorial da PA, de 0 à 16 h através da análise hora à hora ou no valor médio de 24 h em comparação a estudos que não observam diferenças (4). Tal variação sugere que alguns fatores influenciam a HPE aeróbico, como a massa muscular envolvida durante o exercício (7), a intensidade (8,9), a duração (10,11), e a fase do dia em que se faz exercício (12–18).

Nesse sentido, estudos recentes têm sugerido que manipular a intensidade de luz a qual os indivíduos são expostos pode influenciar a HPE. De fato, exposição à níveis de luz intensa, como 5000 lux, pode levar ao aumento da PAS na ordem de 13 mmHg e da frequência cardíaca (FC) na ordem 26 bpm (19,20). Isso ocorre devido a despolarização

causada pela presença de luz, principalmente do espectro azul (e.g., 400-525 nm) em células ganglionares presentes na retina que possuem um fotopigmento chamado melanopsina. Essas células se comunicam com os NSQ através do trato retino-hipotalâmico (21), o aumento da luz faz com que haja aumento na frequência de disparos na atividade desses núcleos, os quais por sua vez possuem projeções neurais multisinápticas com o núcleo trato solitário (22), o coração (23), o córtex da adrenal (24) e os vasos (25) influenciando assim o controle cardiovascular (26). Dessa forma, é possível hipotetizar que a exposição à luz elevada durante uma sessão de exercício aeróbico realizado ao final do dia atenua a redução de PA.

Além dessa ação aguda, estudos prévios já demonstraram que a exposição à luz leva à atraso de fase da ritmicidade circadiana (i.e. desloca curva para mais tarde no tempo), o que já foi determinado por valores mais altos de melatonina ocorrendo às 6h ao invés de 3h da manhã (20,27). Nesse sentido, se sabe que a PA é em parte controlada pelo sistema circadiano, e apresenta os menores valores no 2º terço do período do sono alinhada com o pico de melatonina (28). Desse modo, é possível também hipotetizarmos que a exposição à luz intensa atrase o ritmo circadiano da PA pós-exercício impactando também na PA média durante o período de sono e conseqüentemente de 24h.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar se as respostas de PA clínica e ambulatorial após uma sessão de exercício aeróbico realizado ao final do dia são influenciadas pela intensidade de luz ao qual o indivíduo é exposto durante o exercício.

2.2 Específicos

Analisar e comparar as respostas das variáveis abaixo medidas após uma sessão de exercício aeróbico realizado ao final do dia nas condições de penumbra ($PN \leq 8$ lux), luz controle (LC ~ 500 lux) e luz intensa (LI ~ 5000 lux).

- (a) PAS, PAD e PA média (PAM) clínicas
- (b) Média da PA ambulatorial de 24 h, vigília e sono;
- (c) Análise hora a hora da PA ambulatorial;
- (d) Carga pressórica da PA ambulatorial de 24, vigília e sono;
- (e) Descenso noturno da PA;
- (f) Elevação matinal da PA;
- (g) Parâmetros circadianos da PA ambulatorial.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Exercício e PA

Os exercícios aeróbicos são conhecidos e recomendados pelos conhecidos benefícios ao sistema cardiovascular, tanto na prevenção quanto no tratamento de doenças cardiovasculares como a hipertensão arterial sistêmica, devido ao seu efeito hipotensor (29). Tal benefício já foi encontrado tanto de forma crônica após um período de treinamento, quanto de forma aguda após uma única sessão de exercício, na qual esta redução ocorre logo após o término do exercício (6), fenômeno conhecido como hipotensão pós-exercício (5). No que diz respeito à diminuição da PA de forma crônica, o treinamento aeróbico possui eficácia na redução da PAS e PAD tanto clínica (-8.3 e -5.2) (30) quanto ambulatorial, diminuindo as médias da PAS e PAD de 24hrs, sono e vigília na população hipertensa em -4,1 e -2,7; -3,8 e -2,7; e -2,4 e -1,7 mmHg,

respectivamente (2). Resultados que conferem a essa intervenção um nível de evidência Grau 1, nível A (31,32).

Em adição aos benefícios observados de forma crônica, uma única sessão de exercício aeróbico resulta em HPE. A HPE é classificada quando ocorre diminuição dos valores de PA ainda menores que os valores iniciais pré-exercício após a realização de apenas uma sessão de exercício físico, ou em comparação a uma situação controle (i.e., sem exercício) (33). O primeiro relato de HPE na literatura ocorreu em 1898 através do trabalho de Hill, o que chamou a atenção dos pesquisadores na época (34). Entretanto, o estudo desse fenômeno foi praticamente ignorado até o ano de 1981, quando William Fitzgerald, que era hipertenso, reportou a redução dos próprios valores de PA após se submeter a uma sessão de exercício aeróbico (corrida, 25min, 70% da frequência cardíaca máxima) (35). Em condições de laboratório, têm sido observadas reduções na ordem de 6 e 4 mmHg para PAS e PAD, respectivamente após uma sessão de exercício aeróbico (3). Quanto a valores de PA ambulatorial, reduções na ordem de 4 e 2 mmHg para PAS e PAD, respectivamente, foram observadas na média de 24 h (4) em comparação com os valores medidos em um dia controle, sem exercício, e com duração de até 16 h em análise hora-a-hora (36). Embora essa análise decorra de uma situação aguda, estudos prévios já demonstraram que a HPE possui forte correlação com a resposta crônica ao treinamento aeróbico ($r = 0,89$) (37,38). Esse achado sugere que a somatória de efeitos subagudos do exercício a cada sessão resultaria em um efeito crônico, dentro do contexto deste estudo, a ocorrência de HPE a cada sessão de exercício acarretaria na redução crônica da PA (13,39).

Apesar da relevância clínica ressaltada nos dados descritos acima, existe uma grande variação nos resultados reportados na literatura, variando de 1 à 11 mmHg para PAS e de 1 a 8 mmHg para PAD quando medidas ainda no laboratório (3). Nesse mesmo

sentido, os valores médios de 24 h apresentam variação de 3 a 12 mmHg para PAS e de 3 a 7 mmHg para PAD (4). Desse modo, fica claro que diversos fatores influenciam tanto na magnitude quanto na duração da HPE. O que precisa ser cada vez mais investigado a fim de proporcionar respostas individualizadas e maximizar os benefícios.

3.2 Fatores que influenciam na HPE

Embora estudos prévios tenham demonstrando HPE em diversas populações, com diferentes níveis iniciais de PA como normotensos (10,40), pré-hipertensos (41–43) e hipertensos (44,45), idosos e jovens (46), atletas e sedentários (47) Obesos e indivíduos com peso normal (46), e de diferentes etnias (48), algumas dessas características da população parecem interferir na duração e magnitude da HPE.

De fato, os níveis de redução de PA tem uma relação direta com os níveis de PA prévios ao exercício, sendo que quanto maior forem os valores de PA prévios ao exercício, maior será a magnitude do efeito hipotensor (45). Além dos valores iniciais de PA, aspectos de saúde metabólica também afetam negativamente a magnitude da HPE, como em obesos e diabéticos (3). Ainda sobre as características da população, a raça parece ser um fator importante. De fato, Headley e colaboradores encontraram menor queda da PA após o exercício aeróbico nas mulheres negras do que nas caucasianas (49). Segundo os autores, essa diferença pode se dever a maiores níveis de endotelina-1 (i.e., substância vasoconstritora produzida pelas células endoteliais) nessa população comparados a caucasianos (50). Quanto ao nível de treinamento dos indivíduos, embora estudos originais não tenham encontrado diferença na HPE entre sedentários ou treinados (51), uma metanálise de 2016 encontrou maior HPE em estudos conduzidos com indivíduos sedentários e recreacionalmente ativos do que em treinados (3). Nesse

trabalho, os autores também encontraram respostas mais expressivas da HPE em jovens do que em idosos.

Além das características dos indivíduos, as características do protocolo de exercício também influenciam sua resposta hipotensora. Quando comparada a duração do exercício, uma sessão de 40 min promoveu HPE de maior magnitude do que o mesmo exercício realizado por 25 min (50% do VO_2^{pico}) (10). Sendo que resultados semelhantes foram encontrados com exercício aeróbico realizado a 70% do VO_2^{pico} (7), demonstrando que quanto maior a duração maior é a queda da PA. Outro aspecto que afeta a HPE é a quantidade de massa muscular envolvida no exercício aeróbico, quanto maior a massa muscular maior é a magnitude da HPE (7). Ambos confirmados na última metanálise sobre o tema (3). Já no que diz respeito a intensidade do exercício, os resultados são controversos, embora em comparações diretas a intensidade mais alta promova HPE mais expressiva (3,8,45), quando comparada em sessões isocalóricas (i.e., mesmo gasto energético em todas as sessões) não houve diferença na redução da PA entre intensidade moderada (70% VO_2^{pico}) e leve (40% VO_2^{pico}) (40). Recentemente, o nosso grupo identificou um outro possível fator de influência na HPE, a fase do dia na o exercício é realizado. De fato, encontramos que quando exercício é realizado ao final do dia a magnitude da HPE é maior do que o exercício realizado pela manhã em pré-hipertensos e hipertensos (12–14). Resultados que já foram observados em normotensos (15,16,18). Além disso, somente o exercício aeróbico realizado ao final do dia promoveu redução de PAS durante o sono em pré-hipertensos (13) e hipertensos *non-dipper* (i.e. indivíduos que não apresentam valores de PA durante o sono no mínimo 10% menor do que a média durante a vigília) (17). Dessa forma, é possível sugerir que o exercício realizado ao final do dia possa promover maior e mais duradoura HPE e que haja alguma inter-relação entre o ritmo circadiano endógeno e a resposta de PA pós-exercício.

3.3. Ritmo circadiano

A Cronobiologia é a ciência que estuda a ritmicidade das funções fisiológicas presentes praticamente em todos os seres vivos, denominadas de ritmo biológico (52,53). Estes ritmos, regulam eventos fisiológicos, comportamentais ou morfológicos, podendo ser classificados em três grupos de acordo com a variação de seus ciclos, como ritmos circadianos, ultradianos e infradianos. Os ritmos circadianos possuem período de aproximadamente um dia, completando ciclos de aproximadamente 24 ± 4 horas; os ultradianos fecham mais de um ciclo em menos de 20 horas; e os infradianos, levam períodos maiores do que 28 horas (52,54).

Nos seres humanos, os ritmos circadianos são os mais presentes dentre as funções orgânicas, como por exemplo o ciclo sono-vigília, e a regulação cardiovascular representada pelo ritmo observado para frequência cardíaca e a PA (52). Para que haja sincronismo entre o sistema circadiano e as mudanças ambientais, o corpo humano dispõe de uma complexa e hierárquica rede de estruturas. Essa rede é governada por um relógio biológico central presente nos núcleos supraquiasmáticos (NSQ), localizados no hipotálamo anterior, acima do núcleo quiasma ótico, que é auxiliado por relógios periféricos presentes em diversos tecidos, como no coração (55) e vasos (56). Mesmo contando com autonomia para manter a ritmicidade, os NSQ têm sua sincronização auxiliada por algumas pistas temporais, nos seres humanos, a luz é a principal delas (57).

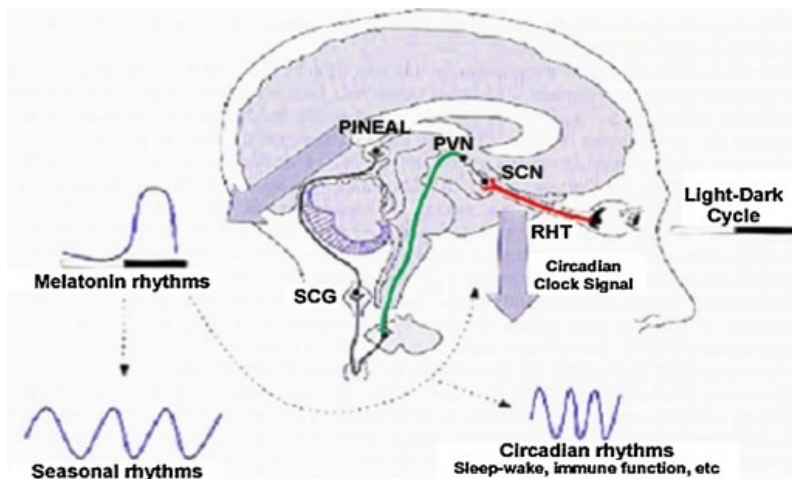
3.4 Efeito da luz na regulação circadiana

Existem dois sistemas de detecção de luz através dos olhos dos mamíferos. O primeiro é sistema visual clássico, é através desse sistema que se pode formar imagens (19). O segundo, é o sistema não formador de imagem, neste sistema, no qual fotopigmentos específicos encontrados nas células ganglionares da retina, chamados de

melanopsina, percebem a luz devido a sua característica fotossensível (19). Com o aumento da luz, as melanopsinas são estimuladas e enviam aferências por meio do trato retino-hipotalâmico aos NSQ (58). Nesse momento, a atividade neuronal dos NSQ se altera, e ele estimula, entre outros sítios, o centro de regulação autonômica cardiovascular através de projeções multisinápticas (19).

Um outro sítio importante dentro do contexto deste estudo é a glândula pineal, pois sua produção de melatonina é interrompida com o aumento da luz ao bloquear a estimulação noradrenérgica simpática da glândula via gânglio cervical superior (Figura 1) (59). O hormônio melatonina (N-acetil-5-metoxitriptamina) é o principal marcador endógeno do ritmo circadiano, com influência direta na flutuação de outros ritmos, como ciclo sono-vigília, temperatura e cortisol (60), e também cardiovascular (61,62).

Figura 1- Controle da secreção de melatonina



Fonte: Adaptado de (60). Controle da secreção de melatonina. SCG – gânglio cervical superior; PVN – núcleo paraventricular; SCN – núcleos supraquiasmáticos; RHT – trato retino-hipotalâmico.

3.5 Efeito da luz nas respostas cardiovasculares

A luz pode afetar a regulação cardiovascular de duas maneiras. Primeiro, como os ritmos circadianos cardiovasculares são controlados prioritariamente pelos NSQ, a luz pode induzir a um atraso ou avanço no ritmo circadiano do sistema cardiovascular. Nesse sentido, roedores que tiveram seu ciclo claro/escuro invertidos também apresentaram mudança na acrofase da PA e FC para o novo período escuro. Entretanto, não há estudos que avaliaram o ritmo circadiano do sistema cardiovascular em humanos.

Outra maneira possível e a mais estudada até o momento em seres humanos, é de forma aguda. Cabe destacar que esses efeitos são observados majoritariamente quando o indivíduo é exposto à luz elevada no mínimo no início da fase escura do ciclo claro/escuro, pois não é comum observar mudanças quando essa exposição ocorre pela manhã (63). Porém, Saito e colaboradores encontraram aumento de FC e atividade nervosa simpática muscular em experimento conduzido entre 10-12 horas da manhã (64). Nesse estudo Saito et al. (64) observaram um aumento na FC (7 bpm) em adultos jovens expostos a uma luz de 5000 Lux durante 20 minutos, enquanto a FC se manteve durante a sessão controle sob luz de 500 lux (64). Além disso, os autores também observaram aumento da atividade nervosa simpática muscular avaliada pela técnica de microneurografia (64) embora nenhum aumento na PA foi observado. É possível que essa não alteração na PA seja devido ao horário da avaliação, uma vez que estudo semelhante que expôs os indivíduos à luz elevada, entre 10-12h pela manhã. De fato, a exposição à luz semelhante encontrou elevação da PAS na ordem de ~13 mm Hg (19).

O impacto da luz sobre a regulação cardiovascular também foi reportado durante situações de estresse. Aumentos foram observados na PAS (5 mm Hg) em indivíduos adultos jovens expostos a luz elevada de 2800 lux durante o desempenho de tarefa mental, *Stroop color-word conflict test* realizado às 19:30h, mas não sob a luz de 120 lux (65).

Com o aumento da luz a atividade das melanopsinas também se eleva aumentando assim as projeções aos NSQ (65). Com isso, cresce a atividade neuronal no relógio central e este por sua vez possui neurônios pré-simpáticos projetados ao núcleo trato solitário levando às alterações sobre o controle autonômico cardiovascular descritas acima (66). Adicionalmente, se sabe que níveis de luz de ~500lux já bloqueiam a produção de melatonina (59). Como esperado, Yokoi et al 2006 (65) observaram valores reduzidos de melatonina quando os indivíduos foram expostos à luz elevada. Assim, os indivíduos ficaram privados da sua ação vasodilatadora (66), responsável em parte pelo efeito hipotensor do hormônio (61,62,67). Além disso, já foi observada a sua influência sobre o controle autonômico cardiovascular, por influenciar o ponto de operação da sensibilidade barorreflexa cardíaca, sugerindo que a sua ausência durante o período escuro do dia poderia em parte explicar os valores elevados de PA e FC com a luz.

3.6 Ritmo circadiano, luz e respostas de PA ao exercício aeróbico

Na última metanálise sobre o tema, os autores não encontraram diferenças entre o exercício realizado em diferentes fases do dia sobre a diminuição da PA (3). Estudos recentes do nosso grupo (12–14) e de outros (15–18) que investigaram esse tópico diretamente têm demonstrado que existe uma influência da fase do dia em que se faz exercício e sobre a resposta de PA clínica ou ambulatorial. Isso porque o exercício realizado ao final do dia tem demonstrado ser mais efetivo em reduzir a PA do que o mesmo exercício realizado pela manhã. Cabe destacar que essa vantagem já foi reportada em normotensos (15,16,18), pré-hipertensos (13,14) e hipertensos (12,17).

Adicionalmente, Qian e colaboradores demonstraram que o sistema circadiano endógeno modula as diferenças na taxa de recuperação da PA sistólica pós-exercício aeróbico em 60%FCmáxima ao longo do dia, com maior taxa de redução (i.e., % de

redução em comparação ao valor atingido durante o exercício) observada ao final do dia (18). Para isso, foi realizado um protocolo de dessincronia forçada, no qual os indivíduos permanecem no laboratório vivendo dias padronizados de 20h, sem informações temporais (i.e., luz do dia, horas ou meio de comunicação), recebendo alimentação isocalórica e igualmente espaçada no tempo. Com esse protocolo é possível desassociar o ritmo circadiano endógeno da influência das pistas temporais. De forma semelhante, nosso grupo identificou redução do MESOR (-2 mmHg) (i.e., valores médios da curva cosseno ajustada) e uma tendência ($p=0,07$) de aumento na amplitude do ritmo circadiano da PA de 24 h (+2 mmHg) (i.e., distância entre o MESOR e o valor mínimo ou máximo da curva ajustada) após sessão de exercício aeróbico moderado (50% VO_2^{pico}) (13).

3.7. Considerações gerais

A partir do que foi descrito acima, é consenso de que o exercício aeróbico é recomendado tanto para a prevenção quanto para a saúde cardiovascular. Existe também um corpo de conhecimento científico que demonstra que após a sessão de exercício, ocorre o efeito hipotensor (HPE), cardiovascular que pode possuir relevância clínica se apresentar magnitude e duração significantes. Quando realizado ao final do dia, o exercício aeróbico promove reduções mais expressivas tanto na vigília quanto no sono de diferentes populações. Entretanto, não se sabe se a manipulação da luz, principal pista temporal do ser humano influenciam nas respostas de PA observados ao final do dia.

Portanto, a hipótese deste estudo é que a exposição a LI (5000~lux) pode acarretar desalinhamento circadiano da PA após uma única sessão de exercício aeróbico e atenuar a HPE.

4. MATERIAS E MÉTODOS

4.1. Casuística

Os participantes deste estudo foram homens sem limitações de saúde para a prática de exercício; idade entre 20 e 39 anos; não fumantes; com índice de massa corporal (IMC) $< 30\text{kg/m}^2$; que apresentaram valores de PAS/PAD inferiores à 140/90 mmHg; livres do diagnóstico de doenças; que não faziam uso crônico de medicamentos, de suplementos nutricionais ou vitamínicos de forma regular; que não fossem muito ativos; e que não possuíssem cronotipo matutino nem vespertinos extremos.

Os esclarecimentos quanto aos procedimentos experimentais e possíveis riscos envolvidos no estudo foram informados a todos os indivíduos. Em seguida, aqueles que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido participaram do protocolo experimental. O estudo está aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da Escola de Educação Física e Esporte da Universidade de São Paulo (3.742.479) e foi registrado nos Ensaio Clínicos Brasileiros (RBR-5msn9mw). O recrutamento dos indivíduos foi feito através de mídia eletrônica e escrita, com distribuição de cartazes e panfletos no campus da Universidade e nas imediações.

4.2. Procedimentos preliminares

4.2.1. Histórico de saúde

Uma anamnese foi aplicada nos indivíduos sobre seus dados pessoais e histórico de saúde pessoal e de seus familiares. Responderam também sobre o uso de medicamentos, vitaminas e suplementos nutricionais. Os indivíduos foram excluídos quando tiveram diagnóstico de alguma doença e os que faziam uso de medicamentos, suplementos ou vitaminas de forma regular. Além disso, foi aplicado o questionário PAR-

Q e aqueles que responderam sim para alguma das perguntas foram removidos do estudo (68) por não terem assegurada a ausência de limitações para a prática de exercício.

4.2.2 Avaliação do nível de atividade física

O nível de atividade física foi avaliado através do questionário internacional de atividade física (IPAQ), versão curta (69). Os indivíduos classificados como muito ativos pelo IPAQ foram excluídos do estudo, ou seja, os que praticavam atividades física vigorosas ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão ou que praticavam atividades vigorosas ≥ 3 dias/sem e ≥ 20 minutos por sessão + moderada e/ou caminhada ≥ 5 dias/sem e ≥ 30 minutos por sessão.

4.2.3 Avaliação da pressão arterial

Para isso, foram realizadas duas visitas ao laboratório, nas quais a PA foi medida três vezes em cada braço depois de 5 minutos em repouso na posição sentada de acordo com o 7º Relatório do JNC e as 8ª diretrizes da Sociedade Brasileira de Hipertensão (29,32). Um esfigmomanômetro aneroide (Missouri, Mikato Ltda, São Paulo, Brasil) foi utilizado para a medida e as fases I e V dos sons de Korotkoff foram identificados como a PAS e PAD, respectivamente. A média dos valores obtidos no braço de maior PA foi considerada como o nível de PA de cada indivíduo. Foram excluídos do estudo, os indivíduos com valores de PAS ≥ 140 mmHg e/ou de PAD ≥ 90 mmHg. Diferenças superiores à 4 mmHg de média, no mesmo braço, entre as duas incorreram na realização de uma terceira visita. Para tal, foram realizadas duas visitas ao laboratório, nas quais a PA foi medida três vezes em cada braço depois de 5 minutos em repouso na posição sentada de acordo com o 7º Relatório do JNC e as 8ª diretrizes da Sociedade Brasileira de Hipertensão (29,32).

4.2.4 Avaliação do índice de massa corporal

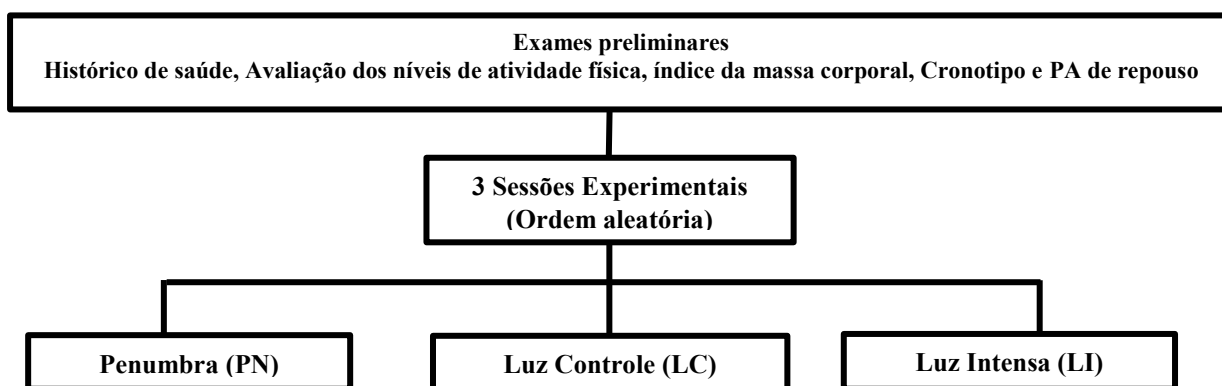
O cálculo do IMC foi realizado pelo quociente entre o peso (kg) e o quadrado da estatura (m²). Uma balança com régua antropométrica (Welmy, W200a Led, Brasil) foi usada para a medida do peso e da estatura dos indivíduos. Aqueles indivíduos com IMC ≥ 30 Kg/m² foram excluídos, ou seja, os considerados obesos (70).

4.2.5 Identificação do Cronotipo

O cronotipo foi avaliado através do questionário de Horne e Ostberg (71), o mesmo categoriza os indivíduos como matutinos, vespertinos ou intermediários. Participaram do estudo apenas os indivíduos que tinham escore entre > 30 e < 70 nesse questionário, ou seja, que não tinham cronotipo matutino nem vespertino extremo para evitar a influência da preferência por uma fase do dia nas respostas ao exercício conduzido sob diferentes níveis de luz.

4.3. Protocolo experimental

A figura 2 apresenta a sequência do protocolo experimental. Todos os indivíduos foram esclarecidos sobre o estudo e solicitados a assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Os que aceitaram participar e assinaram o termo, passaram pelas avaliações preliminares (avaliação clínica, níveis de atividade física, do IMC, do cronotipo e da PA) para a checagem dos critérios de participação do estudo. De acordo com os resultados dessas avaliações, seguiram para o protocolo experimental somente aqueles indivíduos que atenderam a esses critérios.

Figura 2. Protocolo Experimental

Todos os indivíduos incluídos foram submetidos à três sessões experimentais, realizadas em ordem aleatória, com intervalo mínimo de três dias entre elas. Para evitar interferência do ritmo circadiano sobre a resposta de PA, todas as sessões tiveram início às 13h. Além disso, os indivíduos chegaram ao laboratório em jejum de 3 horas e antes do início em todas as sessões, receberam uma alimentação padronizada, com 2 barras de cereal e 100 ml de água.

Para cada sessão, os indivíduos foram orientados a: comparecer ao laboratório com roupas adequadas à prática de exercício físico; não ingerir álcool nas 24 horas e cafeína nas 12 horas anteriores; e a evitar exercícios físicos nas 48 horas precedentes. Durante as sessões experimentais, a temperatura do laboratório foi mantida entre 20 e 22° C.

Desde o início de cada sessão experimental, a luz no laboratório estava ajustada para 450-500 lux, considerada uma luz controle (72) . Ao chegar ao laboratório, o indivíduo consumiu uma refeição padronizada, na sequência ele foi incentivado a esvaziar a bexiga, e quando voltar teve seu peso medido e se deitou na maca. Assim, 10 minutos após finalizar a alimentação padronizada, começamos o período de avaliação basal, sendo primeiro registrados os valores de FC e medida a PA em triplicata em posição supina aos 5 min, 25min e 45 min.

Ao final desse período, a luz à altura dos olhos do indivíduo foi ajustada de acordo com a sessão experimental sorteada, mantendo entre 450-500 lux na LC ou ajustando entre 4550-5000 lux na LI ou ≤ 8 lux na PN. Teve início então o período pré-exercício (Pré-ex), no qual os registros da FC e medidas de PA na posição supina foram realizados aos 25 min, 45 min desse período.

Ao término do período Pré-ex, os indivíduos foram encaminhados ao cicloergômetro para a realização do exercício, que teve duração de 40 minutos (5 min de aquecimento, 30 min de exercício e 5 min de recuperação ativa). Imediatamente após o período de exercício, os indivíduos retornaram à posição supina para o início do período pós-exercício. Nesse período, o registro da FC e a medida da PA na posição supina foram realizadas aos 45 min e 90 min. Logo após terminar o período pós-exercício de cada sessão, o indivíduo tiveram 15 minutos para tomar banho e, em seguida, um monitor ambulatorial de PA foi posicionado no braço não dominante para registro da PA de 24 horas.

Durante todas as sessões experimentais, a luz à altura dos olhos dos indivíduos foi medida a cada 15 min.

4.4. Medidas

4.4.1 PA Clínica

A PA foi avaliada através do método auscultatório no braço não dominante em posição supina, para isso utilizamos um esfigmomanômetro aneróide (Missouri, Mikato Ltda, São Paulo, Brasil), considerando-se as fases I e V dos sons de Korotkoff para identificar a PAS e a PAD, respectivamente. A PAM foi calculada através da equação $PAM = (PAS - PAD) / 3 + PAD$. O mesmo avaliador foi responsável por todas as medidas no estudo. Durante as sessões experimentais, a PA também foi avaliada simultaneamente

através do método oscilométrico automático no braço dominante (OMRON, Elite+ HEM-7320, Kioto, Japão).

4.4.2 Frequência Cardíaca

A medida da FC foi registrada no laboratório na posição supina em repouso e durante o período de exercício através de um cardiofrequencímetro (Polar, CRX800, Kempele, Finlândia). A FC foi medida também através do aparelho oscilométrico de medida da PA (OMRON, Elite+ HEM-7320, Kioto, Japão).

4.4.3 PA Ambulatorial

Para a medida da PA ambulatorial foi utilizado um monitor automático oscilométrico (Spacelabs 90207; Spacelabs, Inc., Redmond, WA), que foi programado para realizar medidas a cada 15 min por 24 h. Durante o período de monitorização, foi solicitado aos indivíduos que anotassem suas atividades bem como os horários de refeição e sono, que deveriam ser feitas seguindo os horários habituais após as 3 sessões experimentais. A calibração desse monitor foi regularmente checada pela comparação com um esfigmomanômetro aneróide (Missouri, Mikato Ltda, São Paulo, Brasil).

4.4.4. Médias horárias da PA ambulatorial

A análise das médias dos períodos representou o valor médio de 24 horas, vigília e sono. Os períodos de vigília e sono foram considerados de acordo com o relato dos indivíduos (73).

4.4.5 Carga pressórica

A carga pressórica foi determinada pelo percentual de leituras acima dos limites pré-determinados. Atualmente, este limite é de 140/90mmHg quando realizado esta medida no estado de vigília e de 120/80mmHg quando durante o sono (74).

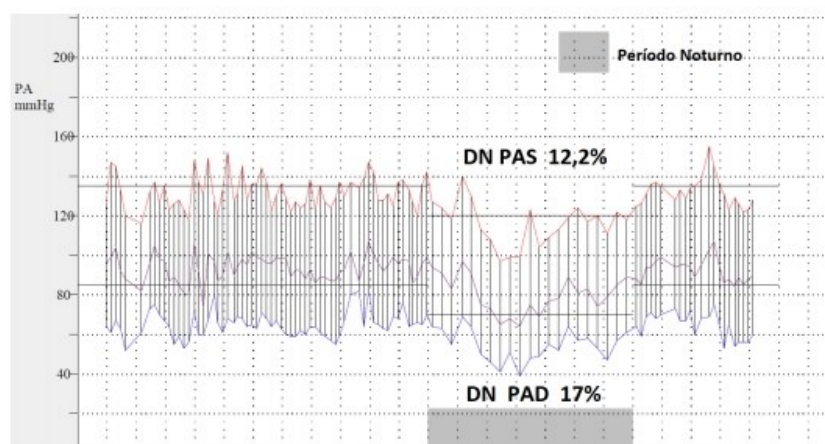
4.4.6 Elevação matinal da PA ou Morning surge

Elevação matinal da PA, *Morning surge* ou *Morning rise* é definido pela elevação fisiológica matinal da PA. Estes valores foram calculados através da diferença entre a PAS pela manhã (médias pressóricas das primeiras duas horas após acordar) e o menor valor de PAS durante o período do sono (i.e., média da PA mais baixa juntamente com o valor precedente e posterior à mesma) (75).

4.4.7. Descenso noturno

O descenso noturno foi definido pelo percentual de diminuição da PA durante o sono em relação aos valores médios do período de vigília. Os indivíduos que apresentavam valores entre 10 e 20% de redução em relação à vigília foram classificados como '*dippers*', já indivíduos que possuíam essa queda menor que 10% ou até mesmo uma elevação da PA durante o sono, são chamados de '*não-dippers*' e '*dippers*' reversos. Já uma queda da PA maior que 20% é classificado como '*dipper*' exacerbado (76).

Figura 3 - Descenso noturno considerado normal: Redução $\geq 10\%$ comparada aos valores médios do período de vigília;



Fonte: Adaptado de Pereira, Daniel Castanho. Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.Programa de Cardiologia; p.133; 2019. DN – descenso noturno; PAS – pressão arterial sistólica; PAD pressão arterial diastólica.

4.4.8 Análise dos parâmetros circadianos

O método cosinor foi aplicado para a análise dos parâmetros circadianos da PA ambulatorial. Para isso, foi checado se a série temporal apresentou ajuste significativo à curva coseno, utilizando-se os parâmetros dos mínimos quadrados. Caso seja rejeitada a hipótese nula (i.e. havendo amplitude e, dessa forma, ritmo), foram calculados três parâmetros ajustados da curva: Acrofase – horário do valor máximo da curva ajustada; MESOR - valores médios da curva ajustada; e Amplitude – distância entre o MESOR e o valor mínimo ou máximo da curva ajustada (77).

4.4.9 Medida da Luz

A luz foi medida através de um luxímetro portátil (Instrutemp, ITLD270, São Paulo), o qual foi posicionado na altura dos olhos dos indivíduos, como determinado pela Comissão Internacional de Iluminação (*International Commission of Illumination*).

4.5. Intervenções

4.5.1. Exercício Aeróbio

Os indivíduos realizaram o exercício aeróbico em cicloergômetro (Lode, Corival Cycle, Groningen, Holanda) nas três sessões experimentais. Para isso, após serem posicionados no cicloergômetro, realizaram 5 min de aquecimento em 30 watts, seguidos de 30 minutos de exercício em 50-60% da FC de reserva e finalizaram com 5 min de recuperação ativa em 30 watts. A FC como intensidade a ser mantida durante o exercício foi calculada pela fórmula de Karvonen (78), da seguinte forma: $FC_{reserva} = [(FC_{máxima} - FC_{repouso}) \times \text{intensidade} (\%) + FC_{repouso}]$, sendo que a $FC_{máxima}$ será considerada como pela fórmula $FC_{máxima} = 220 - \text{idade}$, e a $FC_{repouso}$ foi a obtida em outra ocasião com o indivíduo em repouso na posição deitada por pelo menos 5 minutos (78). O esforço percebido pelo indivíduo em cada sessão foi avaliado pela escala de percepção subjetiva de esforço de Borg aos 29 minutos de exercício. Para tal o indivíduo teve de indicar na escala que varia de 6 (Sem nenhum esforço) à 20 (Máximo esforço) (79).

4.5.2 Luz

Para atingir a luz desejada foram utilizadas luminárias customizadas, elas estavam à aproximadamente 1 metro dos indivíduos e tiveram altura e angulação reguláveis para projetar a luz desejada na altura dos olhos dos indivíduos. Foram utilizadas lâmpadas de

LED de luz policromática (Luz branca) fria de 5500 k (Iluminin, Paflon 30x30 48 watts Branco frio, São Paulo) que poderiam ser dimerizadas e produzir de 0 à 8000 lux. A luz foi ajustada de acordo com a sessão experimental.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Gráficos de box plot foram utilizados para a verificação de valores extremos e o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para checar se a distribuição dos dados foi normal. (SPSS, Illinois, USA). Os valores de PA e FC medidos em triplicata foram analisados pela média dos três valores.

A análise dos resultados foi separada em duas fases. Na fase 1, foi analisado o efeito da intensidade da luz de forma isolada. Para isso, foi empregada uma análise de variância (ANOVAs) de 2 fatores para medidas repetidas, sendo os fatores principais a sessão (LC, LI e PN) e o momento (basal e pré-exercício). Na fase 2, foi analisado o efeito da intensidade da luz na resposta pós-exercício. Para isso, foi realizada uma análise de variância (ANOVAs) de 2 fatores para medidas repetidas, sendo os fatores principais a sessão (LC, LI ou PN) e o momento (pré-exercício e pós-exercício). Ainda na fase 2, foi analisada a resposta ambulatorial pós-exercício. Para os dados ambulatoriais, foram aceitos apenas os registros com pelo menos 80% das medidas válidas (32). Os dados foram analisados pelas médias nos períodos de 24 h, vigília e sono. Os valores médios absolutos de cada período (24 h, vigília e sono), de descenso noturno, *Morning surge*, carga pressórica e os parâmetros circadianos foram comparados através de ANOVA de 1 fator para medidas repetidas, tendo como fator principal a sessão (LC, LI ou PN).

Quando necessário, o teste post-hoc de Newman Keuls foi empregado. A significância foi aceita quando alcançados valores de $P \leq 0,05$. Os dados foram apresentados em média \pm desvio padrão.

6. RESULTADOS

6.1 Casuística

Vinte e sete voluntários se apresentaram para participar do estudo, onde assinaram o termo de compromisso e iniciaram os procedimentos preliminares. Destes, 7 foram excluídos do estudo porque abandonaram o protocolo por motivos pessoais. Desta forma, 20 voluntários completaram todo o protocolo experimental e formaram a amostra do estudo. As características gerais, cardiovasculares e antropométricas destes voluntários estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Características gerais dos voluntários medidas nos exames preliminares.

Variáveis	Valores
N	20
Idade	27 ± 5
Cronotipo (pontos)	47 ± 10
Antropométricas	
Estatura (m)	1,77 ± 0,05
Peso (kg)	77,9 ± 13,5
IMC (kg/m ²)	24,7 ± 3,7
Hemodinâmicas	
PAS (mmHg)	116 ± 8
PAD (mmHg)	77 ± 6
PAM (mmHg)	90 ± 6
FC Repouso (bpm)	72 ± 13

Dados: média ± desvio padrão. IMC = Índice de Massa Corporal, PAS = Pressão Arterial Sistólica, PAD = Pressão Arterial Diastólicas, PAM = Pressão Arterial Média, FC Repouso = Frequência Cardíaca de Repouso.

6.2. Respostas cardiovasculares e de esforço durante o exercício

A FC, PA, carga de trabalho e PSE medidos durante o exercício nas sessões experimentais estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Respostas cardiovasculares e de esforço durante o exercício nas três sessões experimentais: LC (Luz controle, 500 lux), LI (Luz intensa, 5000 lux) e PN (Penumbra, <8lux)

		Pré-ex.	Exercício	P_s	P_t	$P_{s \times t}$
FC (bpm)	LC	61 ± 8	125 ± 7*	0,66	0,00	0,38
	LI	62 ± 10	127 ± 8*			
	PN	61 ± 8	127 ± 7*			
PAS (mmHg)	LC	116 ± 17	153 ± 17*	0,94	0,00	0,18
	LI	119 ± 9	151 ± 14*			
	PN	118 ± 8	152 ± 12*			
PAD (mmHg)	LC	74 ± 8	71 ± 8*	0,43	0,01	0,32
	LI	74 ± 8	70 ± 8*			
	PN	74 ± 7	70 ± 7*			
Carga (Watts)	LC	--	103 ± 20	0,90	--	--
	LI	--	104 ± 21			
	PN	--	104 ± 23			
PSE (escore)	LC	--	14 ± 2	0,08	--	--
	LI	--	15 ± 2			
	PN	--	14 ± 2			

Frequência cardíaca (FC); pressão arterial sistólica (PAS); diastólica (PAD); média (PAM); percepção subjetiva de esforço (PSE). Dados: Média ± desvio padrão. $P \leq 0,05$; *Diferente do Pré-exercício (Pré-ex.); P_s - Interação Sessão. P_t - Interação Tempo. $P_{s \times t}$ - Interação Sessão x Tempo.

Durante o exercício, não houve diferença na carga de trabalho nem na percepção de esforço sob as três intensidades de luz. O aumento observado na FC e PAS, bem como a redução na PAD ocorreram de forma similar durante o exercício nas três condições experimentais.

6.3. Efeito da Intensidade da Luz sobre a pressão arterial e a frequência cardíaca pós-exercício

Os valores de PAS medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico comparando o período basal ao período pré-exercício nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 3.

TABELA 3. Influência da intensidade da luz sobre a pressão arterial sistólica (PAS, mmHg) obtidos através dos métodos auscultatório e oscilométrico durante as três sessões experimentais.

		Basal	Pré-ex	p sessão	p momento	p s x m
Auscultatória	LC	118 ± 9	118 ± 10	0,269	0,717	0,963
	LI	119 ± 7	119 ± 9			
	PN	117 ± 9	118 ± 8			
Oscilométrica	LC	121 ± 12	121 ± 14	0,492	0,939	0,853
	LI	122 ± 10	121 ± 11			
	PN	120 ± 11	120 ± 10			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra.

Não houve diferença entre os valores basais de PAS nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da PAS nessas sessões, a ANOVA de 2 fatores não identificou efeito principal ou interação significativa. Assim, a PAS não se modificou de acordo com a intensidade da luz entre o momento basal e o pré-exercício.

Os valores de PAD medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 4.

TABELA 4. Influência da intensidade da luz sobre a pressão arterial diastólica (PAD, mmHg) obtidos através dos métodos auscultatório e oscilométrico durante as três sessões experimentais.

		Basal	Pré-ex	p sessão	p momento	p s x m
Auscultatória	LC	72 ± 6	74 ± 6*	0,887	0,004	0,459
	LI	72 ± 6	74 ± 7*			
	PN	72 ± 6	73 ± 7*			
Oscilométrica	LC	66 ± 6	72 ± 6*	0,649	<0,001	0,643
	LI	66 ± 7	70 ± 7*			
	PN	66 ± 6	69 ± 6*			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. * significativamente diferente do valor basal da mesma sessão.

Não houve diferença entre os valores basais de PAD nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da PAD nessas sessões, a ANOVA de 2 fatores identificou efeito principal significativo na PAD avaliada por ambos os métodos. Assim, a PAD aumentou entre o momento basal e o pré-exercício de maneira semelhante entre as sessões.

Os valores de PAM medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 5.

TABELA 5. Influência da intensidade da luz sobre a pressão arterial média (PAM, mmHg) obtidos através dos métodos auscultatório e oscilométrico durante as três sessões experimentais.

		Basal	Pré-ex	p sessão	p momento	p s x m
Auscultatória	LC	87 ± 7	89 ± 8#	0,529	0,126	0,041
	LI	87 ± 5	89 ± 7#			
	PN	87 ± 7	88 ± 6			
Oscilométrica	LC	84 ± 6	88 ± 8#	0,229	0,211	0,027
	LI	85 ± 7	87 ± 7#			
	PN	84 ± 7	85 ± 6			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. # significativamente diferente da PN no mesmo momento (P <0,05).

Não houve diferença entre os valores basais de PAM nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da PAM nessas sessões, a ANOVA de 2 identificou interação significativa entre os fatores sessão e momento da PAM avaliada por ambos os métodos. Assim, a

PAM apresentou valores elevados no momento pré-exercício quando esteve sob a exposição de LC e LI em comparação à PN.

Os valores de FC medidos através do registro por cardiofrequencímetro e pelo aparelho oscilométrico de medida da PA nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 6.

TABELA 6. Influência da intensidade da luz sobre a frequência cardíaca (FC, bpm) obtidos através de registro por cardiofrequencímetro e pelo equipamento oscilométrico de medida da pressão arterial durante as três sessões experimentais.

		Basal	Pré-ex	p sessão	p momento	p s x m
Cardiofrequencímetro	LC	64 ± 8	61 ± 8*	0,546	0,002	0,456
	LI	65 ± 9	62 ± 10*			
	PN	64 ± 8	60 ± 8*			
Oscilométrica	LC	63 ± 7	61 ± 8*	0,632	0,004	0,378
	LI	65 ± 9	62 ± 10*			
	PN	64 ± 9	61 ± 8*			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. * significativamente diferente do valor basal da mesma sessão.

Não houve diferença entre os valores basais de FC nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, registrado por frequencímetro e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da FC nessas sessões, a ANOVA de 2 fatores identificou efeito principal significativo na FC avaliada por ambos os métodos. Assim, a FC reduziu entre o momento basal e o pré-exercício de maneira semelhante entre as sessões.

6.4. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da pressão arterial e frequência cardíaca

Os valores de PAS medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico analisando o efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 7.

TABELA 7. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da pressão arterial sistólica (PAS, mmHg) obtidos pré-exercício, após 45 e após 90 minutos do exercício nas três sessões experimentais.

		Pré-ex	Pós 45	Pós 90	p sessão	p momento	p s x m
Auscultatória	LC	118 ± 10	115 ± 9*	115 ± 13	0,201	0,007	0,553
	LI	119 ± 9	116 ± 10*	119 ± 10			
	PN	118 ± 8	114 ± 8*	116 ± 8			
Oscilométrico	LC	121 ± 14	118 ± 13*	120 ± 12	0,870	<0,001	0,597
	LI	121 ± 11	118 ± 11*	122 ± 11			
	PN	120 ± 10	117 ± 11*	121 ± 11			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. * significativamente diferente do valor pré-exercício da mesma sessão.

Não houve diferença entre os valores pré-exercício de PAS nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da PAS pós-exercício, a ANOVA de 2 identificou efeito principal no fator momento por ambos os métodos. Assim, a PAS apresentou diminuição aos 45 minutos pós-exercício em relação aos valores pré-exercício de maneira similar entre as sessões.

Os valores de PAD medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico analisando o efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 8.

TABELA 8. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da PAD (mmHg) obtidos pré exercício, após 45 e após 90 minutos do exercício nas três sessões experimentais.

		Pré-ex	Pós 45	Pós 90	p sessão	p momento	p s x m
Auscultatória	LC	74 ± 6	73 ± 7	75 ± 7*	0,441	<0,001	0,004
	LI	74 ± 7	73 ± 9	76 ± 9*#			
	PN	73 ± 7	72 ± 7	73 ± 7			
Oscilométrica	LC	72 ± 6	69 ± 5	73 ± 6	0,325	0,005	0,051
	LI	70 ± 7	69 ± 5	74 ± 7*#			
	PN	69 ± 6	69 ± 6	71 ± 6			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. * significativamente diferente do valor pré-exercício da mesma sessão; # significativamente diferente da PN no mesmo momento (P <0,05).

Não houve diferença entre os valores pré-exercício de PAD nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da PAD pós-exercício, a ANOVA de 2 identificou interação significativa entre os fatores sessão e momento da PAD avaliada por ambos os métodos. Assim, a PAD apresentou aumento nas sessões LC e LI quando avaliada pelo método auscultatório e no método LI avaliada pelo método oscilométrico, mas em ambas as técnicas esses aumentos foram significativamente diferentes da PN aos 90 minutos pós-exercícios.

Os valores de PAM medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico analisando o efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 9.

TABELA 9. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da PAM (mmHg) obtidos pré exercício, após 45 e após 90 minutos do exercício nas três sessões experimentais.

		Pré-ex	Pós 45	Pós 90	p sessão	p momento	p s x m
Auscultatória	LC	89 ± 8	87 ± 7*	88 ± 9	0,306	<0,001	0,574
	LI	89 ± 7	87 ± 8*	90 ± 8			
	PN	88 ± 6	86 ± 7*	88 ± 7			
Oscilométrica	LC	88 ± 8	86 ± 7*	89 ± 7	0,644	<,001	0,381
	LI	87 ± 7	85 ± 7*	90 ± 7			
	PN	85 ± 6	85 ± 6*	89 ± 6			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. * significativamente diferente do valor pré-exercício da mesma sessão.

Não houve diferença entre os valores pré-exercício de PAM nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da PAM pós-exercício, a ANOVA de 2 identificou efeito principal no fator momento da PAM avaliada por ambos os métodos. Assim, a PAM

apresentou redução dos seus valores aos 40 minutos pós-exercício em relação aos valores pré-exercício de maneira similar entre as sessões.

Os valores de FC medidos pelos métodos auscultatório e oscilométrico analisando o efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício nas três sessões experimentais estão apresentados na TABELA 10.

TABELA 10. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta pós-exercício da FC (bpm) obtidos pré exercício, após 45 e após 90 minutos do término do exercício nas três sessões experimental.

		Pré-ex	Pós 45	Pós 90	p sessão	p momento	p s x m
Cardiofrecu- cimetrometro	LC	61 ± 8	65 ± 9*	62 ± 8	0,487	0,005	0,231
	LI	62 ± 10	66 ± 11*	63 ± 10			
	PN	60 ± 8	65 ± 10*	63 ± 8			
Oscilométrica	LC	61 ± 8	65 ± 9*	61 ± 9	0,598	0,004	0,264
	LI	62 ± 10	65 ± 11*	63 ± 11			
	PN	61 ± 8	64 ± 11*	62 ± 9			

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra. * significativamente diferente do valor pré-exercício da mesma sessão.

Não houve diferença entre os valores pré-exercício de FC nas 3 sessões experimentais avaliados por ambos os métodos, auscultatório e oscilométrico. Quanto à análise do comportamento da FC pós-exercício, a ANOVA de 2 identificou efeito principal no fator momento da FC avaliada por ambos os métodos. Assim, a FC apresentou aumento dos seus valores aos 40 minutos pós-exercício em relação aos valores pré-exercício de maneira similar entre as sessões

6.5. Efeito da intensidade da luz sobre a resposta ambulatorial da pressão arterial e frequência cardíaca

A análise da resposta ambulatorial da pressão arterial e frequência cardíaca contou com 15 indivíduos. Dos 5 que não completaram o uso do monitor ambulatorial após as 3

sessões experimentais, em 3 casos houve um registro abaixo dos 80% de sucesso como recomendado para a análise dos dados e 2 indivíduos se recusaram a utilizar o equipamento.

6.5.1 Valores médios de 24 horas, vigília e sono

Os valores médios da PAS, PAD, PAM e FC de 24 horas, de vigília e sono estão apresentados abaixo na tabela 11.

TABELA 11. Média dos valores de pressão arterial sistólica (PAS), diastólica (PAD), média (PAM) e frequência cardíaca (FC) de 24 horas, vigília e sono após as três sessões experimentais.

	LC	LI	PN	Valor P
PAS (mmHg)				
24 horas	121 ± 9	121 ± 9	121 ± 9	0,986
Vigília	126 ± 10	126 ± 10	126 ± 10	0,891
Sono	110 ± 8	111 ± 8	111 ± 9	0,735
PAD (mmHg)				
24h	70 ± 5	70 ± 4	71 ± 5	0,872
Vigília	74 ± 6	75 ± 4	75 ± 5	0,772
Sono	60 ± 6	60 ± 6	61 ± 5	0,767
PAM (mmHg)				
24h	87 ± 6	87 ± 5	87 ± 5	0,957
Vigília	91 ± 6	91 ± 5	91 ± 5	0,849
Sono	77 ± 6	77 ± 5	77 ± 5	0,916
FC (bpm)				
24h	72 ± 8	71 ± 8	71 ± 7	0,408
Vigília	76 ± 5	75 ± 6	75 ± 6	0,663
Sono	62 ± 8	61 ± 8	62 ± 7	0,699

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra.

Após a análise dos valores médios de PAS, PAD, PAM e FC de 24 horas, vigília e sono pós-exercício, a ANOVA de 1 fator não identificou diferença significativa entre as três sessões experimentais em nenhum dos períodos e para nenhuma das variáveis analisadas.

6.5.2 Valores de carga pressórica de 24 horas, vigília e sono.

Os valores de carga pressórica de PAS e PAD de 24 horas, de vigília e sono estão apresentados abaixo na tabela 12.

TABELA 12. Valores de carga pressórica de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) de 24 horas, vigília e sono após as três sessões experimentais.

	LC	LI	PN	Valor P
PAS (mmHg)				
24h	27 ± 21	27 ± 22	26 ± 21	0,942
Vigília	23 ± 26	24 ± 26	22 ± 26	0,943
Sono	21 ± 25	23 ± 27	16 ± 21	0,231
PAD (mmHg)				
24h	20 ± 16	22 ± 14	22 ± 17	0,525
Vigília	13 ± 15	16 ± 14	14 ± 16	0,719
Sono	19 ± 22	17 ± 17	17 ± 19	0,841

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra.

Após a análise dos valores de carga pressórica de PAS e PAD de 24 horas, vigília e sono pós-exercício, a ANOVA de 1 fator não identificou diferença significativa entre as três sessões experimentais em nenhum dos períodos analisados.

6.5.3 Valores de descenso noturno e elevação matinal.

Os valores de descenso noturno e elevação matinal de PAS e PAD estão apresentados abaixo na tabela 13.

TABELA 13. Valores de descenso noturno e de elevação matinal de pressão arterial sistólica (PAS) e diastólica (PAD) após as três sessões experimentais.

	LC	LI	PN	Valor P
Descenso noturno				
PAS (mmHg)	13 ± 5	12 ± 4	12 ± 4	0,794
PAD (mmHg)	19 ± 8	20 ± 6	18 ± 7	0,615
Elevação matinal				
PAS (mmHg)	23 ± 9	23 ± 12	24 ± 10	0,851
PAD (mmHg)	19 ± 8	20 ± 8	21 ± 8	0,815

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra.

Após a análise dos valores de descenso noturno e elevação matinal da PAS e PAD, a ANOVA de 1 fator não identificou diferença significativa entre as três sessões experimentais em nenhum dos períodos e para nenhuma das variáveis analisadas.

6.5.4 Análise dos parâmetros circadianos ambulatoriais

Para a análise dos parâmetros circadianos, somente os dados de PAS e FC estão apresentados uma vez que os valores de PAD e PAM não foram modelados adequadamente pela curva cosena na análise de cosinor, o que impossibilitou a análise dos parâmetros circadianos dessas variáveis.

Os valores de MESOR, amplitude, acrofase e força% do ritmo de PAS e FC estão apresentados abaixo na tabela 14.

TABELA 14. Valores de MESOR, amplitude, acrofase e força% do ritmo de pressão arterial sistólica (PAS) e frequência cardíaca (FC) após as três sessões experimentais.

	LC	LI	PN	Valor P
MESOR				
PAS (mmHg)	121 ± 10	122 ± 11	121 ± 10	0,08
FC (bpm)	70 ± 9	69 ± 9	70 ± 9	0,989
Amplitude				
PAS (mmHg)	12 ± 6	12 ± 6	11 ± 4	0,774
FC (bpm)	10 ± 5	10 ± 4	9 ± 3	0,465
Acrofase				
PAS (h:m)	11:13 ± 3:22#	7:43 ± 4:55#	16:18 ± 1:05	0,016
FC (h:m)	11:44 ± 8:48	12:00 ± 8:04	14:20 ± 7:46	0,822
Força				
PAS (%)	57 ± 23	53 ± 31	53 ± 18	0,777
FC (%)	51 ± 19	50 ± 18	48 ± 18	0,823

Dados: média ± desvio padrão. LC = Luz Controle. LI = Luz Intensa. PN = Penumbra.

Após a análise dos valores de MESOR, amplitude, acrofase e força% do ritmo da PAS e FC, a ANOVA de 1 fator identificou diferença significativa para a acrofase da PAS com avanço de 5 e 9 horas nas sessões LC e LI em relação à PN, respectivamente. No mais, nenhum outro parâmetro circadiano da PAS ou da FC apresentou diferença entre as três sessões experimentais.

7. DISCUSSÃO

Os principais resultados observados no presente estudo foram:

- a) a PN manteve a PAM reduzida em relação à LC e LI na fase 1 do experimento, antes do exercício;
- b) Houve redução da PAS e PAM aos 45 min pós-exercício em relação aos valores pré-exercício em todas as sessões experimentais;
- c) a PN prolongou a redução da PAD avaliada no laboratório em relação às sessões LC e LI;
- d) a LI e LC apresentaram acrofase da PAS 5 e 9 horas avançada em relação à PN, respectivamente.

7.1. Efeito da intensidade da luz sobre a pressão arterial e a frequência cardíaca

Estudos prévios demonstraram que a exposição à luz intensa pode levar ao aumento da FC em ~7 bpm (64) e da PAS em ~13 mmHg (19). Tais achados foram atribuídos principalmente à elevação da atividade nervosa simpática, o que já foi encontrado através da medida direta por microneurografia do nervo fibular (64) e também por meio da modulação simpática para o coração (65). Esse desfecho ocorre através da via não-formadora de imagem, na qual a luz estimula as melanopsinas, que são fotopigmentos específicos encontrados nas células ganglionares da retina e percebem a claridade devido a sua característica fotossensível (19). As mesmas enviam aferências ao NSQ que por projeções multisinápticas estimulam o núcleo trato solitário (22). área do controle autonômico cardiovascular.

Entretanto, nenhuma diferença foi observada no presente estudo nesta primeira fase investigando somente o efeito da luz sobre as respostas cardiovasculares. O não aumento da PA e FC no presente estudo poderia ser atribuído ao horário do dia em que foram realizadas as coletas, sendo que estudos anteriores que realizaram a estimulação

com luz intensa pela manhã não encontraram aumento da PA (64). No presente estudo, a coleta de dados sempre teve início às 13h, o que poderia ter atenuado um possível aumento da PA e FC. De fato, as melanopsinas apresentam ritmicidade circadiana, com menor sensibilidade quando os olhos são expostos à luz intensa nas no final da manhã início da tarde (80). Sendo que dependendo do horário em que o estímulo é aplicado pode resultar em atraso ou avanço da fase circadiana definida pelo início da produção noturna de melatonina (81). O planejamento inicial do estudo previa o início das coletas de dados para às 17 horas, contudo a pandemia do COVID-19 nos obrigou a mudar nosso planejamento da coleta de dados.

Diversos estudos na literatura têm indicado que a exposição à luz intensa na fase escura do dia tem impacto negativo sobre diversos marcadores metabólicos enquanto o mesmo não é observado quando o estímulo da luz ocorre pela manhã. De forma aguda, a luz intensa à noite promoveu redução no metabolismo basal e como esperado suprimiu a produção de melatonina (82). O mesmo é observado para desfechos relacionados com o sono, como a própria qualidade do sono referida pelo indivíduo ou a latência do sono (i.e., período entre se deitar na cama e exatamente começar a dormir). Até a nossa última revisão de literatura não encontramos um estudo original que comparou o efeito da intensidade da luz em diferentes fases do dia sobre a PA e FC. Porém, de acordo com os dados sobre metabolismo e a qualidade do sono dos estudos anteriores, é possível sugerir que a ausência de aumento da PA e FC na fase 1 do presente estudo se deu por conta da luz intensa aplicada na fase clara do dia ao invés da fase escura, como previamente programado.

Adicionalmente, é possível que a duração do estímulo da luz também seja importante para o horário do dia em que os indivíduos foram avaliados no presente estudo. Isso porque a LI manteve valores elevados de PA somente no período pós-exercício, após

mais de 2 h e 30 min de estímulo. De fato, estudo prévio conduzido em população semelhante de adultos jovens saudáveis encontrou que exposição prolongada à luz intensa (~4 h) versus curta (~20 min) acarretou maior atraso e produção atenuada de melatonina (81,83). A melatonina que é o marcador mais consistente da fase circadiana (81) e conhecidamente possui efeitos hipotensores e bradicárdicos (81,83).

O que já não pode ser dito a respeito da intensidade de lux utilizados no presente estudo. Uma vez que estudos prévios como de Saito e colaboradores e Yokoi aplicaram a mesma intensidade de lux (5000 lux) (64,65). Além disso, estudos prévios com intensidade de lux menores do que no estudo em questão também observaram elevação de PA (65). Dessa forma, descartando a possibilidade de que a intensidade de lux teria sido insuficiente para promover o efeito do presente estudo.

7.2. Resposta da pressão arterial e frequência cardíaca pós-exercício: Efeito da intensidade da luz

A relevância clínica do efeito hipotensor do exercício aeróbico está bem determinado na literatura devido a magnitude e duração da HPE (6). Entretanto, existe uma variação entre os estudos, a qual está apresentada entre 1 à 11 mmHg para PAS e de 1 a 8 mmHg para PAD na última metanálise sobre o tema (3). Tal variação está relacionada a diversos fatores de influência já identificados na literatura, como por exemplo valores iniciais de PA, níveis de VO_2 máximo (45), duração e intensidade do exercício (8,11), massa muscular envolvida o exercício (8,11), fase do dia em que o exercício é realizado (14) entre outros (84).

Apesar de ser investigado há muito tempo, até o momento nenhum estudo havia investigado o efeito da intensidade da luz no ambiente sobre a HPE, isso mesmo com

estudo anteriores demonstrando que a luz intensa pode promover aumento da PA (19). O mesmo pode ser dito sobre a resposta de FC pós-exercício, uma vez que esse é o primeiro que investigou a influência da intensidade da luz no ambiente sobre esse fenômeno. No que diz respeito aos resultados principais, como esperado a PAS e PAM apresentaram redução (-4 e -3 mmHg) aos 45 minutos pós-exercício em comparação aos valores avaliados pré-exercício e retornou a valores similares a este momento aos 90 minutos pós-exercício (Tabelas 6 e 8). De fato, uma revisão recente do nosso grupo sobre o tema identificou que a maior magnitude da HPE ocorre por volta dos 40 minutos pós-exercício.

A interação entre intensidade da luz e resposta da PA pós-exercício foi observada somente na PAD. De fato, a LI e a LI promoveram o aumento da PAD aos 90 minutos pós-exercício, o que não ocorreu na condição quando os indivíduos foram expostos à condição PN. Embora a ausência de redução da PAD já tenha sido relatada na literatura em estudos que investigaram população similar e também realizou as medidas na posição supina (40,85) o aumento dos valores de PAD não é comum após o exercício, principalmente na posição supina. Esse desfecho pode ser explicado devido ao estímulo causado pela luz à via não formadora de imagem através das melanopsinas presente na retina dos olhos dos indivíduos, e que via trato retino-hipotalâmico, aumentou o nível de atividade nos NSQ (21). Nessa região, o aumento no número de disparos de neurônios pré-simpáticos ao núcleo trato solitário fizeram com que o bulbo ventro-lateral rostral parasse de inibir o bulbo ventrolateral caudal e assim causando aumento na atividade nervosa simpática periférica, como já foi observado previamente, porém em uma situação de repouso em que não houve exercício (64). Vale destacar que o mesmo efeito da intensidade da luz não foi observado sobre a FC. Desse modo, é possível sugerir o efeito da luz sobre o controle autonômico cardiovascular possa também acarretar efeitos sobre o sistema barorreflexo, uma vez que diferentes efeitos foram observados sobre a FC e PA,

principalmente sobre a PAD que possui uma relação mais próxima com a resistência vascular periférica, determinante hemodinâmico diretamente controlado pela atividade nervosa simpática periférica.

No que diz respeito à FC, como esperado, houve um aumento em relação aos valores obtidos em repouso antes da sessão de exercício aeróbico. Valores elevados de FC pós-exercício em relação aos valores pré-exercício têm sido reportado tanto em indivíduos saudáveis (86), quanto em indivíduos que já apresentam algum desbalanço autonômico cardiovascular, como pessoas com pré-hipertensão (14). O aumento da FC é normalmente acompanhado pela elevação do balanço simpatovagal cardíaco, resultado do aumento da modulação simpática e/ou diminuição da modulação parassimpática para o coração (14). Ao contrário do que foi hipotetizado, a FC não foi influenciada pela intensidade da luz durante o período pós-exercício. Dessa forma, é possível sugerir que no presente estudo a intensidade da luz não alterou o balanço simpatovagal pós-exercício. Entretanto, a modulação autonômica cardíaca não foi avaliada neste estudo.

7.3. Resposta ambulatorial da pressão arterial e frequência cardíaca pós-exercício: Efeito da intensidade da luz

Além da magnitude de redução da PA pós-exercício, a duração desse fenômeno é o outro pilar que atribui relevância clínica à HPE (5). De fato, estudos prévios demonstraram que uma sessão de exercício aeróbico é capaz de manter níveis de PA inferiores aos valores obtidos pré-exercício por até 16 horas (36), e também níveis médios de PA de 24 h inferiores quando comparados à uma sessão controle em que não foi realizado o exercício (87). De acordo com os dados do presente estudo, a intensidade da luz não parece contribuir nem para atenuar nem para potencializar a redução da PA ambulatorial. Além disso, não houve influência da intensidade da luz sobre nenhum outro

parâmetro ambulatorial, como carga pressórica, descenso noturno ou elevação matinal. Entretanto, no que diz respeito aos parâmetros circadianos, a LI e a LC apresentaram acrofase avançada no padrão circadiano da PAS em relação à PN.

Surpreendentemente, estudo prévio que investigou o efeito da luz intensa isolada (3000 lux) ou associada à uma sessão de 3 h de exercício (65-75% da FC reserva) aeróbico realizados entre 23:00 e 2:00 não haviam observado diferença no ritmo circadiano de melatonina e temperatura (88), ambos conhecidos como principais marcadores fisiológicos de fase circadiana (81). Já em estudo mais recente observou efeito adicional em causar atraso no ritmo das variáveis mencionadas quando utilizou luz intensa (5000 lux) expondo os participantes por 70 minutos ao final da noite entre 22:10 e 23:40 h e realizou exercício aeróbico somente na manhã seguinte por 90 minutos intervalados sendo 20 minutos à 65-75% FC reserva e 5 minutos à 30-40% FC reserva (88). As diferenças entre o presente estudo e dados mencionados anteriormente pode se dever ao momento em que tanto a luz quanto o exercício foram realizados. De fato, estudos voltados para o uso da luz intensa para tratamento de distúrbios cognitivos como a doença de Alzheimer que expuseram os indivíduos à luz pela manhã ou início da tarde encontraram avanço do ritmo circadiano na temperatura ou melatonina (89). Embora o presente estudo não avaliou a fase circadiana através da melatonina ou temperatura, associações entre o ritmo circadiano da PA e da melatonina já foi observado em animais (90). Além disso, o momento de acrofase do hormônio e de valores mínimos da temperatura coincidem com os valores mais baixos de PA atingidos durante o sono e humanos (91). Isso sugere que o exercício aeróbico associado à LI e LC no presente estudo poderia ter promovido avanço na fase circadiana dos indivíduos, o que precisa ser confirmado por um novo estudo no futuro.

7.4. Limitações

O presente estudo apresenta pontos fortes e também algumas limitações. Como principal ponto forte, destaca-se a medida de PA realizada tanto pelo método auscultatório quanto pelo método oscilométrico nas respostas pós-exercício avaliadas no laboratório e com resultados apontando no mesmo sentido. Outro aspecto que merece destaque é a intensidade do exercício utilizado no estudo. Não houve diferença entre as sessões experimentais no que diz respeito a carga de trabalho (Watts), FC e PSE, garantindo assim que os resultados observados não foram influenciados pela intensidade do exercício. Entretanto, não é possível garantir que estudos realizados com intensidades diferentes encontrariam os mesmos resultados. Como limitações, é importante ressaltarmos o cuidado necessário para a generalização dos resultados de acordo com a população estudada. O presente estudo foi conduzido em homens adultos jovens, saudáveis e recreacionalmente ativos. De modo que os resultados não deveriam ser extrapolados para mulheres, indivíduos em outras faixas etárias, nível de condicionamento físico e condições de saúde. Quanto aos aspectos do protocolo experimental, um ponto importante é o horário no qual o experimento foi conduzido. Todas as sessões experimentais tiveram início às 13 hs e todos os aparelhos de monitorização ambulatorial da PA foram colocados às 18 hs. Desse modo, principalmente para os parâmetros circadianos avaliados, é necessário que novos estudos no futuro investiguem o efeito da intensidade da luz em outras fases do dia sobre as respostas de PA e FC pós-exercício.

8. CONCLUSÃO

Em homens adultos jovens e recreacionalmente ativos, a exposição à luz intensa promove aumento na PAM. Uma sessão de exercício aeróbico promove diminuição dos valores de PAS e PAM e aumento da FC aos 45 minutos pós-exercício em comparação aos valores pré-exercício de forma semelhante nas três sessões experimentais. Por fim, a luz intensa e luz controle aumentam a PAD pós-exercício avaliada no laboratório e promovem um avanço na acrofase da PAS ambulatorial em comparação à penumbra.

9. REFERÊNCIAS

1. Riebe D. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. Wolters Kluwer. 2019;1-4963–390.
2. Sosner P, Guiraud T, Gremeaux V, Arvisais D, Herpin D, Bosquet L. The ambulatory hypotensive effect of aerobic training: a reappraisal through a meta-analysis of selected moderators. *Scand J Med Sci Sport*. 2017;27(3):327–41.
3. Carpio-Rivera E, Moncada-Jiménez J, Salazar-Rojas W, Solera-Herrera A. Acute effects of exercise on blood pressure: A meta-analytic investigation. *Arq Bras Cardiol*. 2016;106(5):422–33.
4. Cardoso CG, Gomides RS, Queiroz ACC, Pinto LG, Lobo F da S, Tinucci T, et al. Acute and chronic effects of aerobic and resistance exercise on ambulatory blood pressure. *Clinics*. 2010;65(3):317–25.
5. Kenney MJ, Seals DR. Postexercise hypotension. Key features, mechanisms, and clinical significance MJ Kenney and DR Seals *Hypertension* 1993, 22:653-664. *Hypertension*. 1993;653–64.
6. Pescatello LS, Franklin BA, Fagard R, Farquhar WB, Kelley GA, Ray CA; American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and hypertension. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(3):533-53. doi: 10.1249/01.mss.0000115224.88514.3a. PMID: 15076798.
7. MacDonald JR, MacDougall JD, Hogben CD. The effects of exercising muscle mass on post exercise hypotension. *J Hum Hypertens*. 2000;14(5):317-20. doi: 10.1038/sj.jhh.1000999. PMID: 10822318
8. Forjaz CL, Cardoso CG Jr, Rezk CC, Santaella DF, Tinucci T. Postexercise hypotension and hemodynamics: the role of exercise intensity. *J Sports Med Phys Fitness*. 2004;44(1):54-62. PMID: 15181391.
9. MacDonald J, MacDougall J, Hogben C. The effects of exercise intensity on post exercise hypotension. *J Hum Hypertens*. 1999;13(8):527-31. doi: 10.1038/sj.jhh.1000866. PMID: 10455474.
10. Forjaz CL, Santaella DF, Rezende LO, Barretto ACP, Negrão CE. A Duração do Exercício Determina a Magnitude e a Duração da Hipotensão Pós-Exercício. *Arq Bras Cardiol*. 1998;70(2):99–104.
11. MacDonald JR, MacDougall JD, Hogben CD. The effects of exercise duration on post-exercise hypotension. *J Hum Hypertens*. 2000;14(2):125-9. doi: 10.1038/sj.jhh.1000953. PMID: 10723119.
12. Brito LC, Azevêdo L, Peçanha T, Fecchio RY, Rezende RA, et al. Effects of ACEi and ARB on post-exercise hypotension induced by exercises conducted at different times of day in hypertensive men. *Clin Exp Hypertens*. 2020; 16;42(8):722-727. doi: 10.1080/10641963.2020.1783546. Epub 2020 Jun 26. PMID: 32589058.
13. Brito LC, Rezende RA, Mendes C, Silva ND, Tinucci T, Cipolla-Neto J, et al. Separate aftereffects of morning and evening exercise on ambulatory blood pressure in prehypertensive men. *J Sports Med Phys Fitness*. 2018;58(1–2):157–63.

14. de Brito LC, Rezende RA, da Silva Junior ND, Tinucci T, Casarini DE, Cipolla-Neto J, Forjaz CL. Post-Exercise Hypotension and Its Mechanisms Differ after Morning and Evening Exercise: A Randomized Crossover Study. *PLoS One*. 2015;v.10(n.013):p.245-58.
15. Jones H, Pritchard C, George K, Edwards B, Atkinson G. The acute post-exercise response of blood pressure varies with time of day. *Eur J Appl Physiol*. 2008; v.104(n.4):p.481-9.
16. Jones H, George K, Edwards B, Atkinson G. Effects of time of day on post-exercise blood pressure: circadian or sleep-related influences? *Chronobiol Int*. 2008. v.25(n.7):p.987-98.
17. Park S, Jastremski CA, Wallace JP. Time of day for exercise on blood pressure reduction in dipping and nondipping hypertension. *J Hum Hypertens*. 2005;19(8):597–605.
18. Qian J, Scheer FA, Hu K, Shea SA. The circadian system modulates the rate of recovery of systolic blood pressure after exercise in humans. *Sleep*. 2020; 43(4): zsz253.
19. Chellappa SL, Lasauskaite R, Cajochen C. In a heartbeat: Light and cardiovascular physiology. *Front Neurol*. 2017;8(OCT):1–7.
20. Viola AU, Gabel V, Chellappa SL, Schmidt C, Hommes V, Tobaldini E, et al. Dawn simulation light: A potential cardiac events protector. *Sleep Med*; 2015;16(4):457–61.
21. Gooley JJ, Lu J, Chou TC, Scammell TE, Saper CB. Melanopsin in cells of origin of the retinohypothalamic tract. *Nat Neurosci*. 2001;4(12):1165.
22. Kalsbeek A, Palm IF, La Fleur SE, Scheer FAJL, Perreau-Lenz S, Ruiters M, et al. SCN outputs and the hypothalamic balance of life. *J Biol Rhythms*. 2006;21(6):458–69.
23. Scheer FAJL, Ter Horst GJ, Van Der Vliet J, Buijs RM. Physiological and anatomic evidence for regulation of the heart by suprachiasmatic nucleus in rats. *Am J Physiol - Hear Circ Physiol*. 2001;280(3 49-3):1391–9.
24. Buijs RM, Wortel J, Van Heerikhuizen JJ, Kalsbeek A. Novel environment induced inhibition of corticosterone secretion: physiological evidence for a suprachiasmatic nucleus mediated neuronal hypothalamo-adrenal cortex pathway. *Brain Res*. 1997;(1-2):229-36.
25. Anea CB, Zhang M, Stepp DW, Simkins GB, Reed G, Fulton DJ, et al. Vascular disease in mice with a dysfunctional circadian clock. *Circulation*. 2009;119(11):1510–7.
26. Kitajima T, Kanbayashi T, Saitoh Y, Ogawa Y, Sugiyama T, et al. The effects of oral melatonin on the autonomic function in healthy subjects. *Psychiatry Clin Neurosci*. 2001;(3):299-300.
27. Minors DS, Waterhouse JM, Wirz-Justice A. A human phase-response curve to light. *Neurosci Lett*. 1991; 133(1), 36–40.
28. Smolensky MH, Hermida RC, Castriotta RJ, Portaluppi F. Role of sleep-wake

- cycle on blood pressure circadian rhythms and hypertension. *Sleep Med.* 2007;8(6):668–80.
29. Chobanian A, Bakris G, Black H, Cushman W, Green LA, Izzo JL, et al. Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure. *Hypertension.* 2003;42(6):1206–52.
 30. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2013;2(1).
 31. Pelliccia A, Sharma S, Gati S, Bäck M, Börjesson M, et al. Guidelines on sports cardiology and exercise in patients with cardiovascular disease. *Eur Hear J.* 2021; 42(1), 17–96.
 32. Barroso WKS, Rodrigues CIS, Bortolotto LA, Mota-Gomes MA, Brandão AA, Feitosa ADM, Machado CA et al. Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial. 2020;116(3):516–658.
 33. Kenney MJ, Seals DR. Brief Review Postexercise Hypotension. *Hypertension.* 1993;22(5):653–64.
 34. Hill, L. Arterial pressure in man while sleeping, resting, working and bathing. *J Physiol.* 1898;(22):26-9.
 35. Fitzgerald W. Labile hypertension and jogging: new diagnostic tool or spurious discovery? *Br Med J.* 1981; 14;282(6263):542-4.
 36. Taylor-Tolbert NS, Dengel DR, Brown MD, McCole SD, Pratley RE et al. Ambulatory blood pressure after acute exercise in older men with essential hypertension. *Am J Hypertens.* 2000; 13(1 Pt 1), 44–51.
 37. Hecksteden A, Grütters T, Meyer T. Association between postexercise hypotension and long-term training-induced blood pressure reduction: A pilot study. *Clin J Sport Med.* 2013;23(1):58–63.
 38. Liu, S., Goodman, J., Nolan, R., Lacombe, S., & Thomas, S. G. Blood pressure responses to acute and chronic exercise are related in prehypertension. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 44(9), 1644–1652.
 39. Da Nobrega A.C. The subacute effects of exercise:concept, characteristics, and clinical implications. *Exerc Sport Sci Rev.* 2005; 33(2), 84–87.
 40. Jones H, George K, Edwards B, Atkinson G. Is the magnitude of acute post-exercise hypotension mediated by exercise intensity or total work done? *Eur J Appl Physiol.* 2007;102(1):33–40.
 41. Fagard RH. Physical activity, physical fitness and the incidence of hypertension. *J Hypertens.* 2005;23(2):265–7.
 42. Floras JS, Sinkey CA, Aylward PE, Seals DR, Thoren PN, Mark AL. Postexercise hypotension and sympathoinhibition in borderline hypertensive men. *Hypertension.* 1989;14(1):28–35.
 43. Lacombe SP, Goodman JM, Spragg CM, Liu S, Thomas SG. Interval and continuous exercise elicit equivalent postexercise hypotension in prehypertensive men, despite differences in regulation. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2011;36(6):881–91.

44. Cléroux J, Kouamé N, Nadeau A, Coulombe D, Lacourcière Y. Aftereffects of exercise on regional and systemic hemodynamics in hypertension. *Hypertension*. 1992;19(2):183–91.
45. Forjaz CLM, Tinucci T, Ortega KC, Santaella DF, Mion D, Negrão CE. Factors affecting post-exercise hypotension in normotensive and hypertensive humans. *Blood Press Monit*. 2000;5(5–6):255–62.
46. Bonsu B, Terblanche E. The training and detraining effect of highintensity interval training on post-exercise hypotension in young overweight/obese women. *Eur J Appl Physiol*. 2016; 116(1), 77–84.
47. Dujčić Z, Ivancev V, Valic Z, Bakovic D, Marinović-Terzić I, et al. Postexercise hypotension in moderately trained athletes after maximal exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2006; 38(2), 318–322.
48. Headley SA, Germain MJ, Milch CM, Buchholz MP, Coughlin MA, Pescatello LS. Immediate blood pressure-lowering effects of aerobic exercise among patients with chronic kidney disease. *Nephrology*. 2008; 13(7), 601–606.
49. Headley SA, Keenan TG, Manos TM, Phillips K, Lachowetz T, et al. Renin and hemodynamic responses to exercise in borderline hypertensives. *Ethn Dis*. 1998; 8(3), 312–318.
50. Ergul S, Parish DC, Puett D, Ergul A. Racial differences in plasma endothelin-1 concentrations in individuals with essential hypertension. *Hypertension*. 1996; 28(4), 652–655.
51. McCord JL, Beasley JM, Halliwill JR. H2-receptor-mediated vasodilation contributes to postexercise hypotension. *J Appl Physiol*. 2006;100(1):67–75.
52. Jansen JM, Lopes AJ, Jansen U, Capone D. Cronobiologia e seus mecanismos. *Medicina da noite: da cronobiologia à prática clínica*. FIOCRUZ, organizador. Rio de Janeiro; 2007. 47–69 p.
53. Marques N, Menna-Barreto L. Cronobiologia: Princípios e Aplicações. V.3. Edusp, organizador. São Paulo; 2003. 55-98P p.
54. Afeche SC CNJ. Ritmos biológicos. Guanabara-Koogan, organizador. Rio de Janeiro; 2012.
55. Zhang L, Prosdocimo DA, Bai X, Fu C, Zhang R, et al. KLF15 Establishes the Landscape of Diurnal Expression in the Heart. *Cell Rep*. 2015; 13(11), 2368–2375.
56. Rudic RD, McNamara P, Reilly D, Grosser T, Curtis AM, et al. Bioinformatic analysis of circadian gene oscillation in mouse aorta. *Circ Res*. 2005; 112(17), 2716–2724.
57. Golombek DA, Rosenstein RE. Physiology of circadian entrainment. *Physiol Rev*. 2010;90(3):1063–102.
58. Meijer JH, Watanabe K, Détari L, Schaap J. Circadian rhythm in light response in suprachiasmatic nucleus neurons of freely moving rats. *Brain Res*. 1996;741(1–2):352–5.
59. Lewy AJ, Wehr TA, Goodwin FK, Newsome DA, Markey SP. Light suppresses melatonin secretion in humans. *Science*. 1980. 210(4475), 1267–1269.

60. Cardinali DP, Pévet P. Basic aspects of melatonin action. *Sleep Med Rev.* 1998;2(3):175–90.
61. Paulis L, Šimko F. Blood pressure modulation and cardiovascular protection by melatonin: Potential mechanisms behind. *Physiol Res.* 2007;56(6):671–84.
62. Simko F, Pechanova O. Potential roles of melatonin and chronotherapy among the new trends in hypertension treatment. *J Pineal Res.* 2009;47(2):127–33.
63. Ivanova IA, Danilenko KV, Aftanas LI. Investigation of an Immediate Effect of Bright Light on Oxygen Consumption, Heart Rate, Cortisol, and α -Amylase in Seasonal Affective Disorder Subjects and Healthy Controls. *Neuropsychobiology.* 2016; 74(4), 219–225.
64. Saito Y, Shimizu T, Takahashi Y, Mishima K, Takahashi KI, Ogawa Y, et al. Effect of bright light exposure on muscle sympathetic nerve activity in human. *Neurosci Lett.* 1996;219(2):135–7.
65. Yokoi M, Aoki K, Shimomura Y, Iwanaga K, Katsuura T. Exposure to bright light modifies HRV responses to mental tasks during nocturnal sleep deprivation. *J Physiol Anthropol.* 2006;25(2):153–61.
66. Park SW, Choi SM, Lee SM. Effect of melatonin on altered expression of vasoregulatory genes during hepatic ischemia/reperfusion. *Arch Pharm Res.* 2007;30(12):1619–24.
67. Simko F, Paulis L. Melatonin as a potential antihypertensive treatment. *J Pineal Res.* 2007;42(4):319–22.
68. Shephard RJ. PAR-Q, Canadian Home Fitness Test and Exercise Screening Alternatives. *Sch Phys Heal Educ Dep Prev Med Biostat Fac Med Univ Toronto, Toronto.* 1988; 5(3), 185–195.
69. Hallal PC, Victora CG. Reliability and validity of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) [2]. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(3):556..
70. Vaughn B. The National Institutes of Health. *Natl Heal Nutr Exam Surv.* 2013;
71. Horne JA, Ostberg O. A Self Assessment Questionnaire to Determine Morningness Eveningness in Human Circadian Rhythms. *Int J Chronobiol.* 1976;4(2):97–110.
72. Calemmo RE. Some illumination. A look at health facility lighting standards. *Health Facil Manage.* 2009; 22(8), 31–34.
73. Brito LC. Hipotensão pós-exercício aeróbico e seus mecanismos hemodinâmicos e neurais em pré-hipertensos: Influência da fase do dia e associação com a regulação endócrina. In: *Dissertação (Mestrado) Escola de Educação Física e Esporte - Universidade de São Paulo, São Paulo.* 2013.
74. Amodeo C et al. II Consenso Brasileiro para o Uso da Monitorização Ambulatorial da Pressão Arterial. *Soc Bras Cardiol - Dep Hipertens Arter.* 1997;v.69(n.5).
75. Li Y, Thijs L, Hansen TW, Kikuya M, Boggia J, et al. International Database on Ambulatory Blood Pressure Monitoring in Relation to Cardiovascular Outcomes investigators: prognostic value of the morning blood pressure surge in 5645 subjects from 8 populations. *Hypertens Res.* 2010; 55(4), 1040–1048.

76. Muxfeldt ES, Salles GF. Pulse pressure or dipping pattern: which one is a better cardiovascular risk marker in resistant hypertension? *J Hypertens.* 2008; 26(5), 878–884.
77. Cornélissen G, Halberg F, Stebbings J, Halberg E, Carandente F, Hsi B. Chronobiometry with pocket calculators and computer systems. *Ric Clin Lab.* 1980; 10(2), 333–385.
78. Karvonen MJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate; a longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn.* 1957; 35(3), 307–315.
79. Borg G. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sport Exerc.* 1982;14(5):377–81.
80. Schoonderwoerd RA, de Rover M, Janse JAM, Hirschler L, Willemse CR, Scholten L, et al. The photobiology of the human circadian clock. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2022;119(13):1–8.
81. Reid K. Assessment of Circadian Rhythms. *Neurol Clin.* 2019;37(3):505–526.
82. Harmsen JF, Wefers J, Doligkeit D, Schlangen L, Dautzenberg B, et al. The influence of bright and dim light on substrate metabolism, energy expenditure and thermoregulation in insulin-resistant individuals depends on time of day. *Diabetologia.* 2022; 65(4), 721–732.
83. Chang AM, Santhi N, St Hilaire M, Gronfier C, Bradstreet DS, Duffy JF, et al. Human responses to bright light of different durations. *J Physiol* 590. 2012; 590(13), 3103–3112.
84. Brito LC, Fecchio RY, Peçanha T, Andrade-Lima A, Halliwill JR, Forjaz CLM. Postexercise hypotension as a clinical tool: a “single brick” in the wall. *J Am Soc Hypertens.* 2018; 12(12), e59–e64..
85. Halliwill JR, Taylor JA, Eckberg DL. Impaired sympathetic vascular regulation in humans after acute dynamic exercise. *J Physiol.* 1996;495(1):279–88.
86. Peçanha T, Bartels R, Brito LC, Paula-Ribeiro M, Oliveira RS GJ. Methods of assessment of the post-exercise cardiac autonomic recovery: A methodological review. *Int J Cardiol.* 2017;227:795–802.
87. De Brito LC, Fecchio RY, Peçanha T, Lima A, Halliwill J, Forjaz CLDM. Recommendations in Post-exercise Hypotension: Concerns, Best Practices and Interpretation. *Int J Sports Med.* 2019;40(8):487–97.
88. Youngstedt SD, Kripke DF, Elliott JA. Circadian phase-delaying effects of bright light alone and combined with exercise in humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2002; 282(1), R259–R266.
89. Cardinali DP, Furio AM, Brusco LI. The use of chronobiotics in the resynchronization of the sleep/wake cycle. Therapeutic application in the early phases of Alzheimer’s disease. *Recent Pat Endocr Metab Immune Drug Discov.* 2011; 5(2), 80–90.
90. Blagonravov ML, Bryk AA, Goryachev VA, Medvedeva EV, Demurov EA, Korshunova AY. Bright Light Therapy Increases Blood Pressure and Changes the Structure of Circadian Rhythm of Melatonin Secretion in Spontaneously

- Hypertensive Rats. *Bull Exp Biol Med.* 2019; *168*(2), 214–218.
91. Burgess HJ, Trinder J, Kim Y, Luke D. Sleep and circadian influences on cardiac autonomic nervous system activity. *Am J Physiol Hear Circ Physiol.* 1997; *273*(4), H1761–H1768.

10. ANEXOS

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO / EEFÉ-USP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Influência do nível de claridade nas respostas hemodinâmicas, autonômicas e de ritmicidade circadiana pós-exercício aeróbico realizado ao final do dia

Pesquisador: CLAUDIA LUCIA DE MORAES FORJAZ

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 25691919.1.0000.5391

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE DE SAO PAULO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.742.479

Apresentação do Projeto:

Estudos prévios demonstraram que o exercício realizado ao final do dia promove maior redução da pressão arterial (PA) clínica e de sono pós exercício, sendo esse fenômeno denominado hipotensão pós-exercício (HPE). A maior HPE ao final do dia é acompanhada por maior aumento na vasodilatação, da frequência cardíaca (FC) e do balanço simpato-vagal cardíaco. Esses resultados indicam a influência do ritmo circadiano nas

respostas cardiovasculares pós-exercício. Esse ritmo é controlado em parte, pela liberação de melatonina pela glândula pineal. Embora possuam ritmicidade própria, são sincronizados por pistas temporais, sendo a claridade a principal pista nos seres humanos. Nesse sentido, estudos prévios demonstraram que a exposição à claridade elevada bloqueia a liberação de melatonina e quando isso é feito ao final do dia, provoca aumento da PA e da FC por aumentar o balanço simpato-vagal. Entretanto, não é conhecido se a realização do exercício nessa fase do dia sob exposição a níveis de claridade diferentes pode interferir nas respostas cardiovasculares pós-exercício.

Objetivo da Pesquisa:

Avaliar se as respostas de PA clínica e ambulatorial, vasodilatação, modulação autonômica cardiovascular e produção de melatonina pós-exercício aeróbico realizado ao final do dia são influenciadas pelo nível de claridade ao qual o indivíduo é exposto durante e após o exercício. Para

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 **Fax:** (11)3812-4141 **E-mail:** cep39@usp.br

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO / EEFE-USP



Continuação do Parecer: 3.742.479

tanto, serão investigados homens de 20 a 40 anos, saudáveis, inativos ou recreacionalmente ativos, que realizarão, em ordem aleatória, 3 sessões experimentais, nas quais será realizado um exercício em ciclo ergômetro (30 min em 70-75% FC de reserva) sob as seguintes condições de claridade: elevada (CE~5000 lux), controle (CC~500 lux) e penumbra (PN~50 lux).

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Todos os exames da são seguros, bem estabelecidos na literatura e bem tolerados. Entretanto, alguns desconfortos podem ocorrer, como:

- a) Sensação de cansaço e dor nas pernas tanto durante quanto ao final do exercício;
- b) Sensação de dor e formigamento em membros por insuflação prolongado do manguito de aferição da PA e para avaliação do fluxo sanguíneo com ultrassom

Como benefícios, os voluntários receberão orientações sobre as medidas da pressão arterial, assim como orientações em relação às práticas de exercícios físicos de um profissional de educação física, sem custo algum.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa bem elaborada, com detalhamento da metodologia e descrição adequada dos riscos e benefícios.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos obrigatórios foram apresentados de maneira adequada

Recomendações:

nenhuma

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1456869.pdf	11/11/2019 09:39:25		Aceito

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 **Fax:** (11)3812-4141 **E-mail:** cep39@usp.br

USP - ESCOLA DE EDUCAÇÃO
FÍSICA E ESPORTE DA
UNIVERSIDADE DE SÃO
PAULO / EEFE-USP



Continuação do Parecer: 3.742.479

Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Luz_Geral_FINAL.pdf	11/11/2019 09:38:46	CLAUDIA LUCIA DE MORAES FORJAZ	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_LUZ.docx	11/11/2019 09:03:40	CLAUDIA LUCIA DE MORAES FORJAZ	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto_Estudo_Luz.pdf	11/11/2019 09:03:01	CLAUDIA LUCIA DE MORAES FORJAZ	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 03 de Dezembro de 2019

Assinado por:
Edilamar Menezes de Oliveira
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Profº Mello Moraes, 65
Bairro: Cidade Universitária **CEP:** 05.508-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)3091-3097 **Fax:** (11)3812-4141 **E-mail:** cep39@usp.br



Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte

Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora

QUESTIONÁRIO PARA IDENTIFICAÇÃO DE INDIVÍDUOS MATUTINOS E VESPERTINOS

INSTRUÇÕES:

1. Leia com atenção cada questão antes de responder.
2. Responda todas as questões.
3. Responda as questões na ordem numérica.
4. Cada questão deve ser respondida independentemente das outras; não volte atrás e nem corrija suas respostas anteriores.
5. Para cada questão coloque apenas uma resposta (uma cruz no local correspondente); algumas questões tem uma escala, nestes casos coloque a cruz no ponto apropriado da escala.
6. Responda a cada questão com toda a honestidade possível. Suas respostas e os resultados são confidenciais.
7. Se você quiser escrever algum comentário, faça-o em folha separada.
8. Não esqueça de preencher os dados pessoais.

(traduzido e adaptado de Home, J. A. & Ostberg, O., A self-assessment questionnaire to determine morningness-eveningness in human circadian rhythm. *International Journal of Chronobiology*, vol.4: 97-110, 1976), pelo GRUPO MULTIDISCIPLINAR DE DESENVOLVIMENTO E RITMOS BIOLÓGICOS. DEPTO. FISILOGIA E BIOFÍSICA - INST. CIÊNCIAS BIOMÉDICAS/USP.

Nome: _____ Idade: _____ anos

Sexo: M() F()

Profissão: _____

Horário habitual de trabalho: _____
(use o verso se necessário, especialmente se tiver atividade fora da rotina)

Data: ____ / ____ / ____

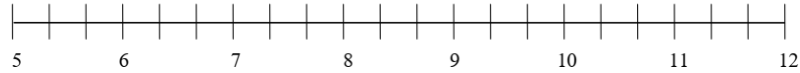
Cidade: _____



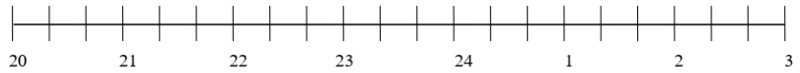
Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte

Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora

1. Considerando apenas seu bem-estar pessoal e com liberdade total de planejar seu dia, a que horas você se levantaria?



2. Considerando apenas seu bem-estar pessoal e com liberdade total de planejar sua noite, a que horas você se deitaria?



3. Até que ponto você depende do despertador para acordar de manhã?

Nada dependente _____ ()
 Não muito dependente _____ ()
 Razoavelmente dependente _____ ()
 Muito dependente _____ ()

4. Você acha fácil acordar de manhã?

Nada fácil _____ ()
 Não muito fácil _____ ()
 Razoavelmente fácil _____ ()
 Muito fácil _____ ()

5. Você se sente alerta durante a primeira meia hora depois de acordar?

Nada alerta _____ ()
 Não muito alerta _____ ()
 Razoavelmente alerta _____ ()
 Muito alerta _____ ()

6. Como é seu apetite durante a primeira meia hora depois de acordar?

Muito ruim _____ ()
 Não muito ruim _____ ()
 Razoavelmente bom _____ ()
 Muito bom _____ ()

7. Durante a primeira meia hora depois de acordar você se sente cansado?

Muito cansado _____ ()
 Não muito cansado _____ ()
 Razoavelmente em forma _____ ()
 Em plena forma _____ ()



Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte

Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora

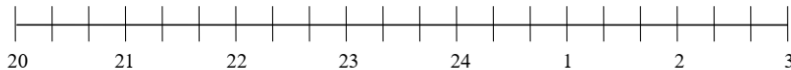
8. Se você não tem compromisso no dia seguinte e comparando com sua hora habitual, a que horas você gostaria de ir deitar?

Nunca mais tarde _____ ()
 Menos que uma hora mais tarde _____ ()
 Entre uma e duas horas mais tarde _____ ()
 Mais do que duas horas mais tarde _____ ()

9. Você decidiu fazer exercícios físicos. Um amigo sugeriu o horário das 07:00 às 08:00 horas da manhã, duas vezes por semana. Considerando apenas seu bem-estar pessoal. O que você acha de fazer exercícios nesse horário?

Estaria em boa forma _____ ()
 Estaria razoavelmente em forma _____ ()
 Acharia isso difícil _____ ()
 Acharia isso muito difícil _____ ()

10. A que horas da noite você se sente cansado e com vontade de dormir?



11. Você quer estar no máximo de sua forma para fazer um teste que dura duas horas e que você sabe que é mentalmente cansativo. Considerando apenas o seu bem-estar pessoal, qual desses horários você escolheria para fazer esse teste?

Das 08:00 às 10:00 horas _____ ()
 Das 11:00 às 13:00 horas _____ ()
 Das 15:00 às 17:00 horas _____ ()
 Das 19:00 às 21:00 horas _____ ()

12. Se você fosse deitar às 23:00 em que nível de cansaço você se sentiria?

Nada cansado _____ ()
 Um pouco cansado _____ ()
 Razoavelmente cansado _____ ()
 Muito cansado _____ ()

13. Por alguma razão você foi dormir várias horas mais tarde do que é seu costume. Se no dia seguinte você não tiver hora certa para acordar, o que aconteceria com você?

Acordaria na hora normal, sem sono _____ ()
 Acordaria na hora normal, com sono _____ ()
 Acordaria na hora normal e dormiria novamente _____ ()
 Acordaria mais tarde do que seu costume _____ ()



Universidade de São Paulo
Escola de Educação Física e Esporte

Laboratório de Hemodinâmica da Atividade Motora

14. Se você tiver que ficar acordado das 04:00 às 06:00 horas para realizar uma tarefa e não tiver compromissos no dia seguinte, o que você faria?

Só dormiria depois de fazer a tarefa _____ ()
 Tiraria uma soneca antes da tarefa e dormiria depois _____ ()
 Dormiria bastante antes e tiraria uma soneca depois _____ ()
 Só dormiria antes de fazer a tarefa _____ ()

15. Se você tiver que fazer duas horas de exercício físico pesado e considerando apenas o seu bem-estar pessoal, qual destes horários você escolheria?

Das 08:00 às 10:00 horas _____ ()
 Das 11:00 às 13:00 horas _____ ()
 Das 15:00 às 17:00 horas _____ ()
 Das 19:00 às 21:00 horas _____ ()

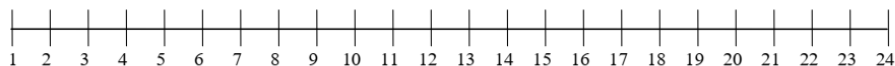
16. Você decidiu fazer exercícios físicos. Um amigo sugeriu o horário das 22:00 às 23:00 horas, duas vezes por semana. Considerando apenas o seu bem-estar pessoal o que você acha de fazer exercícios nesse horário?

Estaria em boa forma _____ ()
 Estaria razoavelmente em forma _____ ()
 Acharia isso difícil _____ ()
 Acharia isso muito difícil _____ ()

17. Suponha que você possa escolher o seu próprio horário de trabalho e que você deva trabalhar cinco horas seguidas por dia. Imagine que seja um serviço interessante e que você ganhe por produção. Qual o horário que você escolheria? (Marque a hora de início e a hora do fim)



18. A que hora do dia você atinge seu melhor momento de bem-estar?



19. Fala-se em pessoas matutinas e vespertinas (as primeiras gostam de acordar cedo e dormir cedo, as segundas de acordar tarde e dormir tarde). Com qual desses tipos você se identifica?

Tipo matutino _____ ()
 Mais matutino que vespertino _____ ()
 Mais vespertino que matutino _____ ()
 Tipo vespertino _____ ()



QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA – VERSÃO CURTA -

Nome: _____
Data: ____/____/____ Idade : ____ Sexo: F () M ()

Nós estamos interessados em saber que tipos de atividade física as pessoas fazem como parte do seu dia a dia. Este projeto faz parte de um grande estudo que está sendo feito em diferentes países ao redor do mundo. Suas respostas nos ajudarão a entender que tão ativos nós somos em relação à pessoas de outros países. As perguntas estão relacionadas ao tempo que você gasta fazendo atividade física na **ÚLTIMA** semana. As perguntas incluem as atividades que você faz no trabalho, para ir de um lugar a outro, por lazer, por esporte, por exercício ou como parte das suas atividades em casa ou no jardim. Suas respostas são **MUITO** importantes. Por favor responda cada questão mesmo que considere que não seja ativo. Obrigado pela sua participação !

Para responder as questões lembre que:

- atividades físicas **VIGOROSAS** são aquelas que precisam de um grande esforço físico e que fazem respirar **MUITO** mais forte que o normal
- atividades físicas **MODERADAS** são aquelas que precisam de algum esforço físico e que fazem respirar **UM POUCO** mais forte que o normal

Para responder as perguntas pense somente nas atividades que você realiza **por pelo menos 10 minutos contínuos** de cada vez.

1a Em quantos dias da última semana você **CAMINHOU** por pelo menos 10 minutos contínuos em casa ou no trabalho, como forma de transporte para ir de um lugar para outro, por lazer, por prazer ou como forma de exercício?

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

1b Nos dias em que você caminhou por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou caminhando por dia?

horas: _____ Minutos: _____

2a. Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **MODERADAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo pedalar leve na bicicleta, nadar, dançar, fazer ginástica aeróbica leve, jogar vôlei recreativo, carregar pesos leves, fazer serviços domésticos na casa, no quintal ou no jardim como varrer, aspirar, cuidar do jardim, ou qualquer atividade que fez aumentar

CENTRO COORDENADOR DO IPAQ NO BRASIL – CELAFISCS –
INFORMAÇÕES ANÁLISE, CLASSIFICAÇÃO E COMPARAÇÃO DE RESULTADOS NO BRASIL
Tel-Fax: – 011-42298980 ou 42298643. E-mail: celafiscs@celafiscs.com.br
Home Page: www.celafiscs.com.br IPAQ Internacional: www.ipaq.ki.se

moderadamente sua respiração ou batimentos do coração (**POR FAVOR NÃO INCLUA CAMINHADA**)

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

2b. Nos dias em que você fez essas atividades moderadas por pelo menos 10 minutos contínuos, quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

3a Em quantos dias da última semana, você realizou atividades **VIGOROSAS** por pelo menos 10 minutos contínuos, como por exemplo correr, fazer ginástica aeróbica, jogar futebol, pedalar rápido na bicicleta, jogar basquete, fazer serviços domésticos pesados em casa, no quintal ou cavoucar no jardim, carregar pesos elevados ou qualquer atividade que fez aumentar **MUITO** sua respiração ou batimentos do coração.

dias ____ por **SEMANA** () Nenhum

3b Nos dias em que você fez essas atividades vigorosas por pelo menos 10 minutos contínuos quanto tempo no total você gastou fazendo essas atividades por dia?

horas: _____ Minutos: _____

Estas últimas questões são sobre o tempo que você permanece sentado todo dia, no trabalho, na escola ou faculdade, em casa e durante seu tempo livre. Isto inclui o tempo sentado estudando, sentado enquanto descansa, fazendo lição de casa visitando um amigo, lendo, sentado ou deitado assistindo TV. Não inclua o tempo gasto sentando durante o transporte em ônibus, trem, metrô ou carro.

4a. Quanto tempo no total você gasta sentado durante um **dia de semana**?
_____ horas ____ minutos

4b. Quanto tempo no total você gasta sentado durante em um **dia de final de semana**?
_____ horas ____ minutos

PERGUNTA SOMENTE PARA O ESTADO DE SÃO PAULO

5. Você já ouviu falar do Programa Agita São Paulo? () Sim () Não

6.. Você sabe o objetivo do Programa? () Sim () Não