



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS

Iara Gonçalves Teixeira

**O efeito de uma simulação de combate a incêndio nas funções vascular e autonômica e no desempenho cognitivo: Um estudo randomizado cruzado**

Florianópolis  
2023

Iara Gonçalves Teixeira

**O efeito de uma simulação de combate a incêndio nas funções vascular e autonômica e no desempenho cognitivo: Um estudo randomizado cruzado**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Neurociências da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestra em Neurociências.

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta

Florianópolis  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Teixeira, Iara Gonçalves

O efeito de uma simulação de combate a incêndio nas funções vascular e autonômica e no desempenho cognitivo: Um estudo randomizado cruzado / Iara Gonçalves Teixeira ; orientador, Guilherme Fleury Fina Speretta, 2023.  
64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós Graduação em Neurociências, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Neurociências. 2. Bombeiros. 3. Função cognitiva. 4. Função autonômica. 5. Função vascular. I. Speretta, Guilherme Fleury Fina . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Neurociências. III. Título.

Iara Gonçalves Teixeira

**O efeito de uma simulação de combate a incêndio nas funções vascular e autonômica e no desempenho cognitivo: Um estudo randomizado cruzado**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado, em 06 de março de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.(a) Juan Pedro Fuentes Garcia, Dr.(a)  
Instituição Universidade de Extremadura

Prof.(a) Cristiane Ribeiro de Carvalho, Dr.(a)  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.(a) Guilherme Fleury Fina Speretta, Dr.(a)  
Instituição Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestra em Neurociências.

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a  
assinatura digital

Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta  
Orientador

Florianópolis, 2023.

Este trabalho é dedicado aos meus amados avós  
(in memoriam).

## AGRADECIMENTOS

Minha gratidão a Deus que me deu vida, saúde e oportunidades para realizar esse sonho. Acredito que “todas as coisas cooperam para o bem daqueles que amam a Deus, daqueles que são chamados segundo o seu propósito” Rom. 8:28. Agradeço por ter sempre Deus ao meu lado, por sua proteção e amor.

Minha gratidão a minha família. Aos meus pais Maurícia e João que sempre me apoiaram e incentivaram, me deram suporte e foram minhas inspirações. Gratidão ao meu esposo Gabriel, que tem sido meu companheiro e meu amigo. Por ter me incentivado e estado ao meu lado nos momentos mais difíceis. Agradeço pelo incentivo e apoio recebido do meu irmão Jean e minha cunhada Marina.

Agradeço especialmente meus avós, Benta e Adi que me ensinaram as mais valiosas lições, que me criaram como filha, que sempre me incentivaram a estudar.guardo com saudades na esperança de um dia reencontra-los.

Agradeço aos bombeiros que participaram desta pesquisa. Por colaborarem com este trabalho e pelo serviço prestado a comunidade. Agradeço especialmente ao Márcio por ter sido o mediador dessa pesquisa, junto ao Corpo de Bombeiros Militares, e por todo o suporte.

Gratidão especial ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme por sua orientação, incentivo, paciência e todo o tempo disponibilizado para que essa pesquisa acontecesse. Sinto-me muito grata por ter a oportunidade de aprender com alguém tão qualificado. Admiro a pessoa que você é.

Agradeço também aos meus colegas e amigos de laboratório Lauriana, Pablo, Manuela, Richard, Arthur e Danilo que foram fundamentais para a realização do meu mestrado. Vocês tornaram meu caminho mais fácil, mais divertido e mais bonito.

Gratidão a todos os professores que me ensinaram desde a pré-escola até o mestrado. Obrigada por acreditarem na educação.

## RESUMO

Durante ocorrências de combate a incêndio as demandas física e cognitiva aumentam. No entanto, o estresse pode diminuir o desempenho cognitivo e aumentar o risco de eventos cardiovasculares em bombeiros. Até o momento os dados sobre o tema são conflitantes. Por isso, este estudo cruzado teve como objetivo avaliar os efeitos de uma simulação de combate a incêndio no desempenho cognitivo e nas funções vascular e autonômica em bombeiros militares. Dezesseis bombeiros ( $37,8 \pm 5,6$  anos) foram submetidos a avaliações antropométricas, do estado de saúde mental e da qualidade do sono. Eles realizaram de forma randomizada, em diferentes dias, duas intervenções, Simulação (tarefas de combate a incêndio;  $10,0 \pm 1,1$  min) e Controle (repouso por 10 min). Após ambas as intervenções, o desempenho cognitivo foi avaliado por meio do Stroop Teste, Teste Auditivo Compassado de Adição Seriada e Teste de Trilhas. Em seguida, a função vascular foi avaliada por ultrassonografia por meio da reatividade da artéria carótida ao teste pressor ao frio. A pressão arterial, frequência cardíaca e intervalos cardíacos foram registrados antes das intervenções. Os intervalos cardíacos também foram medidos durante o teste de pressor ao frio. Embora a frequência cardíaca média e máxima tenham sido maiores antes da Simulação ( $P < 0,05$ ), os parâmetros de variabilidade da frequência cardíaca e pressão arterial foram semelhantes antes das intervenções ( $P > 0,05$ ). Após Simulação, o desempenho cognitivo foi semelhante ao Controle, exceto pela melhora no Stroop teste parte B ( $P < 0,05$ ). Após a simulação, a reatividade da artéria carótida foi atenuada ( $P < 0,05$ ). Durante o teste de pressor ao frio, a banda de alta frequência da variabilidade da frequência cardíaca foi menor após a simulação ( $P < 0,05$ ). Embora a simulação de combate a incêndio não tenha alterado substancialmente o desempenho cognitivo, as reduções da reatividade da artéria carótida e da modulação parassimpática ao coração durante o teste de pressor ao frio podem contribuir para maior vulnerabilidade a eventos cardiovasculares em bombeiros de plantão.

**Palavras-chave:** sistema nervoso autônomo; risco cardiovascular; reatividade da artéria carótida; função cognitiva; variabilidade do batimento cardíaco; segurança no trabalho

## ABSTRACT

During firefighting events, physical and cognitive demands increase. However, stress can decrease cognitive performance and increase the risk of cardiovascular events in firefighters. So far, data on the subject are conflicting. Therefore, this crossover study aimed to evaluate the effects of a firefighting simulation on cognitive performance and vascular and autonomic functions in military firefighters. Sixteen firefighters ( $37.8 \pm 5.6$  years) underwent anthropometry, mental health status, and sleep quality assessments. They randomly performed two interventions, Simulation (Firefighting tasks;  $10.0 \pm 1.1$  min) and Control (rest for 10 min), on different days. After both interventions, cognitive performance was assessed using the Stroop Test, PASAT Test (Paced Auditory Serial Addition Test), and Trail Making Test. Then, vascular function was assessed using ultrasonography through the carotid artery reactivity to the cold pressor test. The blood pressure, heart rate, and cardiac intervals were recorded before interventions. The cardiac intervals were also measured during CPT. Although the mean and maximum heart rate were higher before the Simulation ( $P < 0.05$ ), the heart rate variability parameters and blood pressure were similar before the interventions ( $P > 0.05$ ). After Simulation, the cognitive performance was similar to Control, except for the improvement in Stroop Test part B ( $P < 0.05$ ). After Simulation, carotid artery reactivity was attenuated ( $P < 0.05$ ). During the cold pressure test, the high-frequency band of the heart rate variability was lower after the Simulation ( $P < 0.05$ ). Although firefighting simulation did not substantially change cognitive performance, the lower carotid artery reactivity and parasympathetic modulation to the heart during the cold pressure test may contribute to greater vulnerability to cardiovascular events in firefighters on duty.

**Keywords:** autonomic nervous system; cardiovascular risk; carotid artery reactivity; cognitive function; heart rate variability; occupational safety.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Desenho Experimental .....	30
Figura 2 – Ilustração da VFC no domínio do tempo .....	33
Figura 3 – Ilustração da VFC no domínio da frequência. ....	34
Figura 4 – Desempenho cognitivo.....	37
Figura 5 – Modulação parassimpática para o coração durante o CPT no Controle e Simulação .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos bombeiros.....	35
Tabela 2 - Reatividade da artéria carótida ao CPT após o controle e simulação .....	38
Tabela 3 - Hemodinâmica e modulação autonômica antes do controle e antes da simulação .....	39

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Caracterização da simulação de combate a incêndio .....	36
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDNF	<i>Brain Derived Neurotrophic Factor</i> (Fator neurotrófico derivado do cérebro)
CAR	<i>Carotid Artery Reactivity</i> (Reatividade da artéria carótida)
CC	Circunferência de Cintura
CPT	<i>Cold Pressor Test</i> (Teste de pressor ao frio)
CRH	<i>Corticotropin-releasing hormone</i> (Hormônio liberador de corticotrofina)
DASS	<i>Depression, Anxiety and Stress Scale</i> (Escala de depressão, ansiedade e estresse)
DNA	Ácido Desoxirribonucleico
FC	Frequência Cardíaca
FFT	<i>Fast Fourier Transform</i> (Transformação rápida de Fourier)
FNDC5	<i>Fibronectin type III domain-containing protein 5</i> (fibronectina tipo III contendo o domínio 5)
HAP	Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos
HF	<i>High Frequency</i> (Alta frequência)
HPA	Hipotálamo Pituitária Adrenal
Hz	Hertz
IMC	Índice de Massa Corporal
IPAC	<i>International Physical Activity Questionnaires</i> (Questionário internacional de atividade física)
LDL	<i>Low Density Lipoprotein</i> (Lipoproteína de baixa densidade)
LF	<i>Low Frequency</i> (Baixa Frequência)
Ln	Logarítimo natural
MVPA	<i>Moderate to Vigorous Physical Activities</i> (Atividade física moderada-vigorosa)
n.u	<i>Normalized Units</i> (Unidades Normalizadas)
OMS	Organização Mundial de Saúde
PA	Pressão Arterial
PAD	Pressão Arterial Diastólica
PAM	Pressão Arterial Média
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PASAT	<i>Paced Auditory Serial Addition Test</i> (Teste auditivo compassado de adição seriada)
PGC1 $\alpha$	<i>Peroxisome proliferator-activated receptor-<math>\gamma</math> coactivator 1-<math>\alpha</math></i> (Coativador 1-alfa do receptor gama ativado por proliferador de peroxissomo)
PSQI	<i>Pittsburgh Sleep Quality Index</i> (Índice de qualidade do sono de Pittsburgh)

RCE Relação Cintura-Estatura

RMSSD *Root Mean Square of Successive RR interval Differences* (raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes)

SDNN *Standard deviation of the NN (R-R) intervals* (Desvio padrão dos intervalos cardíacos normais)

SNA Sistema Nervoso Autônomo

SNC Sistema Nervoso Central

SUS Sistema Único de Saúde

VEGF *Vascular Endothelial Growth Factor* (fator de crescimento do endotélio vascular)

VFC Variabilidade da Frequência Cardíaca

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1	DOENÇAS CARDIOVASCULARES .....	16
1.2	FUNÇÃO CARDIOVASCULAR EM BOMBEIROS MILITARES .....	18
1.3	DESEMPENHO COGNITIVO SOB ESTRESSE .....	21
1.4	DESEMPENHO COGNITIVO EM BOMBEIROS .....	25
<b>2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>26</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESES</b> .....	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>28</b>
4.1	OBJETIVO GERAL .....	28
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	28
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>28</b>
5.1	PARTICIPANTES .....	28
5.2	PROTOCOLO EXPERIMENTAL .....	29
5.3	SIMULAÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO .....	30
5.4	QUESTIONÁRIOS .....	30
5.5	FUNÇÃO COGNITIVA .....	31
5.6	PARÂMETROS CARDIOVASCULARES .....	32
5.7	REATIVIDADE DA ARTÉRIA CARÓTIDA AO TESTE PRESSOR FRIO .....	32
5.8	VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA .....	32
5.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	34
<b>6</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>34</b>
6.1	CARACTERIZAÇÃO .....	34
6.2	SIMULAÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO .....	36
6.3	DESEMPENHO COGNITIVO .....	36
6.4	RESPOSTAS DE REATIVIDADE DA CARÓTIDA E MODULAÇÃO AUTONÔMICA AO <i>COLD PRESSOR TEST</i> .....	37
6.5	EFEITO ANTECIPATÓRIO DA SIMULAÇÃO NA HEMODINÂMICA E MODULAÇÃO AUTONÔMICA .....	38
<b>7</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 DOENÇAS CARDIOVASCULARES

Atualmente, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), as maiores causas de mortes no mundo são as doenças cardiovasculares (WHO, 2020). Elas compreendem um grupo de distúrbios do coração e dos vasos sanguíneos e incluem: doença cardíaca coronária (doença dos vasos sanguíneos que irrigam o músculo cardíaco); doença cerebrovascular (doença dos vasos sanguíneos que irrigam o cérebro); doença arterial periférica (doença dos vasos sanguíneos que irrigam os braços e as pernas); doença cardíaca reumática (danos ao músculo cardíaco e às válvulas cardíacas causados pela febre reumática, causada por bactérias estreptocócicas); doença cardíaca congênita (malformações da estrutura cardíaca existente no nascimento); trombose venosa profunda e embolia pulmonar (coágulos sanguíneos nas veias das pernas, que podem se deslocar para o coração e os pulmões) (WHO, 2017).

De maneira geral, no Brasil, houve uma redução nas mortes por doença cardiovascular quando comparado os anos de 1990 a 2017 (OLIVEIRA et al., 2020). No entanto, o número de mortes ainda é alarmante. No Brasil, 72% das mortes resultam de doenças crônicas não transmissíveis, sendo 30% devidas a doenças cardiovasculares. Além disso, as doenças cardiovasculares geram alta prevalência de incapacidade e exigem procedimentos hospitalares que elevam os custos em saúde (OLIVEIRA et al., 2020).

Pesquisas têm mostrado que, diversos fatores podem estar relacionados ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Segundo a OMS, o infarto do miocárdio e acidentes vasculares encefálicos geralmente estão associados a presença de uma combinação de fatores de risco como tabagismo, alimentação pouco saudável, obesidade, sedentarismo, uso nocivo de álcool, hipertensão, diabetes e hiperlipidemia (WHO, 2017). Tais fatores parecem conferir maior risco à população jovem, especialmente a hipertensão, que foi associada a um aumento de 3 vezes no risco de futura insuficiência cardíaca em pessoas jovens em comparação com um risco de 1,4 vezes em pessoas idosas (TROMP et al., 2021).

Entre os fatores de risco, a inatividade física também ganha destaque, já que foi associada não apenas a doenças cardiovasculares, mas, ao aumento da mortalidade por todas as causas (EKELUND et al., 2016). De fato, o sedentarismo pode levar a diversas alterações fisiológicas devido a deleções e mutações do DNA (Ácido Desoxirribonucleico) mitocondrial, diminuição da massa magra, hipertrofia do ventrículo esquerdo e dessensibilização do receptor  $\beta$ -adrenérgico. Resultando em respostas inotrópicas e cronotrópicas prejudicadas à estimulação



adrenérgica; menor sensibilidade barorreflexa; aumento do estresse oxidativo e outros (LAVIE et al., 2019). Ainda, a inatividade física pode levar à obesidade, que aumenta o risco de doenças cardiovasculares mesmo em populações classificadas como metabolicamente saudáveis (OPIO et al., 2020).

Além do mencionado, a literatura científica aponta para diversas outras condições associadas as doenças cardiovasculares, entre elas a pior qualidade do sono, as doenças psiquiátricas e o estresse. No que se refere ao sono, Hu e colaboradores (2021), verificaram que o ronco esteve associado a um risco aumentado de acidente vascular cerebral, até 46%. Enquanto, dificuldade para iniciar o sono, dificuldade para manter o sono ou sono não restaurador, foram associados a um maior risco de incidência de doenças vasculares cardiocerebrais. Quanto aos transtornos psiquiátricos, depressão e ansiedade já foram associados a maior risco de desenvolver doenças cardiovasculares (NICHOLSON, KUPER, HEMINGWAY, 2006 e ROEST et al., 2010).

Já o estresse, por sua vez, seja crônico ou agudo, é um fator amplamente estudado por contribuir para as doenças e eventos cardiovasculares. Segundo Steptoe e Kivimäki (2012), o estresse crônico está associado a um aumento de 40 a 50% na ocorrência de doença coronariana em estudos observacionais prospectivos. Enquanto o estresse agudo pode desencadear infarto agudo do miocárdio, por meio de processos inflamatórios, hemostáticos e autonômicos, principalmente em pessoas com fatores de risco cardiovascular elevados.

Entre indivíduos que já apresentam alta carga de placa aterosclerótica, o estresse pode precipitar a ocorrência de um evento cardíaco ou cerebrovascular, por meio da ruptura da placa aterosclerótica, juntamente com inflamação ativa e hipercoagulabilidade. Além disso, a instabilidade elétrica cardíaca, isquemia miocárdica e, possivelmente, níveis excessivos de catecolaminas circulantes também são fatores contribuintes (KIVIMÄKI e STEPTOE, 2018).

O estresse pode atuar sobre o sistema nervoso autônomo diminuindo a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (LANGEWITZ, RÜDDEL e SCHÄCHINGER, 1994 e TASK FORCE, 1996). No caso de pacientes com doença cardiovascular, a baixa VFC elevou o risco de eventos cardiovasculares em 46% e risco de morte por todas as causas em 121%, em comparação com pacientes com alta VFC. O que apoia a hipótese de que a disfunção autonômica cardíaca está associada à ocorrência de eventos cardiovasculares ou morte (FANG, WU e TSAI, 2020). Pessoas com menor VFC, também parecem mais propensas a apresentar pior qualidade do sono no contexto de exposição a estressores crônicos, o que, esteve relacionado a mais sintomas depressivos (ESTRELA et al., 2021).

A função vascular também é afetada pelo estresse. Van Mil e colaboradores (2019), mostraram esse dado ao avaliar 172 pacientes com doença arterial periférica submetidos ao teste pressor ao frio (*cold pressure test* - CPT), que promove estresse térmico. Nesse estudo, as respostas foram dicotomizadas em constrição ou dilatação da carótida e eventos cardíacos e cerebrovasculares, mortalidade e progressão clínica foram acompanhadas por 12 meses. Verificou-se que, os pacientes com doença arterial periférica que tiveram vasoconstrição da carótida apresentaram risco quatro vezes maior de eventos cardiovasculares futuros e risco duas vezes maior de deterioração clínica. Além disso, dois fatores de risco cardiovasculares parecem ser suficientes para diminuir a reatividade da artéria carótida ao CPT (VAN MIL et al., 2017).

Cabe assim dizer que, as doenças cardiovasculares compreendem variados distúrbios do coração e dos vasos sanguíneos que são precedidos e associados a diversos fatores como tabagismo, alimentação, obesidade, sedentarismo, uso de álcool, hipertensão, diabetes e hiperlipidemia. Esses distúrbios podem começar a se desenvolver muito precocemente. Atualmente há ampla divulgação dos hábitos preventivos, e existem variadas formas de avaliar, de forma pouco ou não invasiva, os fatores de risco como a aferição da pressão arterial, VFC e avaliação da reatividade da carótida.

## 1.2 FUNÇÃO CARDIOVASCULAR EM BOMBEIROS MILITARES

A principal causa de mortes de bombeiros são as doenças cardíacas (KALES et al., 2007 e KAHN, WOODS e RAE, 2015). Entre os anos de 1994 a 2004, nos Estados Unidos, as mortes por doença coronariana foram associadas a suprimir um incêndio (32,1%), responder a um alarme (13,4%), retornar de um alarme (17,4%), praticar treinamento físico (12,5%), responder para emergências não emergenciais (9,4%), e realizando tarefas não emergenciais (15,4%) (KALES et al., 2007). Posteriormente, outro estudo analisou o banco de dados de fatalidades da *US Fire Administration*, buscando informações quanto a mortalidade em serviço por todas as causas entre 1990 a 2000 e 2002 a 2012. Os dados encontrados revelaram que, os infartos agudos do miocárdio aumentaram de 43% para 46,5% das mortes entre as duas décadas. O acidente vascular cerebral aumentou de 1,6% para 3,7% das mortes. A porcentagem de mortes de bombeiros com mais de 40 anos aumentou de 52% para 65% (KAHN, WOODS e RAE, 2015).

No estudo retrospectivo de Smith e colaboradores (2019), também nos Estados Unidos, foram analisados registros de mortes relacionadas a bombeiros do sexo masculino entre 1999 e 2014. Houveram 285 mortes em decorrência de distúrbios cardíacos. Das fatalidades,

80% tinham evidência na autópsia de doença cardíaca coronária e aumento do tamanho do coração. O maior número de mortes ocorreu durante a supressão de incêndios (33%), embora apenas 1% do tempo ocupacional anual tenha sido gasto na execução dessa tarefa. Para as mortes atribuídas à doença coronariana e ao aumento do tamanho do coração, a supressão de incêndio foi associada a um risco 112 vezes maior em comparação a funções no escritório. Já no estudo Coreano de Lee e colaboradores (2022), os autores buscaram estimar os riscos de doenças cérebro-cardiovasculares em policiais e bombeiros em comparação com outros grupos ocupacionais, por meio de um coorte retrospectiva usando dados do Serviço Nacional de Seguro de Saúde de três anos consecutivos. As análises de subgrupo para infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e arritmia cardíaca exibiram aumentos significativos nas taxas de incidência entre policiais e bombeiros.

Esses achados podem estar, em parte, associados a fatores de risco para doenças cardiovasculares já citados, como o sobrepeso e obesidade. Mathias e colaboradores (2020) verificaram que em bombeiros estadunidenses acompanhados por 5 anos, 50%, aumentaram a massa corporal. Os bombeiros que aumentaram a massa corporal também aumentaram o colesterol total, a lipoproteína de baixa densidade (*low density lipoprotein* - LDL) e glicemia, com diminuição significativa da lipoproteína de alta densidade (*high density lipoprotein* - HDL). No Brasil, o estudo transversal de Damacena e colaboradores (2020) demonstrou através do índice de massa corporal (IMC) que, 48,6% dos bombeiros apresentaram sobrepeso e 10,9% obesidade. Já a avaliação do percentual de gordura corporal indicou que 26,2% eram obesos e a circunferência de cintura indicou que 18,6% estavam com obesidade visceral. A obesidade central foi mais prevalente nos bombeiros que apresentavam faixa etária entre 50 a 59 anos, baixa atividade física autorreferida, baixa aptidão cardiorrespiratória, hiperglicemia e estado de hipertrigliceridemia em jejum. No Canadá, 43,6% dos bombeiros participantes do estudo de Gendron e colaboradores (2018), apresentaram alto risco de doenças cardiovasculares, de acordo com as diretrizes do *American College of Sports Medicine*.

Maiores valores de IMC em bombeiros, também foram associados a maior prevalência de hipertensão arterial, níveis sanguíneos aumentados de triglicerídeos e níveis reduzidos de lipoproteína de alta densidade em todas as faixas etárias (BODE et al., 2021). Quanto a hipertensão arterial, estudos mostram que, em comparação com a população em geral, os bombeiros apresentaram maior prevalência em todas as faixas etárias (11-16%) (KHAJA et al., 2021) e a hipertensão aumentou o risco de eventos cardiovasculares adversos graves tanto em bombeiros, como nos controles (NOH et al., 2020).

Os fatores de risco supracitados parecem também estar associados com a qualidade do sono. Ao avaliar 258 bombeiros, Romero e colaboradores (2021) observaram que, a pior qualidade do sono foi associada a maior massa corporal, maior circunferência da cintura, maior IMC e aumento da gordura corporal. Da mesma forma, os participantes com curta duração do sono apresentaram maior massa corporal, IMC e gordura corporal, quando comparados aos participantes com duração normal do sono. Além disso, a pior qualidade e menor quantidade de tempo de sono foram associadas a maior prevalência de hipertensão e obesidade.

No entanto, ao comparar fatores de risco gerais para doenças cardiovasculares em bombeiros e na população em geral, parece que o risco é menor ou semelhante. Na França, por exemplo, a avaliação de bombeiros demonstrou que embora alta, a prevalência de fatores de risco foi menor do que na população geral (SAVALL et al., 2020). Nos Estados Unidos, Moffatt e colaboradores (2021) demonstraram que, os bombeiros apresentaram perfil de saúde cardiometabólico semelhante ou melhor do que a população geral. Entretanto, ambas as amostras apresentaram alta prevalência de fatores de risco cardiometabólicos entre indivíduos  $\geq 40$  anos de idade.

Cabe ressaltar que, os fatores de risco cardiovascular podem ser agregados a situações inerentes a profissão de bombeiros. Por exemplo, os turnos de trabalho podem interferir na qualidade do sono (MARCEL-MILLET et al., 2021). Ademais, os alarmes noturnos parecem provocar maior aumento na frequência cardíaca e menor retomada vagal comparados aos alarmes diurnos (MARCEL-MILLET et al., 2021). O tipo de ocorrência também pode ser um fator importante, já que emergências com fogo, quando comparadas as emergências médicas podem ser mais impactantes do ponto de vista cardiovascular, pois provocam maiores aumentos na frequência cardíaca (MARCINIAK, TESCH e EBERSOLE, 2021). O calor severo, em si, também parece aumentar a frequência cardíaca (HEMMATJO et al., 2017), além dos componentes da fumaça de ambientes incendiados que podem aumentar o risco cardiovascular (ADETONA et al., 2016).

Considerando o risco aumentado em ocorrências com fogo, Hunter e colaboradores (2017), compararam bombeiros que realizaram simulação de fogo com controles (bombeiros que realizaram tarefas leves). Os autores observaram que, a simulação aumentou a formação de trombo e a ligação plaquetas-monócitos e atenuou o fluxo sanguíneo do antebraço em resposta à dilatadores (acetilcolina e nitroprussiato de sódio). A atenuação do fluxo foi associada a um aumento na capacidade fibrinolítica, isquemia miocárdica assintomática e um aumento nas concentrações plasmáticas de troponina I. Ou seja, a simulação afetou a coagulação e a função cardiovascular.

O combate a incêndios envolve a execução de tarefas fisicamente exigentes sob condições psicologicamente estressantes em ambientes áridos (SMITH et al., 2016). Nesse contexto, a tensão cardiovascular de combate a incêndios resulta da interação de fatores que incluem: ativação do sistema nervoso simpático; trabalho físico extenuante (aeróbico e anaeróbico); e exposição às condições ambientais e poluentes contidos na fumaça do fogo (SMITH et al., 2016). Enquanto isso, o melhor desempenho em tarefas de combate a incêndio simuladas, foram associados a altos níveis de capacidade aeróbica, altos níveis de potência muscular da parte superior e inferior do corpo e baixo percentual de gordura (XU et al., 2020).

Em suma, a literatura científica tem mostrado que, devido a rotina e atividades inerentes a profissão, bombeiros podem apresentar fatores de risco cardiovascular aumentados quando comparados a população geral. Em outras palavras, fatores como alteração do sono, trabalho físico extenuante e calor extremo, podem ser agravantes para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares.

### 1.3 DESEMPENHO COGNITIVO SOB ESTRESSE

Inicialmente, cabe destacar a definição de cognição. O termo deriva da palavra *cognitioun*, utilizada em meados do século XV para referir-se a “capacidade de compreender, ato mental ou processo de conhecer”. Foi antecedida pela palavra *cognoscere*, do latim, que significa, conhecer. Apesar de, atualmente, as definições para o termo “cognição” ainda serem controversas, a definição de Neisser (1967) é bem aceita. Segundo o autor, “cognição” faz alusão a todos os processos pelos quais a entrada sensorial é transformada, reduzida, elaborada, armazenada, recuperada e usada. São processos presentes mesmo na ausência de estímulo relevante (BAYNE et al., 2019).

Para realização desses processos, são necessárias funções cognitivas como a memória, a linguagem, o raciocínio, as habilidades visuoespaciais, o reconhecimento e a capacidade de resolução de problemas (DALGALARRONDO, 2008). Funções estas, que ao mesmo tempo em que são adquiridas por meio de processos lentos, trabalhosos e onerosos de educação e treinamento, podem se tornar obsoletas à medida que o mundo muda cada vez mais rápido ou podem ser perdidas pelos processos de envelhecimento (DRESLER et al., 2019). Além disso, as pessoas diferem em suas habilidades mentais, permitindo que adquiram certas habilidades mais rapidamente ou mais lentamente, o que pode ter efeitos significativos ao longo da vida. Pessoas buscam desde tempos imemoriais melhorar seu desempenho

cognitivo, mas, a era atual é única, devido aos desafios que crescem rapidamente, e das tecnologias que prometem superá-los (DRESLER et al., 2019).

Juntamente com o interesse na melhora do desempenho cognitivo, o contexto de vida atual vem acompanhado de fatores de risco que contribuem para sua piora. O estresse, por exemplo, parece ser um fator relevante tanto para o aumento do risco cardiovascular, como citado anteriormente, como para a cognição. Isso porque sua manifestação fisiológica acontece por meio da ativação do sistema nervoso autônomo (SNA) simpático e do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal (HPA) que levam a liberação de glicocorticoides (LUPIEN et al., 2009).

A ativação do SNA simpático acontece por meio de informações que partem do hipotálamo e da formação reticular para a ponte e bulbo. Os axônios dos neurônios simpáticos pré-ganglionares projetam-se da medula espinhal através da raiz ventral mais próxima até as células pós-ganglionares na cadeia de gânglios do tronco simpático, onde liberam acetilcolina. Os neurônios pós-ganglionares, por sua vez, atuam por meio da liberação de noradrenalina que ativam receptores adrenérgicos nas células efectoras como músculo liso, células ganglionares e músculo cardíaco. Enquanto isso, neurônios pré-ganglionares também enviam projeções até as células cromafins da medula da glândula suprarrenal, levando a liberação de noradrenalina na corrente sanguínea. Algumas das respostas esperadas são a dilatação da pupila, relaxamento de brônquios, aceleração dos batimentos cardíacos, liberação de glicose pelo fígado, que preparam o indivíduo para a luta ou fuga (KANDEL et al., 2014 e BEAR, CONNORS e PARADISO, 2017).

Já a ativação do eixo HPA acontece inicialmente nos neurônios do núcleo paraventricular do hipotálamo. Esses secretam o fator de liberação de corticotrofina (CRH). O CRH acessa vasos do portal hipofisário, sendo transportado até a hipófise anterior onde acessa as células corticotróficas. Essas, secretam o hormônio adrenocorticotrófico, que através da circulação sanguínea atinge as glândulas adrenais, onde faz-se a síntese e secreção de glicocorticoides (HERMAN et al., 2016). Os hormônios glicocorticoides, são o produto final da ativação do eixo HPA. Este hormônio mantém a homeostase atuando em diversos sistemas corporais (MYERS, MCKLVEEN e HERMAN, 2014). E são importantes para garantir a disponibilidade de energia, em diferentes sistemas e órgãos, mesmo na ausência de estresse (HERMAN et al., 2016).

Embora os glicocorticoides tenham como função a redistribuição de energia necessária para manutenção da homeostase e enfrentamento de ameaças reais ou previstas. O controle adequado da resposta ao estresse é de suma importância, pois a ativação inapropriada ou prolongada do eixo HPA é energeticamente dispendiosa e está ligada a vários estados de

doenças fisiológicas e psicológicas (HERMAN et al., 2016). Exemplos disso são mudanças na neurotransmissão de glutamato no córtex pré-frontal e hipocampo, que influenciam o processo cognitivo e levam a distúrbios psiquiátricos (POPOLI et al., 2013). Provavelmente em decorrência da atrofia dendrítica e inibição da neurogênese (LUPIEN et al., 2009).

O impacto do estresse sobre a cognição pode se apresentar na forma de U invertido (LUPIEN e MCEWEN, 1997). Onde o estresse na faixa leve a moderada tem efeitos benéficos, e é considerado como estimulante. Porém, tanto a completa ausência de estresse quanto o estresse mais grave e/ou prolongado têm efeitos deletérios. Ou seja, a ausência de estresse é experimentada subjetivamente como subestimulante, enquanto o excesso é tipicamente experimentado como superestimulatório.

Muitos dos efeitos do U invertido do estresse no cérebro são explicados pelo sistema de receptores duplos para glicocorticoides. Isso significa que os efeitos benéficos são fortemente mediados pelo aumento da ocupação dos receptores de alta afinidade, enquanto os receptores de glicocorticoides de baixa afinidade e alta capacidade, apenas são substancialmente ocupados quando acontece uma grande secreção de glicocorticoides induzida pelo estresse, prejudicando o padrão de U invertido (SAPOLSKY, 2015). Olver e colaboradores (2015), observaram esse efeito por meio do estresse psicossocial agudo, considerado entre moderado a intenso. Neste estudo, verificaram que o estresse levou a prejuízos na recordação verbal, atenção e memória de trabalho espacial.

Cabe destacar que, a atividade física também é uma estressora, desafia a homeostase, e leva ao aumento da liberação de glicocorticoides e noradrenalina (MASTORAKOS et al., 2005). No entanto, o estresse promovido pela atividade física pode incluir benefícios para a cognição. Alguns exemplos de alterações benéficas são: a liberação de fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) especialmente no hipocampo e córtex levando a neurogênese, sobrevivência, crescimento, diferenciação de neurônios e plasticidade sináptica; aumento da proteína fator de crescimento do endotélio vascular (VEGF) induzida pelo aumento de lactato após o exercício, que leva a angiogênese (formação de vasos sanguíneos), levando ao aumento do fluxo sanguíneo no SNC (Sistema Nervoso Central); aumento dos níveis de serotonina em diferentes regiões do SNC com efeito sobre a neurogênese; e aumento de miocinas como a irisina (LIU et al., 2019).

A irisina é secretada principalmente pela contração de músculos esqueléticos, por meio do aumento da expressão do Coativador 1-alfa do receptor gama ativado por proliferador de peroxissomo (PGC1 $\alpha$ ), que induz a produção de fibronectina tipo III contendo o domínio 5 (FNDC5), uma proteína que, quando clivada, origina a irisina. A irisina pode atuar no sistema

nervoso regulando a secreção de BDNF e a neurogênese hipocampal, aumentando a plasticidade sináptica, reduzindo os danos neuronais e prevenindo a perda de memória em doenças como o Alzheimer (WASEEM et al., 2022).

O estresse causado pela atividade física por meio da liberação de glicocorticoides, BDNF e noradrenalina podem levar a maior liberação de dopamina pela área tegmental ventral (DOUMA e KLOET, 2020; ZSUGA et al., 2016; ZHENG et al., 2014; KOBAYASHI et al., 2022). Consequentemente, por meio de comunicação com o córtex pré-frontal e toda a disponibilização de energia, a dopamina pode levar ao aumento da motivação para o esforço cognitivo. Portanto, ao avaliar o custo benefício de um comportamento, a dopamina influencia a decisão pelo benefício, o que gera um comportamento motivado para a tarefa (DOUMA e KLOET, 2020; WESTBROOK et al., 2020).

O estresse também pode interferir no desempenho cognitivo como consequência do prejuízo na qualidade do sono. Segundo Martire e colaboradores (2020), quando se trata de sono, o estresse parece corresponder ao período de exposição. Isso significa que, o estresse agudo, pode interferir agudamente no sono, enquanto o estresse crônico, pode interferir de maneira crônica, e ainda o estresse perinatal pode levar a modulações epigenéticas no desenvolvimento e persistente alteração do sono ao longo da vida. Csipo e colaboradores (2021) mostraram prejuízos no tempo de reação e atenção sustentada, após 24 horas de privação do sono. Além de respostas hemodinâmicas alteradas no córtex pré-frontal e no córtex somatossensorial durante uma tarefa motora.

O estresse também está associado a maior ingestão calórica por meio de alimentos ricos em gordura e açúcar (COTTER e KELLY, 2018). De fato, a dieta rica em gordura pode levar ao sobrepeso (GUH et al., 2009 e LAM et al., 2015), aumento do colesterol e formação de aterosclerose, comprometendo a função vascular (LI et al., 2021 e TADA, 2021). E como resultado, pode afetar o desempenho cognitivo por contribuir com a disfunção da barreira hematoencefálica, espessamento de vasos sanguíneos que irrigam o cérebro, formação de placas  $\beta$ -amilóide e utilização reduzida de glicose nas principais regiões do cérebro (MORRIS e TANGNEY, 2014 e ROSSETTI et al., 2015).

Esses dados indicam que, o estresse pode interferir negativamente no desempenho cognitivo, seja de forma direta, ou indireta por meio da pior qualidade do sono ou da alimentação, por exemplo. Entretanto, o estresse está constantemente presente em profissões militares, bem como a exigência por alto desempenho cognitivo. Resta saber se, no caso de bombeiros, o estresse pode ser um fator de interferência no desempenho cognitivo.



#### 1.4 DESEMPENHO COGNITIVO EM BOMBEIROS

Considerando os fatores de interferência no desempenho cognitivo, algumas pesquisas foram direcionadas especificamente aos bombeiros. O estudo americano de Stout e colaboradores (2021) avaliou o sono e o desempenho cognitivo em bombeiros. As avaliações ocorreram em dois momentos, antes do início do turno e no final do turno. Os dados mostraram que, interrupções do sono e, especificamente, o número de minutos acordados desde o início do sono até o despertar matinal final, foram associadas a decréscimos no funcionamento cognitivo. O prejuízo foi observado nas tarefas de tempo de reação, velocidade de processamento, memória visual de curto prazo, velocidade psicomotora e coordenação visomotora.

Pesquisadores também têm se preocupado em demonstrar a relação entre o estresse e o desempenho cognitivo em bombeiros (ZARE et al., 2018; HEMMATJO et al., 2020). Possivelmente isso se deve ao fato de, mesmo em momentos de estresse, os bombeiros necessitarem de alto desempenho cognitivo. Por exemplo, precisam de atenção para uso das técnicas e equipamentos de maneira precisa; memória para reconhecer locais, recordar ordens e técnicas; linguagem para se comunicar com a equipe; controle inibitório para agir com cautela frente a riscos; velocidade de processamento para agir rápido em momentos de crise.

Fato é que a profissão de bombeiros pode exigir alto desempenho cognitivo em situações insalubres e estressantes. Tais situações podem ser as mais diversas, como, por exemplo, ver e atender vítimas com corpos dilacerados (PETERSON et al., 2019), exposição a fumaça (HEMMATJO et al., 2018), interrupções no sono (WOLKOW et al., 2016), risco de acidentes no trabalho (YOON et al., 2016), calor excessivo (HEMMATJO et al., 2017), sofrimento moral quando necessitam tomar decisões que vão de encontro com seus valores pessoais (LENTZ et al., 2021).

Estudos nessa direção já demonstram a associação entre estresse e prejuízo no desempenho cognitivo em bombeiros. Na pesquisa de Rodrigues e colaboradores (2018a), por exemplo, o estresse influenciou negativamente a capacidade de responder de forma rápida e eficaz. Neste caso, o estresse foi induzido pelo ‘*Trier Social Stress Test*’ um estressor agudo, e foi associado a menor VFC. Em outro estudo, onde os pesquisadores utilizaram uma atividade simulada de fogo real, também foi verificada pontuações menores de desempenho em testes cognitivos após a atividade (HEMMATJO et al., 2020). Os resultados indicaram que as operações de incêndio e resgate tem um impacto significativo na atenção do bombeiro, no

processamento da informação e na memória de trabalho, que se estende aos estados visuais e auditivos.

O desempenho cognitivo de bombeiros pode ser prejudicado ainda por outros fatores, como, por exemplo, a exposição a níveis tóxicos de monóxido de carbono. Isso porque nos ambientes de incendiados a concentração de monóxido de carbono se eleva rapidamente (KUTI et al., 2022). E já foi demonstrado que pacientes com intoxicação por monóxido de carbono apresentaram redução da espessura cortical no giro frontal superior direito e giro frontal médio rostral bilateral o que foi associado a comprometimento cognitivo (WANG et al., 2023).

A toxicidade causada por hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) formados durante a combustão incompleta da matéria orgânica em ambientes de incêndios, também é um fator relevante. A fim de investigar os efeitos potenciais da exposição ao HAP nas mudanças estruturais no cérebro, Kim e colaboradores (2022) utilizaram dados de acompanhamento de 2 anos de 301 bombeiros com idade superior a 40 anos. As concentrações de HAP foram medidas por meio da urina, e o volume subcortical e a espessura cortical foram estimados usando ressonância magnética. Os pesquisadores encontraram associação entre 1-hidroxifenatreno e 2-hidroxifluoreno e alterações em várias regiões do cérebro em todos os participantes do estudo. Nos indivíduos que nunca fumaram as concentrações basais de 2-naftol e 1-hidroxifenatreno também foram associadas à redução do volume cerebral e afinamento cortical em regiões como frontal, parietal, temporal, occipital, cingulado, cerebelo, hipocampo.

Dessa forma, podemos inferir que, os hábitos de vida dos bombeiros, bem como, o estresse gerado pelas condições adversas da profissão, e as condições insalubres a que estão expostos podem ser fatores de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares e comprometimento cognitivo. Além disso, os mesmos fatores podem prejudicar a saúde, bem estar e o desempenho dos profissionais em suas atividades profissionais, impactando indiretamente a sociedade.

## **2 JUSTIFICATIVA**

O trabalho dos bombeiros é de suma importância para a sociedade. Todos os dias esses profissionais salvam vidas, no entanto, são submetidos com frequência a situações insalubres e de estresse como turnos de trabalho exaustivos, sono interrompido, desgaste físico e mental, exposição a riscos de acidentes, presenciam situações de sofrimento e calor, colocando suas próprias vidas em risco.

Tendo em vista que, a taxa de mortalidade em decorrência de eventos cardiovasculares é alta em bombeiros, torna-se importante entender as respostas cardiovasculares às atividades laborais que eles são expostos frequentemente.

Suas atividades também geram alta exigência cognitiva, precisam agir com rapidez frente a situações de crise, lembrar protocolos, técnicas, locais, estar atentos ao ambiente em que estão e suas mudanças, por isso o menor desempenho cognitivo pode gerar falhas técnicas que implicam na vida de alguém. Portanto, avaliar os efeitos da simulação de combate a incêndio no desempenho cognitivo e nas funções vascular e autonômica em bombeiros militares é de grande importância.

Os testes neuropsicológicos escolhidos são amplamente utilizados na avaliação de funções cognitivas e têm a velocidade de processamento como fator fundamental. A velocidade de processamento e reação é indispensável no desempenho dos profissionais bombeiros.

Ainda, conhecer os dados sobre saúde mental, resposta vascular e autonômica, desempenho cognitivo e qualidade do sono, são importantes para fundamentar intervenções com vistas ao cuidado dos profissionais e maior qualidade do trabalho exercidas por eles à população.

O desenho deste estudo permite encontrar dados fidedignos sobre a população pesquisada, por meio da análise pareada, haja vista que os indivíduos foram controles de si mesmos, eliminando vieses de heterogeneidade, possibilitando uma real contribuição aos participantes e a comunidade científica. Outros benefícios do uso do desenho *cruzado* são diluir a interferência do processo de avaliação, bem como, avaliar menor quantidade de participantes, algo que se fazia especialmente importante durante a pandemia da COVID-19.

### **3 HIPÓTESES**

- H1. Os bombeiros apresentarão desempenho cognitivo atenuado após simulação de combate ao incêndio.
- H2. Os bombeiros apresentarão menor dilatação da carótida após simulação.
- H3. Os bombeiros apresentarão menor VFC antes da simulação.
- H4. Os bombeiros apresentarão fatores de risco elevados para doenças cardiovasculares.
- H5. Os bombeiros apresentarão sintomas elevados de estresse e ansiedade.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar os efeitos da simulação de combate a incêndio no desempenho cognitivo e nas funções vascular e autonômica em bombeiros militares.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar os efeitos da simulação de combate ao incêndio na velocidade de processamento, flexibilidade cognitiva, busca visual, atenção seletiva e comportamento inibitório.
- Avaliar os efeitos da simulação de combate ao incêndio na modulação autonômica para o coração.
- Avaliar os efeitos da simulação de combate a incêndio na reatividade da carótida.
- Avaliar os níveis de atividade física, saúde mental, qualidade do sono e obesidade.

## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 PARTICIPANTES**

Foram recrutados 18 homens, integrantes do Corpo de Bombeiros Militar com no mínimo três anos de profissão. Por conveniência, a amostra foi composta por bombeiros cursando o curso de sargento. Os critérios de exclusão foram: ter doenças cardiovasculares, mentais ou metabólicas visíveis ou conhecidas; processos infecciosos ou inflamatórios; fumantes; apresentar lesões musculares ou articulares; ou utilizar algum medicamento que pudesse influenciar as variáveis analisadas. Dois bombeiros foram excluídos por fazerem uso de drogas que poderiam influenciar as variáveis avaliadas. Um participante foi excluído da análise da modulação autonômica durante o CPT por falha no registro. Registramos o protocolo em um banco de dados clínico (<https://ensaiosclinicos.gov.br>). O Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina aprovou os procedimentos experimentais (protocolo n. 4.942.301). Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Utilizando o software G\*Power versão 3.1.9.2 (FAUL et al., 2009), o cálculo amostral apontou que seriam necessários 28 participantes, considerando erro tipo I (alfa = 0,05) e tipo II (beta = 0,80) para identificar diferenças, no mínimo de 0,50 (efeito médio) no desempenho cognitivo e funções vascular e autonômica. Apesar de não ter sido possível recrutar o n esperado, as respostas das variáveis primárias permitiram realizar uma análise estatística confiável e resultados passíveis de interpretação.

## 5.2 PROTOCOLO EXPERIMENTAL

Este estudo experimental cruzado foi realizado no Corpo de Bombeiros Militar de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. Os participantes fizeram três visitas ao laboratório. Na visita um, os participantes receberam informações sobre a pesquisa e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Nas visitas dois e três, foram realizadas aleatoriamente as seguintes intervenções: a) Simulação de combate a incêndio; b) Controle: em repouso por 10 min (tempo médio de simulação). A randomização foi realizada por meio de software com função de geração de sequência de alocação aleatória (Microsoft Excel®, Microsoft®, Redmond, WA, USA), de forma que metade dos participantes iniciasse com o Controle e metade com a Simulação em cada dia de coleta de dados. O intervalo entre as visitas foi de 7 a 15 dias. Além disso, na visita dois, antes da randomização, os participantes responderam a questionários sobre saúde mental, qualidade do sono e níveis de atividade física e foram submetidos a uma avaliação antropométrica (circunferência abdominal, altura e massa corporal). Nas visitas dois e três, antes de iniciar a Simulação ou Controle, os participantes permaneceram sentados, em repouso, por 5 min. Na visita de controle, uma medição da PA (pressão arterial) em repouso foi realizada em seguida. Após as intervenções, a avaliação do desempenho cognitivo foi realizada por meio do Teste de Trilhas, do Stroop Teste e do teste auditivo compassado de adição seriada (PASAT). Em seguida, a função vascular foi avaliada por meio da reatividade da artéria carótida (CAR) ao CPT. Antes das intervenções, os intervalos cardíacos e a frequência cardíaca (FC) foram registrados por 5 minutos e uma medição da PA foi realizada imediatamente antes das intervenções. Os intervalos cardíacos também foram medidos durante o CPT (Figura 1).

Figura 1 – Desenho experimental



PA, Pressão arterial; VFC, Variabilidade da Frequência Cardíaca; FC, Frequência Cardíaca. Fonte: elaborado pelos autores.

### 5.3 SIMULAÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO

A simulação de combate a incêndio foi elaborada pelos pesquisadores com base nas tarefas realizadas durante o combate a incêndio real. No primeiro contato com os bombeiros, foram explicadas as etapas da simulação. Essa foi realizada em ambiente aberto com temperatura de  $21,1 \pm 2,2$  °C durante os dias de coleta de dados. A Simulação consistiu nos seguintes momentos: a) Preparação – vestir roupas e calçados de combate a incêndio e um cilindro de oxigênio (totalizando ~26 Kg); b) Escalada com equipamento - pegar um rolo de mangueira (~10 Kg) e subir três lances de escada levando-o; deixar a mangueira e voltar para pegar uma segunda mangueira, subir a escada novamente, deixar a mangueira e descer a escada; c) Resgate - arrastar um manequim (~70 Kg) por 40 metros; d) Percurso - percorrer 510 metros o mais rápido possível. Ao findar da simulação, os participantes realizaram a recuperação ativa. Esta consistiu em remover as roupas de combate a incêndios, e caminhar levemente por 5 minutos.

### 5.4 QUESTIONÁRIOS

Para caracterizar os bombeiros quanto à qualidade do sono, nível de atividade física e estado de saúde mental, usamos o Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh (PSQI), o Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ) e a Escala de Depressão, Ansiedade e Estresse-21 (DASS-21), respectivamente.

O PSQI avalia a qualidade do sono no último mês. Quanto maior a pontuação, pior a qualidade do sono (BUYSSSE et al., 1998). A pontuação final classifica o sono como bom (0-4 pontos), ruim (5-10 pontos) e com presença de distúrbio (>10 pontos). Também utilizamos a eficiência do sono fornecida pelo PSQI, que resulta da divisão do número de horas dormidas pelo número de horas na cama multiplicado por 100. Quanto maior o percentual, maior a

eficiência do sono. Ou seja, >85% (escore 0), 75 a 84% (escore 1), 65 a 74% (escore 2) e <65% (escore 3) (BERTOLAZI et al., 2011).

O IPAQ infere os níveis de atividade física da semana anterior (MATSUDO et al., 2001). Foram considerados suficientemente ativos os participantes que praticaram pelo menos 150 min por semana de atividade física moderada ou 75 min por semana de atividade vigorosa. (WHO, 2020).

O DASS-21 avalia o estado de saúde mental na última semana, por meio da escala Likert, onde o número 0 indica “Não se aplicou de maneira alguma”; 1, “Aplicou-se em algum grau ou por pouco tempo”; 2, “Aplicou-se em um grau considerável ou por uma boa parte do tempo”; 3, “Aplicou-se muito ou na maioria do tempo”. A escala contém 21 questões, divididas em três categorias (estresse, depressão e ansiedade), com sete questões para cada. A pontuação final é contada e multiplicada por dois. Para depressão, é considerado normal (0-9 pontos), mínimo (10-13), moderado (14-20), grave (21-27) e muito grave (28+). Para ansiedade, normal (0-7), mínima (8-9), moderada (10-14), grave (15-19) e muito grave (20+). Para estresse, normal (0-14), mínimo (15-18), moderado (19-25), grave (26-33) e muito grave (34+). (PARKITNY e MCAULEY, 2010; VIGNOLA e TUCCI, 2014).

## 5.5 FUNÇÃO COGNITIVA

O Teste de Trilhas, o Teste Stroop e o PASAT foram usados para avaliar o desempenho cognitivo. O Teste de Trilhas contém duas partes, A e B. Avalia atenção, velocidade de processamento, flexibilidade cognitiva e busca visual. Na parte A, o participante deveria ligar uma sequência de 25 números em ordem crescente. Na parte B, a tarefa consistia em intercalar uma sequência de letras em ordem alfabética e números em ordem crescente, totalizando 25 dígitos. Acrescentamos uma letra à parte B, igualando o número de dígitos com a parte A. Para ambas as partes, o desempenho cognitivo foi avaliado por meio do tempo de execução (LLINÀS-REGLÀ et al., 2017; JULIO-COSTA, MOURA e HAASE, 2018).

A versão Victoria do Stroop Test avalia as funções executivas por meio de habilidades de atenção seletiva e comportamento inibitório. Três cartões foram usados. Com o cartão 1, o participante nomeia a cor dos retângulos coloridos. Com o cartão 2, ele identifica a cor da tinta em que as palavras estão impressas. Com o cartão 3, o participante nomeia a cor da tinta das palavras, mas os nomes das palavras correspondem a cores diferentes, gerando um estímulo incongruente (CAMPANHOLO et al., 2014; JULIO-COSTA, MOURA e HAASE, 2018). Neste teste, usamos o tempo de nomeação de cores para avaliar o desempenho cognitivo.

O PASAT consiste em uma sequência de 61 números apresentados de forma audível, separados por 3 segundos de intervalo. O participante deve somar o último número ouvido ao próximo e responder o resultado antes que o número seguinte seja apresentado (TOMBAUGH, 2006; TILBERY et al., 2005). O número de acertos foi considerado como critério de avaliação.

## 5.6 PARÂMETROS CARDIOVASCULARES

A PA foi medida na posição sentada usando um aparelho oscilométrico automatizado (Omron HBP 1100, Kyoto, Japão). A aquisição e o registro da FC e dos intervalos cardíacos foram realizados por meio do sensor Polar H10 e do aplicativo para *smartphone* Elite HRV, respectivamente. As séries de intervalos cardíacos foram usadas para avaliar a VFC.

## 5.7 REATIVIDADE DA ARTÉRIA CARÓTIDA AO TESTE PRESSOR FRIO

O diâmetro da artéria carótida comum esquerda foi avaliado por ultrassonografia (Toshiba Viamo, Toshiba Medical Systems Corporation, Japão) por avaliador experiente. A imagem da artéria carótida comum, proximal ao bulbo carotídeo, foi otimizada para que as paredes das artérias ficassem bem definidas. A velocidade do Doppler também foi registrada no menor ângulo de insonação possível (sempre  $<60^\circ$ ). O diâmetro da artéria carótida foi avaliado em repouso (1 min) e durante o CPT (3 min). O diâmetro médio da carótida em repouso foi considerado o diâmetro basal. Durante o CPT, o diâmetro da carótida foi calculado a cada 10 s, e o valor da maior alteração relativa no diâmetro, acima ou abaixo do diâmetro em repouso, foi usado para calcular o CAR em porcentagem (PEACE et al., 2020). As análises de vídeo foram realizadas por um avaliador cego usando o software FloWave executado em MATLAB 2012b (COOLBAUGH et al., 2016).

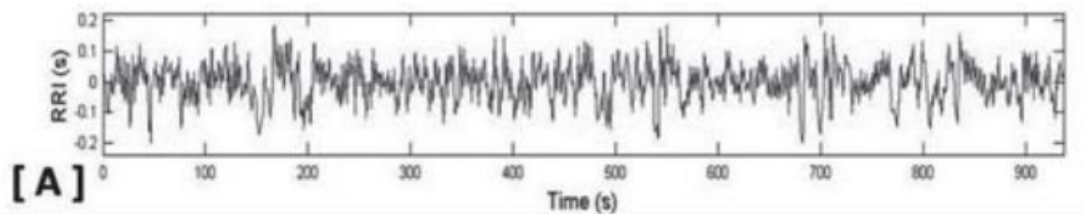
O CPT foi realizado com os participantes em decúbito dorsal em uma maca, posicionado próximo a um dos lados direitos, garantindo a movimentação da mão sem movimentar significativamente o pescoço. Durante o CPT, a mão direita foi submersa em água fria ( $\sim 4^\circ\text{C}$ ). Os participantes foram instruídos a respirar normalmente e não falar durante o teste (PEACE et al., 2020).

## 5.8 VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA



As análises da VFC foram realizadas com o software Kubios HRV Standard. Quando necessário, filtros (o mais baixo possível) foram usados para eliminar intervalos cardíacos ectópicos ou artefatos. Foram analisados os índices no domínio do tempo: desvio padrão dos intervalos cardíacos normais (SDNN) e raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes, em um intervalo de tempo expresso em milissegundos (RMSSD). Uma imagem ilustrativa da VFC no domínio do tempo é apresentada na Figura 2.

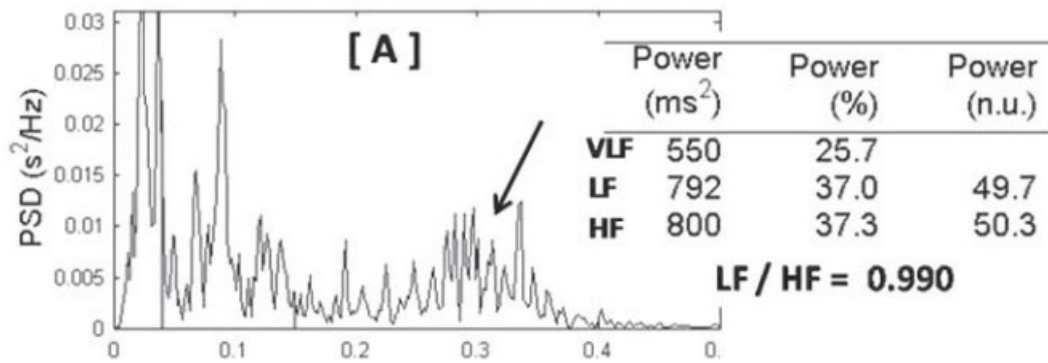
Figura 2 – Ilustração da VFC no domínio do tempo



Análise de um adulto jovem. Imagem adaptada de Vanderlei e colaboradores (2009).

No domínio da frequência, as séries temporais foram transformadas em séries uniformemente espaçadas por interpolação de splines cúbicos (4 Hz) e foram distribuídas em semiconjuntos sobrepostos de 300 pontos (periodograma de Welch). Uma janela de Hanning foi utilizada para mitigar os efeitos colaterais e as séries temporais interpoladas tiveram os espectros calculados pelo algoritmo *Fast Fourier Transform* (Transformação rápida de Fourier - FFT). Os espectros foram integrados nas bandas de baixa frequência (LF; 0,04–0,15 Hz), inferindo uma modulação mista simpática e parassimpática, mas com predominância simpática; alta frequência (HF; 0,15–0,40 Hz), que se correlaciona com a modulação parassimpática do coração. Os dados são apresentados em unidades normalizadas (n.u.) e transformadas em logaritmo natural (Ln). A relação LF/HF foi analisada para avaliar o equilíbrio simpatovagal (TASK FORCE, 1996 e FORMOLO et al., 2022). Uma imagem ilustrativa da VFC no domínio da frequência é apresentada na Figura 3.

Figura 3 – Ilustração da VFC no domínio da frequência



Análise de um adulto jovem. VLF, muito baixa frequência; LF, baixa frequência; HF, alta frequência; LF/HF, equilíbrio simpatovagal. Imagem adaptada de Vanderlei e colaboradores (2009).

Utilizamos uma série de intervalos cardíacos de 5 minutos para analisar a antecipação das intervenções, obtida imediatamente antes de iniciar a Simulação ou Controle para todas as variáveis do domínio do tempo e da frequência. Para análises de CPT, usamos séries de intervalo cardíaco de 1 min (basal, 1<sup>o</sup>, 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> min de teste). Neste caso, devido ao curto período de gravação, utilizamos apenas os dados HF (Ln), conforme sugerido anteriormente (TASK FORCE, 1996).

## 5.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Apresentamos a descrição das variáveis como média  $\pm$  desvio padrão da média. Os dados foram analisados por meio do software estatístico Graphpad Prism 6.0 (Graphpad Inc.; La Jolla, EUA). Verificamos a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Para comparações de visitas de controle e simulação, usamos o teste T de Student com medidas pareadas para dados de distribuição normal e Wilcoxon para dados de distribuição não normal. Utilizamos a análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas para avaliar o HF (Ln) da VFC em função do tempo durante o CPT. Para todos os testes, foi adotado nível de significância de  $P < 0,05$ .

## 6 RESULTADOS

### 6.1 CARACTERIZAÇÃO

A tabela 1 apresenta as características dos bombeiros avaliados, incluindo idade, antropometria, parâmetros cardiovasculares basais, níveis de atividade física, qualidade do sono e saúde mental.

Tabela 1 - Características dos bombeiros

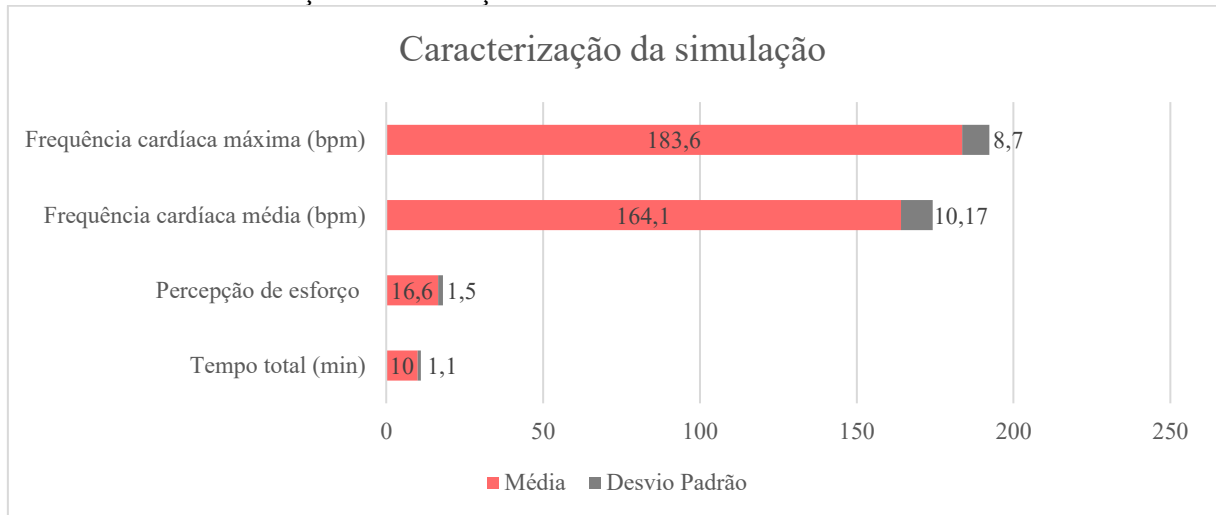
	<b>Média</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Idade (anos)	37,8	5,6
Estatura (m)	1,76	0,08
Massa corporal (Kg)	82,0	12,6
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	26,3	2,5
CC (cm)	87,6	7,5
RCE	0,49	0,03
<b>Hemodinâmica</b>		
PAS (mmHg)	127,5	12,0
PAD (mmHg)	74,5	10,8
PAM (mmHg)	92,1	9,8
FC (bpm)	67,2	8,1
<b>Níveis de atividade Física</b>		
MVPA (min/sem)	138,1	152,1
<b>Qualidade do sono</b>		
Score PSQI	7,0	2,2
Eficiência do sono (%)	91,0	5,3
<b>Saúde Mental</b>		
Depressão	4,63	5,15
Ansiedade	9,50	7,39
Estresse	4,63	3,98

Valores apresentados em média e desvio padrão. n=16. IMC, Índice de massa corporal; CC, Circunferência de cintura; RCE, relação cintura-estatura; PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; PAM, pressão arterial média; PSQI, Índice de Qualidade do Sono de Pittsburgh; FC, frequência cardíaca; MVPA, atividade física moderada-vigorosa.

## 6.2 SIMULAÇÃO DE COMBATE A INCÊNDIO

O gráfico 1 apresenta os dados de caracterização da simulação de combate a incêndio.

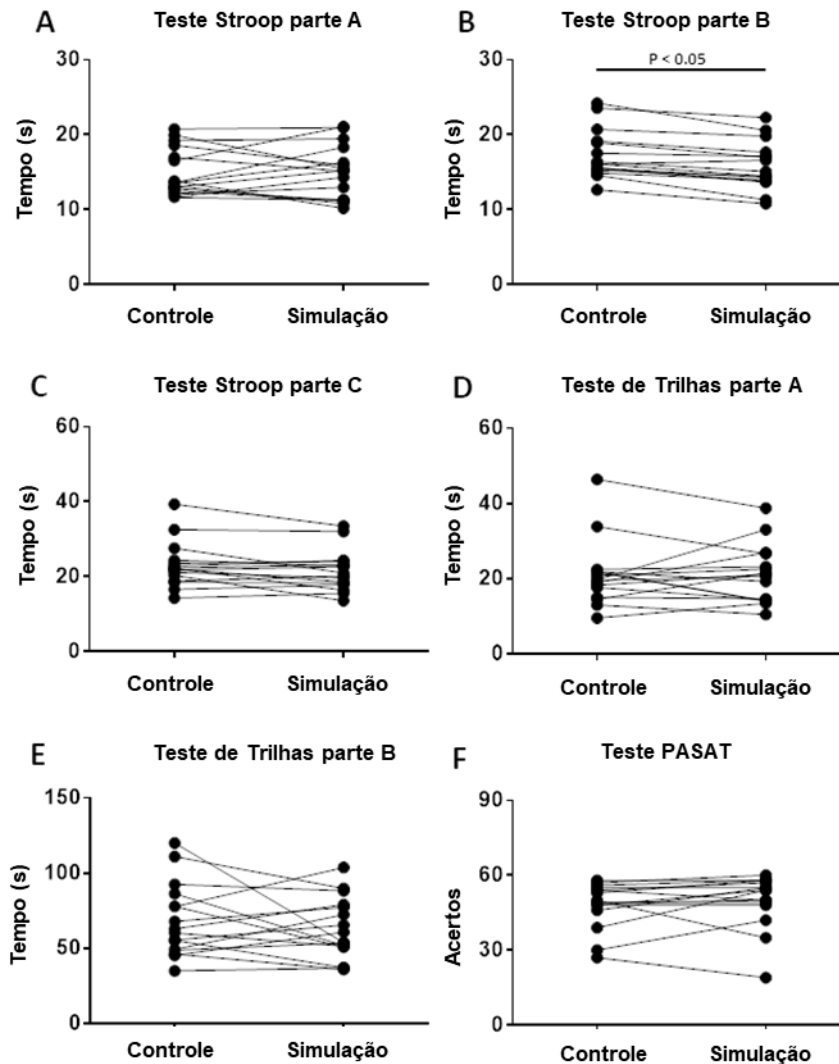
Gráfico 1 - Caracterização da simulação de combate a incêndio



## 6.3 DESEMPENHO COGNITIVO

Após a simulação, os bombeiros realizaram a parte B do Teste Stroop, mais rápido do que após o controle. Não houve diferença entre as intervenções no teste de Trilhas, PASAT, e Stroop Test parte A e C (Figura 4).

Figura 4 - Desempenho cognitivo



Desempenho cognitivo avaliado pelo teste Stroop (painéis A-C); Teste de Trilha (painéis D-E); e PASAT (painel F) em Controle e Simulação. Teste de Wilcoxon para painéis A-D e F; e teste t de Student para o painel E;  $P < 0,05$ ;  $n = 16$ .

#### 6.4 RESPOSTAS DE REATIVIDADE DA CARÓTIDA E MODULAÇÃO AUTONÔMICA AO *COLD PRESSOR TEST*

A análise da reatividade da artéria carótida durante o CPT demonstrou maior dilatação da carótida no controle. Ainda, no controle todos os participantes apresentaram dilatação da carótida durante o CPT, porém na simulação, quatro apresentaram vasoconstrição. Não houve diferença entre as medidas de diâmetro basal e tempo até o pico (Tabela 2).

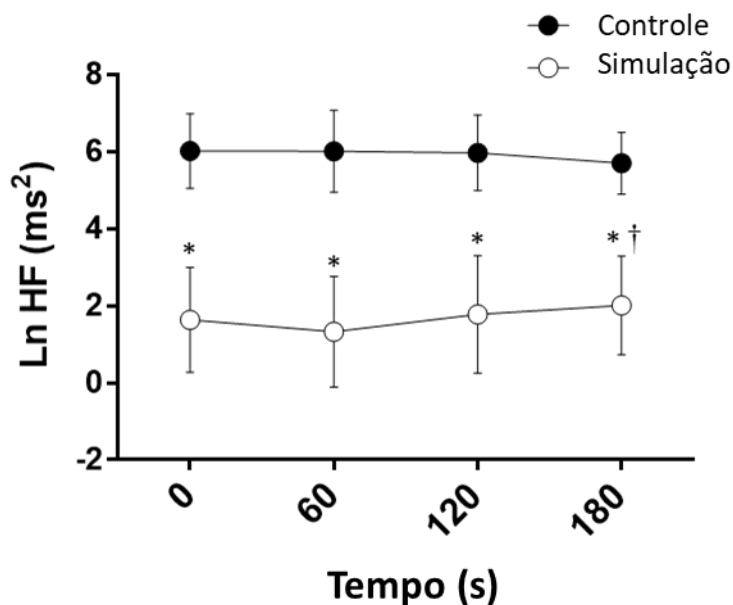
Tabela 2 - Reatividade da artéria carótida ao CPT após o controle e simulação

	Controle	Simulação	Valor P
Diâmetro basal (mm)	6,5±0,6	6,4±0,7	0,6427 <sup>a</sup>
CAR (%)	6,1±5,7	4,3±8,2	<b>0,0010<sup>b</sup></b>
Tempo até o pico (s)	105,0±41,4	114,4±32,6	0,5035 <sup>a</sup>
Vasodilatadores (%)	100	75	
Vasoconstritores (%)	0	25	

Valores apresentados por média ± desvio padrão. <sup>a</sup> Teste T quando distribuição normal e <sup>b</sup> Teste de Wilcoxon quando distribuição não normal. n=16. Comparações significantes estão destacadas em negrito; P < 0,05. CAR, reatividade da artéria carótida.

A análise Ln HF mostrou um efeito de intervenção e uma interação intervenção versus tempo, indicando uma menor modulação parassimpática para o coração durante o CPT após a Simulação em comparação com o Controle (Figura 5).

Figura 5 - Modulação parassimpática para o coração durante o CPT no Controle e Simulação.



Ln HF, logaritmo natural de alta frequência. Análise de variância (ANOVA) para medidas repetidas; \*Significativo vs. Controle; † Significativo vs. 60 s; P < 0,05; n=15.

## 6.5 EFEITO ANTECIPATÓRIO DA SIMULAÇÃO NA HEMODINÂMICA E MODULAÇÃO AUTONÔMICA

As FC média e máxima foram maiores antes da simulação. As medidas de VFC e de PA não apresentaram diferenças entre as intervenções (Tabela 3).

Tabela 3 - Hemodinâmica e modulação autonômica antes do controle e antes da simulação

	Controle	Simulação	Valor <i>P</i>
<b>Hemodinâmica</b>			
FC média (bpm)	69,6±7,2	81,7±6,9	<b>&lt;0,0001<sup>a</sup></b>
FC máxima (bpm)	82,6±8,2	98,1±8,9	<b>&lt;0,0001<sup>a</sup></b>
PAS (mmHg)	127,0±14,5	124,0±15	0,2958 <sup>b</sup>
PAD (mmHg)	73,1±10,9	73,1±5,4	>0,9999 <sup>a</sup>
PAM (mmHg)	90,2±8,6	91,9±6,1	0,3795 <sup>a</sup>
<b>Modulação autonômica</b>			
SDNN (ms)	42,6±12,0	43,6±15,1	0,7791 <sup>a</sup>
RMSSD (ms)	33,0±12,1	26,6±16,2	0,1928 <sup>b</sup>
LF(Log)	6,9±0,7	7,0±0,8	0,5595 <sup>a</sup>
HF(Log)	5,7±0,8	5,5±1,0	0,4450 <sup>a</sup>
LF (n.u.)	73,5±12,2	79,8±8,8	0,1017 <sup>a</sup>
HF (n.u.)	26,4±12,2	20,1±8,8	0,1019 <sup>a</sup>
LF/HF	3,0±4,0	4,1±3,3	0,2312 <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Teste T quando distribuição normal e <sup>b</sup> Teste de Wilcoxon quando distribuição não normal. Comparações significativas estão destacadas em negrito.  $P < 0,05$ .  $n = 16$ . FC, frequência cardíaca; PAS, pressão arterial sistólica; PAD, pressão arterial diastólica; PAM, pressão arterial média; SDNN, média do desvio padrão de todos os intervalos RR normais; RMSSD, raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R sucessivos; LF, baixa frequência; HF, alta frequência.

## 7 DISCUSSÃO

Neste estudo, objetivamos avaliar os efeitos de uma simulação de combate a incêndio no desempenho cognitivo e nas funções vascular e autonômica em bombeiros militares. Os principais achados do estudo foram: I) o desempenho cognitivo foi mantido após a Simulação, II) os bombeiros tiveram menor vasodilatação carotídea após a Simulação, III) houve menor modulação parassimpática para o coração durante o CPT após a Simulação e IV) Embora a FC tenha aumentado, nenhuma resposta autonômica antecipatória foi observada antes da simulação.

Os bombeiros avaliados em nosso estudo apresentaram desempenho cognitivo semelhante em ambas as intervenções e tiveram melhor desempenho no Stroop Teste, parte B, após a Simulação. Estudos anteriores sobre o tema são contrastantes. Hemmatjo e colaboradores (2020) observaram uma redução no desempenho cognitivo no teste PASAT em bombeiros que realizaram uma simulação de incêndio por 30 min. Morley e colaboradores (2012), por sua vez, não observaram alteração no desempenho cognitivo em bombeiros imediatamente após 50 min de exercício em esteira com roupa de proteção térmica em ambiente aquecido. Além disso, observaram melhor desempenho cognitivo 1 hora após o exercício. Nesse estudo, a temperatura corporal aumentou para um nível semelhante ao observado após a extinção do incêndio. Assim,

não é possível afirmar que a temperatura do ambiente ou do corpo interfere no desempenho cognitivo.

Como a Simulação utilizada no presente estudo possui características de exercício físico de alta intensidade, os efeitos de nossa intervenção podem ser semelhantes aos de tal estímulo. Nesse sentido, é possível que, a interação entre a irisina, hormônio produzido principalmente pelo músculo esquelético, mas também pelo cérebro, BDNF, secretado em diferentes regiões do sistema nervoso central e envolvido com o sistema de recompensa, e o sistema dopaminérgico no mesencéfalo (ZSUGA et al., 2016) pode ser um mecanismo envolvido na manutenção do desempenho cognitivo nos bombeiros avaliados. Os níveis de irisina (NYGAARD et al., 2015) e BDNF (FIGUEIREDO et al., 2019) aumentam agudamente em resposta ao exercício de alta intensidade. Além disso, já foi verificado em estudos pré-clínicos que a irisina secretada periféricamente também pode atuar no cérebro, pois parece atravessar a barreira hematoencefálica (RUAN et al., 2019). Dentre suas ações, destaca-se o aumento da expressão do BDNF no cérebro (WRANN, 2013). A ativação de receptores de tirosina cinase B, localizados em neurônios dopaminérgicos na área tegumentar ventral, pelo BDNF exerce influência considerável no conteúdo de dopamina e na motivação relacionada ao sistema de recompensa (ZSUGA et al., 2016). Assim, a motivação associada ao exercício de alta intensidade (MCMORRIS, 2021) pode ser um fator relevante para a manutenção cognitiva observada em nosso estudo. A ideia pode ser reforçada por estudos pré-clínicos que demonstraram que não apenas a neurotransmissão da dopamina, mas também a neurotransmissão da noradrenalina, estimulada pelo exercício agudo (ZHENG et al., 2014), pode se ligar a receptores do tipo D1 (receptor de dopamina) (KOBAYASHI et al., 2022) e a ativação desses receptores pode melhorar o desempenho cognitivo (BUNDEL et al., 2013).

Com relação à reatividade carotídea ao CPT após a Simulação, observamos atenuação da dilatação em relação ao Controle. Novamente, fazendo um paralelo entre a simulação de combate a incêndio utilizada no presente estudo e um exercício físico de alta intensidade, um estudo anterior corrobora nossos achados, pois demonstrou atenuação da vasodilatação carotídea induzida por CPT após uma sessão de treinamento resistido em participantes saudáveis (HEFFERNAN et al., 2017). Imediatamente antes e durante o CPT após a Simulação, encontramos menor modulação parassimpática, indicando predominância simpática para o coração e, possivelmente, para a carótida e outras vias. Assim, hipotetizamos um aumento da noradrenalina, tanto liberada pelos neurônios pós-ganglionares simpáticos quanto circulante (ZHENG et al., 2014 e STROBEL et al., 1999), gerada pelo esforço físico, após a simulação levou à alteração da reatividade carotídea.



Estudos demonstram que, a estimulação dos receptores adrenérgicos  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  adrenérgicos nas células musculares lisas vasculares pela noradrenalina pode limitar a vasodilatação e favorecer a vasoconstrição (POUWELS et al., 2019). Ademais, Van Mil e colaboradores (2018), demonstraram que, o bloqueio dos receptores  $\alpha_1$  com prazosina, atenuou as respostas dilatadoras nas artérias carótidas e coronárias durante o CPT. Portanto, a ativação do receptor  $\alpha_2$  pode estar relacionada à atenuação da dilatação induzida pela Simulação. A redução da função endotelial (CHOI et al, 2016) e o aumento da rigidez arterial (DEVAN et al., 2005 e LEFFERTS, AUGUSTINE e HEFFERNAN, 2014) induzidos pelo esforço físico agudo também podem ajudar a explicar a atenuação da reatividade da artéria carótida observada no presente estudo. Mais estudos são necessários para confirmar essas hipóteses.

No nosso estudo, encontramos efeito antecipatório da FC, mas não das variáveis PA e VFC, avaliadas nos domínios do tempo e da frequência. De acordo com nossos achados, Prell e colaboradores (2020) não encontraram efeito antecipatório em um grupo de bombeiros que realizaram a simulação de extinção de incêndio. Tendo em conta que, em algumas situações, as respostas ao stress parecem diminuir com a frequência das exposições (KOTHGASSNER et al., 2021). É possível que a habituação ao estresse da profissão de bombeiro tenha minimizado as respostas autonômicas antecipatórias.

Neste estudo, considerando a média do grupo, os bombeiros apresentaram sintomas de estresse e depressão dentro da normalidade, enquanto os sintomas de ansiedade estavam minimamente elevados. Entretanto, o auto relato sobre estresse pode ser um método questionável, como concluíram Rodrigues e colaboradores (2018b). Isso porque, os autores observaram que as medidas de VFC diferiram do autorrelato dos bombeiros em medidas realizadas durante uma semana de trabalho. Indicando que nem sempre o estresse fisiológico pode ser detectado por autorrelato. Já Moore e colaboradores (2022) destacam que transtornos mentais são muito comuns na população militar com grande crescimento nos últimos anos. Ao examinarem as taxas de incidência de uma série de condições físicas e psicológicas entre os anos de 2001-2015, verificaram aumentos em transtornos depressivos, transtorno de ansiedade generalizada e transtorno de pânico.

Embora os bombeiros não tenham, neste estudo, apresentado prejuízos significativos na saúde mental, e tenham conseguido manter o desempenho cognitivo, estão mais sujeitos a eventos cardiovasculares em situações de combate a incêndio. Esses achados se alinham com dados publicados anteriormente que apontam para uma alta incidência de morte por eventos cardiovasculares em bombeiros antes, durante ou após o combate a incêndio (KALES et al., 2007). Os bombeiros avaliados no presente estudo apresentaram, em média, sobrepeso,

sintomas de ansiedade e distúrbios do sono, além de serem insuficientemente ativos segundo a OMS, que recomenda pelo menos 150 min/semana de atividade física moderada a vigorosa (WHO, 2020). Tais fatores estão associados a distúrbios cardiovasculares e podem aumentar o risco de eventos cardiovasculares em situações de estresse físico e mental, como combate a incêndios. De fato, transtornos psiquiátricos e excesso de peso alteram a modulação autonômica para o coração (ALVARES et al., 2016 e COSTA et al., 2019), a privação do sono está associada a doenças cardiovasculares (HU et al., 2021) e a função endotelial parece estar prejudicada em indivíduos sedentários após exercícios agudos (VARADY et al., 2010).

Nosso estudo teve limitações, como a falta de controle de temperatura durante a Simulação, devido a sua aplicação em ambiente aberto. Devido ao horário dos bombeiros, nosso processo de randomização foi realizado por conveniência. Esperávamos a inclusão de mulheres no presente estudo, porém, um número pequeno estava participando do curso de sargentos e nenhuma quis participar da pesquisa. Finalmente, embora as simulações sejam fundamentais na pesquisa, elas limitam a extrapolação para situações reais. Já nossos pontos fortes foram a utilização de metodologia de avaliação da função vascular por ultrassonografia e aplicada por profissional experiente, além do uso de questionários validados para o Brasil e testes neuropsicológicos aplicados por psicóloga.

## **8 CONCLUSÃO**

A profissão de bombeiro compreende altas demandas cognitivas, cardiovasculares e autonômicas. Neste estudo, descobrimos que, uma simulação de combate a incêndio não prejudicou o desempenho cognitivo em bombeiros. No entanto, a menor dilatação carotídea associada a alterações na modulação autonômica após a Simulação pode contribuir para maior vulnerabilidade a eventos cardiovasculares em bombeiros durante a atividade laboral.

Sugerimos que, futuras pesquisas abranjam simulações mais longas e com fogo real, além de simulações envolvendo outras atividades exercidas por bombeiros. Sugerimos ainda a inclusão de mulheres e realização de análises biológicas e psicológicas. Tais informações serão importantes para complementar os achados do presente estudo, podendo subsidiar políticas públicas de saúde, bem-estar e qualidade do trabalho para essa população.

## REFERÊNCIAS

- ADETONA, Olorunfemi et al. Review of the health effects of wildland fire smoke on wildland firefighters and the public. **Inhal Toxicol.** v. 28, n. 3, p. 95-139, fev/2016.
- ALVARES, Gail A et al. Autonomic nervous system dysfunction in psychiatric disorders and the impact of psychotropic medications: a systematic review and metaanalysis. **Journal of psychiatry & neuroscience: JPN.** v. 41, n.2 p. 89-104, mar/2016.
- BAYNE, Tim et al. My Word: What is cognition? **Current Biology.** p. 608-615, jun/2019. Disponível em: <[https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822\(19\)30614-1.pdf](https://www.cell.com/current-biology/pdf/S0960-9822(19)30614-1.pdf)> Acesso em: 03 de janeiro de 2023.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: Desvendando o sistema nervoso.** Tradução de Carla Dalmaz et al. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 1016 p.
- BERTOLAZI, Alessandra N. et al. Validation of the Brazilian Portuguese version of the Pittsburgh Sleep Quality Index. **Sleep Medicine,** v. 12, n. 1, p. 70–75, 2011
- BODE, Emilie D. et al. Disease Risk Factors by BMI and Age in United States Firefighters. **Obesity (Silver Spring).** v. 29, n. 7, p.1186-1194, jul/2021.
- BUNDEL, Dimitri de et al. Hippocampal and prefrontal dopamine D1/5 receptor involvement in the memory-enhancing effect of reboxetine. **International Journal of Neuropsychopharmacology.** v. 16, n. 9, p. 2041–2051, out/2013.
- BUYSSE, Daniel J. et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. **Psychiatry Res,** v. 28, n. 2, p. 193-213, mai/1998.
- CAMPANHOLO, Kenia R. et al. Performance of an adult Brazilian sample on the Trail Making Test and Stroop Test. **Dement. Neuropsicol.** São Paulo, v. 8, n. 1, pág. 26-31, mar/2014.
- CHOI, Youngju et al. Acute effect of high-intensity eccentric exercise on vascular endothelial function in young men. **J Strength Cond Res.** v. 30, n. 8, p. 2279–2285, ago/2016.
- COOLBAUGH, Crystal L. et al. FloWave.US: Validated, open-source, and flexible software for ultrasound blood flow analysis. **Journal of Applied Physiology,** v. 121, n. 4, p. 849–857, out/2016.
- COSTA, João et al. Effects of weight changes in the autonomic nervous system: A systematic review and meta-analysis. **Clinical Nutrition.** v. 38, n. 1, p. 110–126, fev/2019.
- COTTER, Elizabeth W. e KELLY, Nichole R. Stress-related eating, mindfulness, and obesity. **Health Psychol.** v. 37, n. 6, p. 516-525, jun/2018.
- CSIPO, Tomas et al. Sleep deprivation impairs cognitive performance, alters task-associated cerebral blood flow and decreases cortical neurovascular coupling-related hemodynamic responses. **Sci Rep.** v.11, n. 1, out/2021.

DAMACENA, Fernanda C. et al. Obesity prevalence in Brazilian firefighters and the association of central obesity with personal, occupational and cardiovascular risk factors: a cross-sectional study. **BMJ Open**. v. 10, n. 3, mar/2020.

DALGALARRONDO, Paulo. **Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

DEVAN, Allison E. et al. Acute effects of resistance exercise on arterial compliance. **J Appl Physiol**. v. 98, n. 6, p. 2287–2291, jun/2005.

DOUMA, Erik H.; KLOET, Ronald E. Stress-induced plasticity and functioning of ventral tegmental dopamine neurons. **Neurosci Biobehav Rev**. v. 108, p. 48-77, jan/2020.

DRESLER, Martin et al. Hacking the Brain: Dimensions of Cognitive Enhancement. **ACS Chem Neurosci**. v. 10, n. 3, p. 1137-1148, mar/2019.

EKELUND, Ulf et al. Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. **Lancet**. v. 388, n. 10051, p. 1302–1310, set/2016.

ESTRELA, Chelsea da et al. Heart Rate Variability, Sleep Quality, and Depression in the Context of Chronic Stress. **Ann Behav Med**. v. 55, n. 2, p. 155-164, mar/2021.

FANG, Su-Chen; WU, Yu-Lin e TSAI, Pei-Shan. Heart Rate Variability and Risk of All-Cause Death and Cardiovascular Events in Patients With Cardiovascular Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies. **Biol Res Nurs**. v.22, n. 1. p.45-56, jan/2020.

FIGUEIREDO, Caique et al. Influence of acute and chronic high-intensity intermittent aerobic plus strength exercise on BDNF, lipid and autonomic parameters. **J Sports Sci Med**. v. 18, n. 2, p. 359–368, jun/2019.

FORMOLO, Natália P. S. et al. Heart rate reactivity to acute mental stress is associated with adiposity, carotid distensibility, sleep efficiency, and autonomic modulation in young men. **Physiology and Behavior**, v. 254, out/2022.

GENDRON, Philippe et al. Cardiovascular Disease Risk Factors in Québec Male Firefighters. **J Occup Environ Med**. v. 60, n. 6, jun/2018.

GUH, Daphne P. et al. The incidence of co-morbidities related to obesity and overweight: a systematic review and meta-analysis. **BMC public health**. v. 9, n. 88, mar/2009.

HEFFERNAN, Kevin S. et al. Carotid artery reactivity during sympathetic activation following acute resistance exercise. **Clinical Autonomic Research**. v. 27, n. 6, p. 417–421, dez/2017.

HEMMATJO, Rasoul et al. The effect of artificial smoke compound on physiological responses, cognitive functions and work performance during firefighting activities in a smoke-diving room: an intervention study. **Int J Occup Saf Ergon**. v. 24, n. 3, p. 358- 365, set/2018.

HEMMATJO, Rasoul et al. The Effect of Various Hot Environments on Physiological Responses and Information Processing Performance Following Firefighting Activities in a Smoke-Diving Room. **Safety and health at work**, v. 8, n. 4, p. 386–392, dez/2017.

HEMMATJO, Rasoul et al. The Effects of Live-Fire Drills on Visual and Auditory Cognitive Performance among Firefighters. **Annals of global health**. v. 86, n. 1, nov/2020.

HERMAN, James P. et al. Regulation of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Stress Response. **Compr Physiol**.v. 6, n. 2, p. 603-21, mar/2016.

HUNTER, Amanda L. et al. Fire Simulation and Cardiovascular Health in Firefighters. **Circulation**. v. 135, n. 14, p. 1284-1295, abr/2017.

HU, Shiyu et al. Individual insomnia symptom and increased hazard risk of cardiocerebral vascular diseases: A meta-analysis. **Front Psychiatry**. v. 12, mai/2021.

JULIO-COSTA, Annelise; MOURA, Ricardo; HAASE, Vitor Geraldi (Orgs.). **Compêndio de Testes neuropsicológicos: Atenção, funções executivas e memória**. 2.ed. São Paulo: Hogrefe, 2018. 220 p.

KANDEL, Eric R. et al. **Princípios de neurociências**. Tradução de Ana Lúcia Severo Rodrigues et al. 5. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KAHN, Steven A.; WOODS, Jason e RAE, Lisa. Line of duty firefighter fatalities: an evolving trend over time. **J Burn Care Res**. v. 36, n. 1, p. 218-224, Jan-fev/2015.

KALES, Stefanos N. et al. Emergency Duties and Deaths from Heart Disease among Firefighters in the United States. **The new England journal of medicine**. Boston, v. 356 n. 12, mar/2007.

KHAJA, Saeed U. et al. Hypertension in the United States Fire Service. **Int J Environ Res Public Health**. v. 18, n. 10, mai/2021.

KIM, Yun T. et al. The effect of polycyclic aromatic hydrocarbons on changes in the brain structure of firefighters: An analysis using data from the Firefighters Research on Enhancement of Safety & Health study. **Sci Total Environ**. v. 816, abri/2022

KIVIMÄKI, Mika; STEPTOE, Andrew. A. Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease. **Nat Rev Cardiol**. v. 15, n. 4, p. 215-229, abr/2018.

KOBAYASHI, Katsunori, et al. Noradrenaline activation of hippocampal dopamine D<sub>1</sub> receptors promotes antidepressant effects. **Proc Natl Acad Sci USA**. v. 119, n. 33, ago/2022.

KOTHGASSNER, Oswald D. et al. Habituation of salivary cortisol and cardiovascular reactivity to a repeated real-life and virtual reality Trier Social Stress Test. **Physiol Behav**, v. 242, dez/2021.

KUTI, Rajmund, et al. Examination of effects of indoor fires on building structures and people. **Heliyon**. v. 9, n. 1, dez/2022.

LAM, Benjamin C. C. et al. Comparison of Body Mass Index (BMI), Body Adiposity Index (BAI), Waist Circumference (WC), Waist-To-Hip Ratio (WHR) and Waist-To-Height Ratio (WHtR) as predictors of cardiovascular disease risk factors in an adult population in Singapore. **PLoS One**. v. 10, n. 4, apr/2015.

LANGEWITZ, Wolf; RÜDDEL, Heinz e SCHÄCHINGER, Harmut. Reduced parasympathetic cardiac control in patients with hypertension at rest and under mental stress. **Am Heart J**. v. 127, n. 1, p. 122-128, jan/1994.

LAVIE, Carl J. et al. Sedentary Behavior, Exercise, and Cardiovascular Health. **Circ Res**. v. 124, n. 5, p. 799-815, mar/2019.

LEE, Jongin et al. Risk of Cerebro-Cardiovascular Diseases among Police Officers and Firefighters: A Nationwide Retrospective Cohort Study. **Yonsei Med J**. v. 63, n. 6, p. 585-590, jun/2022.

LEFFERTS, Wesley K.; AUGUSTINE, Jacqueline A. e HEFFERNAN, Kevin S. Effect of acute resistance exercise on carotid artery stiffness and cerebral blood flow pulsatility. **Front Physiol**. v. 5, mar/2014.

LENTZ, Liana M et al. Compromised Conscience: A Scoping Review of Moral Injury Among Firefighters, Paramedics, and Police Officers. **Frontiers in psychology**, v. 12, mar/2021.

LI, Heng et al. Hepatic cholesterol transport and its role in non-alcoholic fatty liver disease and atherosclerosis. **Progress in lipid research**. v. 11, n. 83, jun/2021.

LIU, Yan et al. The beneficial effects of physical exercise in the brain and related pathophysiological mechanisms in neurodegenerative diseases. **Lab Invest**. v. 99, n. 7, p. 943-957, jul/2019.

LLINÀS-REGLÀ, J. et al. The Trail Making Test: Association With Other Neuropsychological Measures and Normative Values for Adults Aged 55 Years and Older From a Spanish-Speaking Population-Based Sample. **Assessment**, v. 24, n. 2, p. 183–196, mar/2017.

LUPIEN, Sonia J. et al. Effects of stress throughout the lifespan on the brain, behaviour and cognition. **Nat Rev Neurosci**. v. 10, n. 6, p. 434-45, jun/2009.

LUPIEN, Sonia J. e MCEWEN, Bruce S. The acute effects of corticosteroids on cognition: integration of animal and human model studies. **Brain Res Brain Res Rev**. v. 24, n. 1, p. 1-27, jun/1997.

MARCEL-MILLET, Philémon et al. Psychophysiological responses of firefighters to day and night rescue interventions. **Appl Ergon**. v. 95, set/2021.

MARCINIAK, Rudi A.; TESCH, Cody J. e EBERSOLE, Kyle T. Heart rate response to alarm tones in firefighters. **Int Arch Occup Environ Health**. v. 94, n. 5, p. 783-789, jul/2021.

MARTIRE, Lo V. et al. Stress & sleep: A relationship lasting a lifetime. **Neurosci Biobehav Rev**. v. 117, p. 65-77, out/2020.

MASTORAKOS, George et al. Exercise and the stress system. **Hormones (Athens)**. v. 4, n. 2, p. 73-89, abr-jun/2009.

MATHIAS, Kevin C. et al. Changes in Firefighter Weight and Cardiovascular Disease Risk Factors over Five Years. **Med Sci Sports Exerc**. v. 52, n. 11, p. 2476-2482, nov/2020.

MATSUDO, Sandra et al. Atividade Física e Saúde. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. **Atividade Física e Saúde**. v. 6, n. 2, p. 5–18. 2001.

MCMORRIS, T. The acute exercise-cognition interaction: From the catecholamines hypothesis to an interoception model. **International Journal of Psychophysiology**, v. 170, p. 75–88, dez/2021.

MOFFATT, Steven M. et al. Cardiometabolic health among United States firefighters by age. **Prev Med Rep**. v. 23, jul/2021.

MOORE, Brian A. et al. Behavioral and Occupational Health in Military Firefighters: An Understudied Population. **Behavior Modification**, v. 46, n. 3, p. 453–478, mai/2022.

MORLEY, Julia et al. Cognitive function following treadmill exercise in thermal protective clothing. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 5, p. 1733–1740, mai/2012.

MORRIS, Martha Clare & TANGNEY, Christine C. Dietary fat composition and dementia risk. **Neurobiology of aging**. v. 35, n. 2, p. 59-64, set/2014.

MUÑOZ, Elizabeth et al. Stress Is Associated With Neurocognitive Function in Hispanic/Latino Adults: Results From HCHS/SOL Socio-Cultural Ancillary Study. **J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci**. v. 76, n. 4, p. 122-128, mar/2021.

Neisser, Ulric. **Cognitive Psychology**. New York: Appleton-Century-Cros, 1967.

NICHOLSON, Amanda; KUPER, Hannah e HEMINGWAY, Harry. Depression as an aetiologic and prognostic factor in coronary heart disease: a meta-analysis of 6362 events among 146 538 participants in 54 observational studies. **Eur Heart J**. v. 27, n. 23, p. 2763–2774, dez/2006.

NOH, Juhwan et al. Blood pressure and the risk of major adverse cardiovascular events among firefighters. **J Hypertens**. v. 38, n. 5, p. 850-857, mai/2020.

NYGAARD, Havard et al. Irisin in blood increases transiently after single sessions of intense endurance exercise and heavy strength training. **PLoS One**. v. 10, n. 3, mar/2015.

OLIVEIRA, Gláucia Maria Moraes de et al. Estatística Cardiovascular – Brasil 2020. **Arq Bras Cardiol**. v. 115, n. 3, p. 308-439, set/2020.

OLVER, James S. et al. Impairments of spatial working memory and attention following acute psychosocial stress. **Stress Health**. v. 31, n. 2, p. 115-123, abr/2015.

OPIO, Jacob et al. Metabolically healthy overweight/obesity are associated with increased risk of cardiovascular disease in adults, even in the absence of metabolic risk factors: A systematic review and meta-analysis of prospective cohort studies. **Obesity reviews**. v. 21 n. 12, dez/2020;

PARKITNY, Luke e MCAULEY, James. The Depression Anxiety Stress Scale (DASS). **Journal of Physiotherapy**. v. 56, n. 3, 2010.

PEACE, Arron et al. Role of Blood Pressure in Mediating Carotid Artery Dilation in Response to Sympathetic Stimulation in Healthy, Middle-Aged Individuals. **American Journal of Hypertension**. v. 33, n. 2, p. 146-153, feb/2020.

PETERSON, Alan L. et al. Deployed Military Medical Personnel: Impact of Combat and Healthcare Trauma Exposure. **Military Medicine**. v. 184, n. 1-2, p. 133–142, jan/2019.

POPOLI, Maurizio et al. The Stressed Synapse: The Impact of Stress and Glucocorticoids on Glutamate Transmission. **Nature Reviews Neuroscience**, Londres, v. 13, n. 1, p. 22-37, mai/2013.

POUWELS, Sjaak et al. Utility of the cold pressor test to predict future cardiovascular events. **Expert Rev Cardiovasc Ther**. v. 17, n. 4, p. 305–318, abr/2019.

PRELL, Rebecca et al. Heart rate variability, risk-taking behavior and resilience in firefighters during a simulated extinguish-fire task. **Front Physiol**. v. 11, jul/2020.

RODRIGUES, Susana et al. Psychophysiological Stress Assessment among On-Duty Firefighters. **Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc**. p. 4335–4338, jul/2018b.

RODRIGUES, Susana et al. Wearable Biomonitoring Platform for the Assessment of Stress and its Impact on Cognitive Performance of Firefighters: An Experimental Study. *Clin Pract Epidemiol Ment Health*. Oct 31;14:250-262. 2018a

ROMERO, Cabrera J. L. et al. Sleep and Association With Cardiovascular Risk Among Midwestern US Firefighters. **Front Endocrinol (Lausanne)**. v. 12, nov/2021.

ROEST, Annelieke M. et al. Anxiety and risk of incident coronary heart disease: a meta-analysis. **J Am Coll Cardiol**. v. 56, n. 1, p. 38–46, jun/2010.

ROSSETTI, Heidi C. et al Subclinical atherosclerosis and subsequent cognitive function. **Atherosclerosis**, v. 241, n. 1, p. 36-41, jul/2015.

RUAN, Qingwei et al. The effects of both age and sex on irisin levels in paired plasma and cerebrospinal fluid in healthy humans. **Peptides**. v. 113, p. 41–51, mar/2019.

SAVALL, Angélique et al. Prevalence of cardiovascular risk factors in a population of French firefighters. **Arch Environ Occup Health**. v. 76, n. 1, p. 45-51, jun/2021.

SAPOLSKY, Robert M. Stress and the brain: individual variability and the inverted-U. **Nat Neurosci**. v. 18, n. 10, p. 1344-1346, out/2015.

SMITH, Denise L. et al. Cardiovascular Strain of Firefighting and the Risk of Sudden Cardiac Events. **Exerc Sport Sci Rev**. v. 44, n. 3, p. 90-97, jul/2016.



SMITH, Denise L. et al. The Relation of Emergency Duties to Cardiac Death Among US Firefighters. **Am J Cardiol.** v. 123, n. 5, p. 736-741, mar/2019.

SOYSAL, Pinar et al. Handgrip strength and health outcomes: Umbrella review of systematic reviews with meta-analyses of observational studies. **Journal of sport and health science.** v. 10, n. 3, p. 290-295, mai/2021.

STEPTOE, Andrew e KIVIMÄKI, Mika. Stress and cardiovascular disease. **Nat Rev Cardiol.** v. 9, n. 6, p. 360-370, abr/2012.

STOUT, Jeremy W. et al. Sleep disturbance and cognitive functioning among firefighters. **J Health Psychol.** v. 26, n. 12, p. 2248-2259, out/2021.

STROBEL, Gunther et al. Effect of severe exercise on plasma catecholamines in differently trained athletes. **Med Sci Sports Exerc.** v. 31, n. 4, p. 560–565, abr/1999.

TADA, Hayato et al. Effect of Cumulative Exposure to Low-Density Lipoprotein-Cholesterol on Cardiovascular Events in Patients With Familial Hypercholesterolemia. **Circulation journal.** v. 85, n. 11, p. 2073-2078, out/2021.

TASK FORCE. Guidelines Heart rate variability Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal,** v. 17, p. 354–381, 1996.

TILBERY, Charles P. et al. Padronização da multiple sclerosis functional composite measure (MSFC) na população brasileira. **Arq Neuropsiquiatr.** v. 63, n.1, p.127-132, mar/2005.

TOMBAUGH, Tom N. A comprehensive review of the Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT). **Archives of Clinical Neuropsychology.** v. 21, n. 1, p. 53–76, jan/2006.

TROMP, Jasper et al. Age dependent associations of risk factors with heart failure: pooled population based cohort study. **BMJ.** v. 372, n. 461, mar/2021.

VANDERLEI, Luiz Carlos Marques et al. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Rev Bras Cir Cardiovasc.** v. 24, n. 2, p. 205-217, 2009.

VAN MIL, Anke C. C. M. et al. Carotid Artery Reactivity Predicts Events in Peripheral Arterial Disease Patients. **Annals of surgery.** v. 269 n. 4, p. 767-773, abr/2019.

VAN MIL, Anke C. C. M. et al. Correlation of carotid artery reactivity with cardiovascular risk factors and coronary artery vasodilator responses in asymptomatic, healthy volunteers. **Journal of hypertension.** v. 35, n. 5, p. 1026-1034, mai/2017.

VAN MIL, Anke C. C. M. et al. Similarity between carotid and coronary artery responses to sympathetic stimulation and the role of alpha-1receptors in humans. **J Appl Physiol (1985).** v. 125, n. 2, p. 409–418, ago/2018.

VARADY, Krista A. et al. Adipokine responses to acute resistance exercise in trained and untrained men. **Med Sci Sports Exerc.** v. 42, n. 3, p. 456–462, mar/2010.

VIGNOLA, Rose C. e TUCCI, Adriana M. Adaptation and validation of the depression, anxiety and stress scale (DASS) to Brazilian Portuguese. **J Affect Disord**, v. 155, p. 104-109, fev/2014.

WANG, Tianhong et al. Surface-based morphometry study of brain in patients with carbon monoxide poisoning. **Eur J Radiol**. v. 160, mar/2023.

WASEEM, Rashid et al. FNDC5/Irisin: Physiology and Pathophysiology. **Molecules**. v. 27, n. 3, fev/2022.

WESTBROOK, A. et al. Dopamine promotes cognitive effort by biasing the benefits versus costs of cognitive work. **Science**. v. 367, p. 1362-1366, mar/2020.

WHO. **Cardiovascular diseases (CVDs)**. Jun/2021. Disponível em: [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)). Acesso em: 12/07/2021.

WHO. **Guidelines on physical activity and sedentary behaviour at a glance**. 2020. Disponível em < <https://www.who.int/publications/i/item/9789240014886>> Acesso em: 16 de agosto de 2022.

WHO. **The top 10 causes of death**. Dez/2020. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death> Acesso em: 11 abril de 2021.

WOLKOW, Alexander et al. The impact of sleep restriction while performing simulated physical firefighting work on cortisol and heart rate responses. **Int Arch Occup Environ Health**. v. 89, n. 3, p. 461-475, abr/2016.

WRANN, Christiane D. et al. Exercise induces hippocampal BDNF through a PGC-1 $\alpha$ /FNDC5 pathway. **Cell Metab**. v. 18, n. 5, p. 649–659, nov/2013.

XU, Datao et al. Relationship between Firefighter Physical Fitness and Special Ability Performance: Predictive Research Based on Machine Learning Algorithms. **Int J Environ Res Public Health**. v. 17, n. 20, out/2020.

YOON, Jin-Ha et al. Characteristics of Workplace Injuries among Nineteen Thousand Korean Firefighters. **J Korean Med Sci**. v. 31, n. 10, p. 1546-1552, ago/2016.

ZARE, Sajad et al. Comparison of the effect of typical firefighting activities, live fire drills and rescue operations at height on firefighters' physiological responses and cognitive function. **Ergonomics**, v. 61, n. 10, p. 1334-1344, out/2018.

ZHENG, Xinyan et al. Acute intraperitoneal injection of caffeine improves endurance exercise performance in association with increasing brain dopamine release during exercise. **Pharmacol Biochem Behav**. v. 122, p. 136–143, jul/2014.

ZSUGA, Judit et al. FNDC5/irisin, a molecular target for boosting reward-related learning and motivation. **Med Hypotheses**. v. 90, p. 23–28, mai/2016.

**APÊNDICE A –**  
**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está sendo convidado a participar, como voluntário, em uma pesquisa científica da Universidade Federal de Santa Catarina. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, elaborado em duas vias, rubricadas e assinadas. Uma delas é sua e a outra do pesquisador responsável. Em caso de recusa você não será penalizado de forma alguma. Se tiver alguma dúvida procure o Laboratório de Fisiologia Cardiometabólica (LaFiC) no Departamento de Ciências Fisiológicas (CFS) do Centro de Ciências Biológicas (CCB) no Campus Trindade (Florianópolis-SC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

**INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA**

**1. Instituição sede da pesquisa:** Laboratório de Fisiologia Cardiometabólica (LaFiC), Departamento de Ciências Fisiológicas (CFS) do Centro de Ciências Biológicas (CCB) no Campus Trindade (Florianópolis-SC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) telefone fixo (48) 3721-2880.

**2. Título do projeto:** Efeitos da simulação de combate ao incêndio no desempenho cognitivo e funções vascular e autonômica

**3. Pesquisadores responsáveis:** Iara Gonçalves Teixeira e Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta.

**4. Garantia de informação e desistência:** Você será esclarecido sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e a qualquer momento. Você é livre para recusar-se a participar, retirar seu consentimento ou interromper a participação a qualquer momento. A sua participação é espontânea e a recusa em participar não irá acarretar qualquer penalidade ou perda de benefícios.

**5. Descrição do estudo:** A pesquisa acontecerá na sede do Corpo de Bombeiros Militares em Florianópolis-SC. O objetivo geral do presente estudo é avaliar os efeitos da simulação de combate ao incêndio no desempenho cognitivo, e funções vascular e autonômica em bombeiros militares. No primeiro contato, as propostas e objetivos da pesquisa serão apresentados aos voluntários, assim como serão esclarecidas as avaliações as quais eles serão submetidos. Aqueles que concordarem em participar da pesquisa deverão assinar esse termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Os participantes serão avaliados em 3 visitas na sede do Corpo de Bombeiros Militares em Florianópolis. Na primeira visita os participantes assinarão o TCLE e responderão os seguintes questionários: sociodemográfico, qualidade do sono, níveis de atividade física, e saúde mental. As visitas 2 e 3 serão realizadas em ordem randomizada que consistirão em: 1. Simulação de combate ao incêndio; 2. Controle: permanência em repouso pelo mesmo período de tempo da simulação de combate ao incêndio. Na visita 2, antes do início da intervenção os participantes realizarão avaliações antropométricas e o teste de prensão manual. Nas visitas 2 e 3, cinco minutos após o encerramento das intervenções serão realizados os testes de desempenho cognitivo (PASAT, Teste de cores e palavras, Teste de Trilhas) e funções vascular (teste de pressor ao frio) com intervalo de 5 min entre os testes. A pressão arterial será medida antes e após as intervenções e dos testes de função vascular e cognitiva. A frequência cardíaca e o intervalo de pulso serão

medidos continuamente durante todo o protocolo experimental. As medidas de diâmetro da carótida e velocidade de fluxo serão avaliadas por ultrassonografia durante os testes de função vascular. Utilizaremos os dados do hemograma realizado pelos participantes para o curso de sargentos para a avaliação do perfil lipídico.

**6. Coleta de amostra, riscos e desconfortos:** Sua principal colaboração para o estudo será respondendo questionários, realizando avaliações antropométricas e de força e, principalmente, possibilitando a realização de duas intervenções: 1. simulação de combate ao incêndio; 2. Controle: repouso pelo mesmo período de tempo da simulação de combate ao incêndio. Após as duas intervenções será realizada a avaliação da função vascular por meio da reatividade da carótida ao teste de pressor a frio medida por ultrassonografia, além do desempenho cognitivo com testes específicos que avaliam velocidade de processamento, inibição de respostas automáticas, flexibilidade, monitoração da atividade mental, busca visual e atenção. As respostas hemodinâmicas (pressão arterial, frequência cardíaca e intervalo de pulso), serão avaliadas antes, durante e após as intervenções e avaliações. Existem riscos de desconfortos físicos ou psicológicos. Durante a simulação e avaliações é esperado que haja estresse físico e mental. Quanto a ultrassonografia, é possível que haja desconforto na posição em decúbito dorsal e do gel específico que terá contato com a pele para aumentar a qualidade do sinal. Também em decorrência da baixa temperatura da água utilizada no teste de pressor a frio, onde uma das mãos ficará submersa a  $-4\text{ C}^{\circ}$ , por 3 minutos. Aborrecimentos e desconfortos relacionados ao tempo de mobilização. As variáveis avaliadas como peso, altura, e circunferência de cintura, embora sejam avaliadas apenas na presença do pesquisador e do participante podem trazer algum desconforto psicológico, bem como responder aos questionários, especialmente o de saúde mental. Durante as visitas serão tomados todos os cuidados preventivos necessários para proteção contra a Covid-19 e apenas pessoas vacinadas estarão envolvidas com o estudo, contudo, ainda sim, existe risco mínimo de contágio. Por fim, é possível, que você não concorde ou não se sinta confortável psicologicamente ao receber os resultados das avaliações e/ou com as informações apresentadas no decorrer da pesquisa. Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua dignidade.

**7. Confidencialidade:** Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Apenas os membros da pesquisa terão conhecimento dos dados, assegurando assim sua privacidade. Os resultados da pesquisa serão enviados para você, se requisitado, e permanecerão confidenciais. Seu nome ou o material que indique a sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você **não** será identificado em nenhuma publicação que possa resultar deste estudo. Assim, o risco de quebra de sigilo será minimizado ao máximo. Uma cópia deste consentimento informado será arquivada no Laboratório de Fisiologia Cardiometabólica (CFS/CCB-UFSC) e outra cópia será fornecida a você.

**8. Benefícios:** *Diretos:* Ao participar desta pesquisa você receberá informações sobre seu desempenho cognitivo, níveis de atividade física, qualidade do sono, saúde mental e risco cardiovascular. *Indiretos:* Esperamos que este estudo contribua com informações e elementos importantes para desenvolvimento de intervenções que visem o cuidado com os profissionais bombeiros. Também que forneça informações sobre essa população à literatura científica. O pesquisador se compromete a divulgar os resultados obtidos (mantendo sua identidade sob sigilo). Essa intervenção pode contribuir para um diagnóstico de risco cardiovascular precoce e, conseqüentemente, fundamentar intervenções.

**9. Custos da participação, ressarcimento e indenização por eventuais danos:** Os gastos necessários para a participação do voluntário na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores. Assim, fica garantido pelos pesquisadores o ressarcimento das despesas comprovadas pelos participantes da pesquisa e dela decorrentes. Não será disponível nenhuma compensação financeira decorrente da participação do voluntário. Fica garantida indenização em casos de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa. Durante todos os procedimentos de coleta de dados do voluntário estará acompanhado por um dos pesquisadores que lhe prestará toda a assistência necessária.

**10. Esclarecimentos e dúvidas:** Qualquer dúvida a respeito da pesquisa, desde os objetivos, metodologias aplicadas, resultados ou envolvendo sua própria participação podem ser sanadas por telefone: (48) 99655-0952 ou e-mail: iara\_grb@hotmail.com com Iara Gonçalves Teixeira; telefone: (48) 37212880 ou e-mail: guilherme.speretta@ufsc.br com o Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta; ou pessoalmente com Iara Gonçalves Teixeira ou Prof. Guilherme Speretta no Departamento de Ciências Fisiológicas, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina no endereço: Campus Universitário, s/n – Trindade - 88040-900 - Florianópolis - SC. Você também pode entrar em contato com o do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos pelos seguintes meios: 1) telefone: (48) 3721-6094; 2) e-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br, 3) ou pessoalmente: Prédio da Reitoria II da UFSC situado no endereço: Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401, Trindade, Florianópolis/SC. CEP 88.040-400.

---

Iara Gonçalves Teixeira  
(Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Neurociências)

---

Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta  
(Pesquisador responsável)

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem.

Obs: Não assine esse termo se ainda tiver dúvida a respeito.

**CONSENTIMENTO DO VOLUNTÁRIO (A) DE PESQUISA**

Eu, ....., RG nº ..... abaixo assinado, concordo de maneira livre e esclarecida em participar, na condição de voluntário de pesquisa, do estudo intitulado “Efeitos da simulação de combate ao incêndio no desempenho cognitivo e funções vascular e autonômica”. Fui devidamente informado pelos pesquisadores responsáveis, Iara Gonçalves Teixeira e/ou Prof. Dr. Guilherme Fleury Fina Speretta, sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como sobre os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento.

Florianópolis, Santa Catarina, ..... de ..... de 20....

---

Nome completo e legível

Assinatura

## ANEXO A – ÍNDICE DA QUALIDADE DO SONO DE PITTSBURGH

As seguintes perguntas são relativas aos seus hábitos de sono durante o último mês somente. Suas respostas devem indicar a lembrança mais exata da maioria dos dias e noites do último mês. Por favor, responda a todas as perguntas.

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

1. Durante o último mês, quando você geralmente foi para a cama a noite?

Hora usual de deitar: \_\_\_\_\_

2. Durante o último mês, quanto tempo (em minutos) você geralmente levou para dormir a noite?

Número de minutos: \_\_\_\_\_

3. Durante o último mês, quando você geralmente levantou de manhã?

Hora usual de levantar: \_\_\_\_\_

4. Durante o último mês, quantas horas de sono você teve por noite? (Esta pode ser diferente do número de horas que você ficou na cama)

Horas de sono por noite: \_\_\_\_\_

5. Durante o último mês, com que frequência você teve dificuldade para dormir porque você:

A) Não conseguiu adormecer em até 30 minutos

1 = nenhuma no último mês

2 = menos de uma vez por semana

3 = uma ou duas vezes por semana

4 = três ou mais vezes na semana

B) Acordou no meio da noite ou de manhã cedo

1 = nenhuma no último mês

- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

C) Precisou levantar para ir ao banheiro

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

D) Não conseguiu respirar confortavelmente

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

E) Tossiu ou roncou forte

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

F) Sentiu muito frio

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

G) Sentiu muito calor

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana



H) Teve sonhos ruins

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

I) Teve dor

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

J) Outras razões, por favor descreva: \_\_\_\_\_

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

6. Durante o último mês como você classificaria a qualidade do seu sono de uma maneira geral:

Muito boa \_\_\_\_\_ Boa \_\_\_\_\_ Ruim \_\_\_\_\_ Muito ruim \_\_\_\_\_

7. Durante o último mês, com que frequência você tomou medicamento (prescrito ou por conta própria) para lhe ajudar

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana
- 4 = três ou mais vezes na semana

8. No último mês, que frequência você teve dificuldade para ficar acordado enquanto dirigia, comia ou participava de uma atividade social (festa, reunião de amigos)

- 1 = nenhuma no último mês
- 2 = menos de uma vez por semana
- 3 = uma ou duas vezes por semana

4 = três ou mais vezes na semana

9. Durante o último mês, quão problemático foi pra você manter o entusiasmo (ânimo) para fazer as coisas (suas atividades habituais)?

- Nenhuma dificuldade
- Um problema leve
- Um problema razoável
- Um grande problema

**ANEXO B – QUESTIONÁRIO INTERNACIONAL DE ATIVIDADE FÍSICA –  
VERSÃO CURTA**

Nome: \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_ Sexo: F ( ) M ( )

Quantas horas você trabalha por dia: \_\_\_\_\_

Quantos anos completos você estudou: \_\_\_\_\_

De forma geral sua saúde está: ( ) Excelente ( ) Muito boa ( ) Boa ( ) Regular ( ) Ruim

Para responder as questões lembre-se 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 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

**ANEXO C - DASS-21**

Instruções: Por favor, leia cuidadosamente cada uma das afirmações abaixo e assinale o número apropriado 0, 1, 2 ou 3 que indique o quanto ela se aplicou a você durante a última semana, conforme a indicação a seguir:

0 – Não se aplicou de maneira alguma

1 – Aplicou-se em algum grau ou por pouco tempo

2 – Aplicou-se em um grau considerável ou por uma boa parte do tempo

3 – Aplicou-se muito ou na maioria do tempo

1. Achei difícil me acalmar

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

2. Senti minha boca seca

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

3. Não consegui vivenciar nenhum sentimento positivo

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

4. Tive dificuldade em respirar em alguns momentos (ex. respiração ofegante, falta de ar, sem ter feito nenhum esforço físico)

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

5. Achei difícil ter iniciativa para fazer as coisas

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

6. Tive a tendência de reagir de forma exagerada às situações

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

7. Senti tremores (ex. nas mãos)

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

8. Senti que estava sempre nervoso

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

9. Preocupei-me com situações em que eu pudesse entrar em pânico e parecesse ridículo

(a)

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

10. Senti que não tinha nada a desejar

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

11. Senti-me agitado

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

12. Achei difícil relaxar

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

13. Senti-me depressivo (a) e sem ânimo

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

14. Fui intolerante com as coisas que me impediam de continuar o que eu estava fazendo

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

15. Senti que ia entrar em pânico

0 ( )

1 ( )

2 ( )

16. Não consegui me entusiasmar com nada

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

17. Senti que não tinha valor como pessoa

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

18. Senti que estava um pouco emotivo/sensível demais

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

19. Sabia que meu coração estava alterado mesmo não tendo feito nenhum esforço físico  
(ex. aumento da frequência cardíaca, disritmia cardíaca)

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

20. Senti medo sem motivo

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )

21. Senti que a vida não tinha sentido

0 ( )

1 ( )

2 ( )

3 ( )