

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS

FELIPE LOUZADA PARIZ

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS AUTONÔMICAS CARDÍACAS A
UM *EXERGAME* COM AJUSTE DINÂMICO DE DIFICULDADE EM IDOSAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Vitória – ES

2025

FELIPE LOUZADA PARIZ

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS AUTONÔMICAS CARDÍACAS A
UM *EXERGAME* COM AJUSTE DINÂMICO DE DIFICULDADE EM IDOSAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como requisito parcial para obtenção de título em
Bacharel em Educação Física pela Universidade
Federal do Espírito Santo (UFES).

Orientador^a: Prof^a. Dr^a. Luciana Carletti

Coorientador: Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto

Vitória -ES

2025

FELIPE LOUZADA PARIZ

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS AUTONÔMICAS CARDÍACAS A
UM *EXERGAME* COM AJUSTE DINÂMICO DE DIFICULDADE EM IDOSAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Educação Física.

Aprovado em 29 de agosto de 2025.

COMISSÃO EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^aDra. Luciana Carletti
Universidade Federal do Espírito Santo

Coorientador: Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Rodrigo Freire de Almeida
Universidade Federal do Espírito Santo

Me. Paulo Emilio Marchete Rohor
Universidade Federal do Espírito Santo

AGRADECIMENTOS

A vida é um combate árduo que inevitavelmente não encaramos sozinhos. Nesta jornada pelo crescimento, seja ele ético, moral, pessoal ou intelectual, precisamos de ajuda de pessoas que nos apoiam e ajudam a tornar possíveis conquistas que às vezes nem conseguimos imaginar. Agradeço aos meus pais, Livia Louzada e Marcos Pariz, por serem o alicerce mais confiável e sólido que eu poderia querer. Ainda que separados ou distantes, sempre fizeram o possível para que eu pudesse ir mais longe nestes longos anos de formação, e à minha namorada, Tatiana Lunz, por me inspirar e me apoiar a cada passo dado na busca dos meus e dos nossos sonhos, pois sei que, juntos, somos capazes de tudo neste ou em qualquer outro lugar do tempo e espaço. Sem você eu não estaria aqui hoje.

Agradeço imensamente à minha orientadora, professora Luciana Carletti, por ter aceitado tantos riscos quanto desafios de orientar alguém que não tinha quase nenhuma experiência com pesquisa (mas que viria a se apaixonar perdidamente por ela!). Agradeço por ter aberto as portas do Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFEX) para mim e me recebido tão bem na disciplina de Tópicos Especiais em Fisiologia Cardíaca, por todos os ensinamentos dentro destes anos de formação e por todo o cuidado, dentro e fora do campus. Foi uma honra poder aprender e me inspirar na senhora.

Agradeço profundamente ao meu coorientador, professor Anselmo Frizera, por ter me concedido a oportunidade de integrar seu laboratório. Após alguns anos dentro da Universidade, é nítida a dificuldade de adquirir e alocar recursos dentro desse universo particular. Dar a alguém um espaço para estudar, oportunidade de interagir com pessoas, equipamentos, pesquisas e pesquisadores que talvez eu nunca tivesse acesso no Centro de Educação Física tornou essa etapa do meu processo de formação tão extraordinária quanto as pessoas que tive o privilégio de conhecer no Human Centered Systems Lab. Essa oportunidade certamente será o início de um longo processo de formação continuada que não teria sido possível sem o senhor.

Agradeço agora à professora Carla Zimerer, por ter visto em mim um potencial que nem eu sabia que existia. Quando estive perdido entre o mundo acadêmico, o

mercado de trabalho e o fim da graduação, foram suas palavras e seus ensinamentos que abrilhantaram minhas manhãs e clarearam meus pensamentos. Agradeço por cada conselho e cada guloseima compartilhada e pelos puxões de orelha que espero continuar levando (em menor proporção) por muitos anos, independentemente de onde estejamos. Graças à senhora, hoje tenho objetivos cada vez mais bem definidos e uma vontade irrefreável de continuar crescendo, para um dia poder abrir portas para novos estudantes e pesquisadores, assim como prometi que faria como seu filho acadêmico.

Agradeço a todos dos dois laboratórios pela paciência e apoio durante este processo, em especial Lenice Brum, Sabrina Alves e Paulo Marchete Rohor, do LAFEX, e Brayan Moreno e Meilen Salamanca, do HCS, mas saibam que espero continuar podendo contar com vocês durante os longos anos de estudos que virão e que me chamem para seus experimentos. Será um prazer enorme vê-los brilhando mais uma vez. A todos que me ouviram, leram meus textos ou só conversaram comigo em tempos tortuosos, o meu muito obrigado. A gentileza de vocês foi sentida e não será esquecida. Quero deixar aqui uma singela homenagem à minha família que se foi: meu primo Gabriel, tia Carminha, tia Leida e minha prima Gilmara. Não pude estar perto de vocês no fim, mas estaremos sempre juntos em meu coração.

Por fim, não poderia deixar de agradecer especialmente à minha parceira de laboratório Maria Eduarda Franchine, por ter (mais vezes do que nós dois gostaríamos, mas sem nunca reclamar disso) estendido seu horário no laboratório e se disposto a me ajudar em tudo que precisasse. Ver toda a sua dedicação dia após dia fez com que, ainda exausto, eu recuperasse um restinho de força para continuar trabalhando. Obrigado por tudo que enfrentou comigo neste processo e quero que saiba que a realização deste objetivo não seria possível sem você.

Agradeço à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), por ter sido o espaço onde pude crescer não apenas como estudante, mas como pessoa. Foi dentro de seus corredores, salas e laboratórios que aprendi a valorizar a ciência, a disciplina e o compromisso ético com a formação humana e profissional. A UFES me proporcionou não apenas conhecimento, mas também encontros que moldaram quem sou hoje e quem desejo me tornar no futuro.

Ao LAFEX, registro minha profunda gratidão por ter sido minha primeira casa dentro da pesquisa. Ali aprendi a importância da ciência feita com rigor, mas também com sensibilidade; foi ali que compreendi que cada gráfico e cada tabela carregam vidas, histórias e esperanças. O LAFEX me ensinou a não apenas investigar o corpo humano, mas também a respeitar seus limites e a reconhecer a complexidade que existe em cada resposta fisiológica.

Ao HCS, deixo meu reconhecimento e admiração pela oportunidade de vivenciar um espaço onde a tecnologia e a saúde se encontram em benefício das pessoas. Pude experimentar, na prática, o valor da interdisciplinaridade, convivendo lado a lado com engenheiros e cientistas de diferentes áreas, aprendendo com cada conversa, cada teste e cada detalhe de projeto. A experiência no HCS ampliou minha visão acadêmica e pessoal, mostrando-me que a ciência é mais rica quando construída em conjunto, com múltiplos olhares.

RESUMO

Introdução: envelhecimento e o sedentarismo estão associados à redução da Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), marcador não invasivo da função do Sistema Nervoso Autônomo (SNA). A VFC reflete a capacidade do coração de adaptar-se a diferentes demandas fisiológicas: valores mais baixos indicam menor flexibilidade autonômica e maior risco cardiovascular, enquanto valores mais elevados representam melhor equilíbrio entre os ramos simpático e parassimpático. Entre os índices mais utilizados, destacam-se o RMSSD (Root Mean Square of Successive Differences), relacionado à modulação parassimpática; as bandas espectrais LF (Low Frequency) e HF (High Frequency), associadas, respectivamente, à oscilação simpato-vagal e ao controle vagal; e a razão LF/HF, frequentemente usada como indicador da relação simpatovagal. Além da VFC, o desempenho cognitivo-motor pode ser avaliado em tarefas de dupla demanda, integrando componentes de atenção seletiva, memória operacional e coordenação motora. **Objetivo:** Caracterizar a modulação autonômica cardíaca e o desempenho cognitivo-motor antes e após uma sessão de *exergame* com Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD), no início e ao final de 10 sessões de treinamento, em mulheres idosas sedentárias. **Métodos:** Estudo piloto com duas participantes (P1, 72 anos; P2, 68 anos), submetidas a 10 sessões de *exergame* com ADD (20 minutos, 3x/semana). A VFC foi registrada em repouso basal e recuperação (Polar® H10; Kubios HRV). **Resultados:** Após a sessão 1, a P1 apresentou RMSSD = 20,7 ms ($\Delta = 14,2\%$), LF = 423 ms² ($\Delta = 263,8\%$), LF/HF = 2,8 ($\Delta = 342,4\%$) e HF = 150 ms² ($\Delta = -17,8\%$). A P2 apresentou RMSSD = 25,3 ms ($\Delta = 39,3\%$), LF = 220 ms² ($\Delta = -25,7\%$), HF = 410 ms² ($\Delta = 95,6\%$) e LF/HF = 0,6 ($\Delta = -62,0\%$). Após a sessão 10, a P2 apresentou RMSSD = 26,4 ms ($\Delta = 44,0\%$), LF = 221 ms² ($\Delta = 0,72\%$), HF = 1178 ms² ($\Delta = 187,5\%$) e LF/HF = 0,4 ($\Delta = -64,9\%$). Ambas demonstraram melhora do desempenho cognitivo-motor ao longo do programa, com maior acerto nas tarefas e menor tempo de resposta. **Conclusão:** O protocolo de *exergame* com ADD promoveu respostas autonômicas agudas distintas entre as participantes e favoreceu o desempenho cognitivo-motor, sugerindo potencial do método para estimular adaptações autonômicas e cognitivas em idosas sedentárias, com implicações para a promoção da saúde cardiovascular e funcional.

Palavras-chaves: terapia por exercício, sistema nervoso autônomo, jogos eletrônicos de movimento, envelhecimento, cognição, realidade virtual.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	OBJETIVO GERAL	11
2.1	Objetivos Específicos	11
3	MATERIAIS E MÉTODOS	12
3.1	Desenho Experimental	12
3.2	Participantes	14
3.3	Procedimentos	18
	3.3.1 Anamnese	18
	3.3.2 Mini Exame do Estado Mental (MEEM)	19
	3.3.3 Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ – versão curta)	19
	3.3.4 Antropometria	19
	3.3.5 Carga Cognitiva	20
	3.3.6 Medidas da Intensidade	20
	3.3.7 Hidratação e Micção	21
	3.3.8 Variabilidade da Frequência Cardíaca	21
	3.4 Familiarização às Tecnologias	22
	3.5 Descrição do <i>Exergame</i>	23
	3.6 Protocolo de Treinamento	30
4	ANÁLISE ESTATÍSTICA	32
	5 RESULTADOS	32
6	DISCUSSÃO	36
5	CONCLUSÃO	40
7	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O envelhecimento populacional é uma das principais transformações demográficas do século XXI. Até 2050, estima-se que mais de dois bilhões de pessoas terão 60 anos ou mais, correspondendo a cerca de 22% da população global (United Nations, 2022). O processo de senescência associa-se ao aumento de doenças crônicas e declínio funcional, que são potencializados através dos baixos níveis de atividade física observados nessa população. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de 60% dos idosos não alcançam as recomendações mínimas de 150 a 300 minutos semanais de atividade física moderada ou 75 a 150 minutos de atividade física vigorosa (Guthold *et al.*, 2018; WHO, 2022). Este contexto impõe desafios à saúde pública, especialmente na preservação da autonomia, função física e saúde cardiovascular (Gianfredi *et al.*, 2025; Mi, 2025).

Em relação à saúde cardiovascular, o envelhecimento compromete a função do sistema nervoso autônomo (SNA) ao reduzir a atividade parassimpática, aumentar o predomínio relativo do tônus simpático e atenuar a sensibilidade barorreflexa. Essas alterações resultam em menor variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e pior capacidade adaptativa frente a desafios fisiológicos. O SNA é essencial para a regulação da frequência cardíaca, da pressão arterial, da ventilação e do metabolismo (Almeida *et al.*, 2016; Damluji *et al.*, 2024). É composto por dois ramos principais: o sistema nervoso simpático (SNS), que induz respostas de ativação, como aumento da frequência cardíaca, da contratilidade miocárdica e da pressão arterial, e o sistema nervoso parassimpático (SNP), cuja ação é predominantemente moduladora no coração, favorecendo a redução da frequência cardíaca e a recuperação após estímulos estressores (Yang *et al.*, 2024). O desequilíbrio progressivo entre SNS e SNP, agravado pelo envelhecimento e pelo sedentarismo, caracteriza a disfunção autonômica, que reduz a capacidade do organismo de modular adequadamente as variações da pressão arterial — tanto em situações de elevação (hipertensão) quanto de queda (hipotensão, como na ortostática). Esse comprometimento limita a resposta adaptativa a desafios internos (e.g., oscilações pressóricas) e externos (e.g., estresse imposto através do exercício físico) (Wichi *et al.*, 2009). A modulação autonômica cardíaca pode ser representada por meio da medida da variabilidade da frequência cardíaca (VFC), que é considerada um biomarcador não invasivo e sensível. A VFC

representa as flutuações nos intervalos R-R ao longo do tempo e permite inferências sobre a modulação entre SNS e SNP do SNA (Task Force Of The European Society Of Cardiology And The North American Society Of Pacing And Electrophysiology, 1996). Nesse sentido, reduções sustentadas da VFC estão associadas à menor adaptabilidade cardiovascular, aumento da rigidez arterial e maior mortalidade por todas as causas (Jarczok *et al.*, 2022; Shaffer; Ginsberg, 2017). Em contrapartida, níveis mais elevados de VFC indicam melhor plasticidade autonômica cardíaca e saúde cardiovascular, sendo considerados um alvo clínico relevante na prevenção de eventos cardiovasculares. Além disso, a VFC tem sido utilizada como marcador de funcionalidade em idosos, uma vez que valores mais altos estão associados a maior capacidade de adaptação ao exercício físico, melhor desempenho em atividades de vida diária e menor risco de eventos adversos relacionados à instabilidade autonômica (Soares-Miranda *et al.*, 2014; Sánchez-Delgado *et al.*, 2023).

Embora os declínios fisiológicos associados ao envelhecimento sejam inevitáveis, incluindo a redução progressiva da VFC e da plasticidade autonômica, a prática regular de exercício físico representa uma estratégia eficaz para preservar a modulação do SNA e atenuar tais perdas (Sarmiento *et al.*, 2017). Nesse contexto, os *exergames* (i.e., jogos de realidade virtual que envolvem exercício físico) têm se mostrado promissores para aumentar os níveis de atividade física e melhorar a função autonômica cardíaca em idosos (Varas-Díaz *et al.* 2020, Yu *et al.* 2025 e Eggenberger *et al.* 2020).

A RV consiste no uso de tecnologias computacionais capazes de criar ambientes tridimensionais simulados, nos quais o indivíduo pode interagir em tempo real por meio de estímulos visuais, auditivos e motores. Essa imersão permite reproduzir situações da vida real ou propor desafios artificiais que estimulam tanto aspectos físicos quanto cognitivos. No contexto do envelhecimento, a RV é especialmente interessante por oferecer ambientes seguros, controlados e adaptáveis, nos quais idosos podem realizar exercícios com menor risco de quedas, maior estímulo motivacional e engajamento prolongado. Assim, a RV pode funcionar como ferramenta de superação de barreiras comuns à prática de atividade física nessa população, como medo, dor, monotonia ou limitações ambientais, favorecendo o aumento dos níveis de atividade física (AF) e contribuindo para benefícios funcionais

e cardiovasculares. Entre as formas de aplicação da RV, destacam-se os *exergames*, isto é, jogos eletrônicos que combinam atividade física e interação digital, utilizando o movimento corporal para controlar personagens e ações no jogo. Esses jogos ampliam o potencial de engajamento, repetição e intensidade das sessões (Bond et al., 2021; Mead et al., 2023; Hussain et al., 2024). Além disso, sabe-se que sessões de *exergames* de intensidades elevadas podem melhorar a aptidão cardiorrespiratória em adultos (Berg et al., 2022). No entanto, *exergames* (i.e., jogos eletrônicos que combinam atividade física e interação digital, utilizando o movimento corporal para controlar os personagens e ações no jogo) comerciais não ajustam automaticamente a carga de exercício (i.e., o conjunto de variáveis que determinam a intensidade, a duração, a frequência e o volume de uma sessão de treinamento, refletindo o estresse fisiológico imposto ao organismo) ao desempenho individual, o que pode comprometer a relação dose-resposta (Yu et al., 2025).

Nesse sentido, doses muito baixas de exercício podem ser insuficientes para cumprir as recomendações internacionais, enquanto doses excessivas podem sobrecarregar o SNA e representar riscos à saúde (Lin et al., 2024; Wu et al., 2024). Ademais, são escassos os estudos que avaliam a resposta da VFC em programas de *exergames* com DDA em idosos. Neste contexto, caracterizar a resposta da VFC em programas de *exergame* dessa natureza pode contribuir para o desenvolvimento de protocolos personalizados, seguros, engajadores e eficazes na promoção da saúde cardiovascular de idosos.

Nesse sentido, doses muito baixas de exercício podem ser insuficientes para induzir adaptações cardiovasculares relevantes, mantendo elevado o risco de morbidade, enquanto doses excessivas podem sobrecarregar o SNA, favorecendo arritmias, fadiga crônica e risco de eventos adversos em idosos (Lin et al., 2024; Wu et al., 2024). Ademais, são escassos os estudos que avaliam a resposta da VFC em programas de *exergames* com ADD em idosos. Neste contexto, caracterizar a resposta da VFC em programas dessa natureza pode contribuir para o desenvolvimento de protocolos personalizados, seguros, engajadores e eficazes na promoção da saúde cardiovascular. Além disso, *exergames* de dupla tarefa (i.e., atividades que combinam simultaneamente estímulos motores e cognitivos) podem melhorar o desempenho cognitivo-motor de idosos ao estimular funções executivas,

coordenação e equilíbrio, fatores intimamente relacionados à modulação autonômica e à manutenção da funcionalidade.

2 OBJETIVO GERAL

O objetivo principal do presente estudo foi caracterizar a modulação autonômica cardíaca antes e após uma sessão de *exergame* com ajuste dinâmico de dificuldade, no início e ao final do período de 10 sessões de treinamento, em mulheres idosas sedentárias. O objetivo secundário foi descrever a intensidade, a carga cognitiva e o desempenho cognitivo-motor associados a essas mesmas sessões.

2.1 Objetivos Específicos

I. Descrever e comparar os índices de VFC (média dos intervalos R–R, SDNN, RMSSD e pNN50 em valores absolutos, e LF, HF e razão LF/HF em percentuais) nos momentos basal e de recuperação imediata, nas sessões 1 e 10.

II. Descrever as respostas fisiológicas e perceptuais associadas ao *exergame*, incluindo a frequência cardíaca média (FCmédia), frequência cardíaca de pico (FCpico), percentual da frequência cardíaca máxima (%FCmáx), percepção subjetiva de esforço (PSE) e carga cognitiva (CC) autorreferida em todas as sessões.

III. Caracterizar o desempenho cognitivo-motor durante o *exergame* por meio da pontuação obtida no jogo (número de frutas capturadas e tempo de sincronização entre a velocidade de caminhada do participante e da plataforma) e velocidade média da esteira instrumentada de cada sessão.

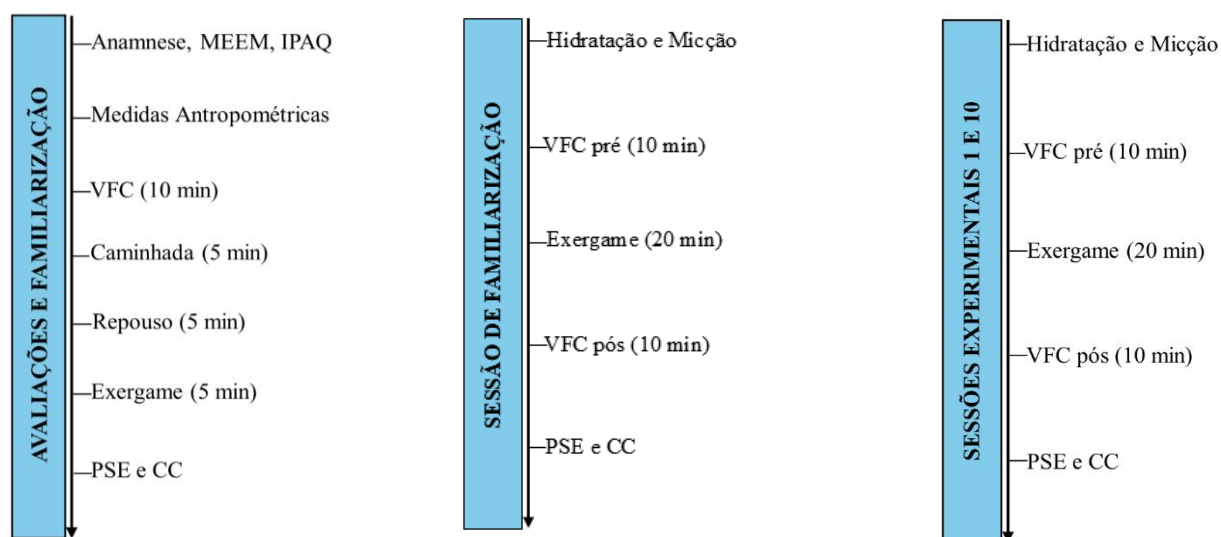
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenho Experimental

O presente estudo caracteriza-se como um estudo de caso, cujo objetivo foi descrever as respostas autonômicas cardíacas de mulheres idosas sedentárias submetidas a dez sessões de um *exergame* de dupla tarefa com ajuste dinâmico de velocidade. Esse delineamento permite uma análise intraindividual aprofundada, com repetidas mensurações fisiológicas e perceptuais ao longo do tempo, favorecendo a identificação tanto de variações agudas quanto de padrões adaptativos específicos de cada participante (Portney, 2020; Kazdin, 2011). Assim, essa abordagem metodológica pode aumentar a sensibilidade para detectar respostas individualizadas na modulação autonômica frente ao treinamento físico com as tecnologias propostas, fornecendo subsídios relevantes para a prática clínica e para o planejamento de estudos subsequentes em maior escala (Portney, 2020; Hopkins, 2000).

O protocolo experimental empregado neste estudo é representado na Figura 1.

Figura 1: Protocolo experimental.



MEEM: Mini Exame do Estado Mental; IPAQ: Questionário internacional de atividade física – do inglês *International physical activity questionnaire*; VFC: Variabilidade da Frequência Cardíaca; PSE: Percepção Subjetiva de Esforço; CC: Carga Cognitiva.

Na primeira visita ao laboratório, as participantes foram submetidas as avaliações pré-intervenção e familiarização as ferramentas avaliativas e tecnologias empregadas no estudo. Nessa etapa, foram aplicados os seguintes instrumentos: Anamnese, Questionário Internacional de Atividade Física – do inglês International physical activity questionnaire (IPAQ), Mini Exame do Estado Mental (MEEM) e medidas antropométricas. Ainda, foi realizada a familiarização com os equipamentos empregados no estudo (esteira instrumentada e *Kinect*) e com as escalas perceptuais utilizadas (PSE e CC).

Na segunda visita ao laboratório, foi realizada a familiarização ao *exergame*, permitindo que as participantes se adaptassem ao ambiente virtual. Em seguida, foi apresentada a dinâmica do jogo em dupla tarefa cognitivo-motora (coleta de frutas com desvio de obstáculos e caminhada na esteira). Essa etapa visou minimizar a ansiedade tecnológica (i.e., resposta emocional negativa caracterizada por medo, tensão ou desconforto diante do uso de dispositivos digitais ou sistemas interativos, podendo reduzir a motivação e o engajamento em programas mediados por tecnologia) e o estranhamento frente ao primeiro contato com o *exergame*, reduzindo possíveis interferências nos parâmetros autonômicos analisados (Lee; Coughlin, 2015).

Posteriormente, foi iniciado o protocolo de *exergame* com 10 sessões (duração de 20 minutos; 3 vezes por semana). Antes de iniciar a sessão, as participantes foram submetidas a controle prévio de hidratação (micção e ingestão de água), de forma a reduzir a influência de variações circadianas e do estado de hidratação sobre a modulação autonômica (Task Force, 1996; Stone *et al.*, 2012). Em seguida, as medidas de VFC foram registradas em repouso (10 minutos), nas sessões 1 e 10. Após a medida de VFC, foram realizadas as sessões de *exergame*. Ao final das sessões, foram aplicadas as escalas de PSE (Borg, 1982), CC (Hart; Staveland, 1988) e a medida da VFC pós-exercício. Durante a realização das sessões, os mesmos horários do dia foram respeitados para cada participante.

3.2 Participantes

Participaram do presente estudo duas mulheres idosas, identificadas como P1 (idade = 72 anos; estatura = 1,53 m; massa corporal = 59,0 kg) e P2 (idade = 68 anos; altura = 1,52 m; massa corporal = 58,8 kg). Para participarem do presente estudo, ambas apresentaram: declaração médica emitida por cardiologista, atestando aptidão para a prática de exercício físico; ausência de histórico de labirintite, alterações vestibulares ou disfunções motoras que limitassem a participação nas sessões; ausência de experiência prévia com jogos em realidade virtual; condição de sedentarismo há pelo menos três meses; nível de atividade física baixo, conforme avaliação por meio do IPAQ; adesão superior a 80% das sessões do protocolo de treinamento.

As duas participantes possuem pós-graduação completa, são aposentadas e residem acompanhadas. Ainda, as P1 e P2 apresentaram função cognitiva preservada, com pontuações de 29 e 28 no MEEM, respectivamente. Estes valores se encontram acima do ponto de corte usual para indivíduos com escolaridade alta (≥ 26), conforme sugerido por Bertolucci et al. (1994). O índice de massa corporal (IMC) foi de 25,2 kg/m² e 25,5 kg/m² para a P1 e P2, respectivamente. Esses valores caracterizam sobrepeso ($\geq 25,0$ a $< 30,0$ kg/m²), de acordo com a classificação da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2025).

Ambas as participantes apresentavam diagnóstico médico de hipertensão arterial sistêmica (HAS) e osteopenia, fazendo uso contínuo de tratamento farmacológico para controle dessas condições (descritas nas Tabelas 1 e 2) sem administração de medicamentos betabloqueadores.

	Medicamento	Grupo farmacológico	Indicação clínica	Dose	Frequência
Participante 1	Olmesartana + Hidroclorotiazida	ARA II + diurético tiazídico	Hipertensão arterial	25mg	1x / dia
	Cloridrato de metformina	Biguanida	Diabetes tipo 2	500mg	1x / dia
	Rosuvastatina Cálcica	Estatina	Dislipidemia	10mg	1x / dia
	Levotiroxina sódica	Hormônio tireoidiano sintético	Hipotireoidismo	25mg	1x / dia
	Oxalato de Excitalopram	ISRS (antidepressivo)	Depressão, Ansiedade	20mg	1x / dia
	Clonazepam	Benzodiazepínico	Ansiedade, Epilepsia	0,25mg	1x / dia
	Melatonina	Hormônio sintético	Distúrbios do sono	5mg	1x / dia
	Domperidona	Antiemético, pró- cinético	Náuseas, Gastroparesia	20mg	1x / dia
	Dorene tabs	Composição não identificada	Desconhecida	40mg	1x / dia

Alendronato	Bifosfonato	Osteoporose, Osteopenia	70mg	1x / semana
Colecalciferol	Vitamina D3	Hipovitaminose D, osteoporose	7000UI	1x / semana

Tabela 1- Lista de medicamentos utilizados pela Participante 1 (P1)

Fonte: próprio autor (2025)

Tabela 2- Lista de medicamentos utilizados pela Participante 2 (P2)

	Medicamento	Grupo farmacológico	Indicação clínica	Dose	Frequência
Participante 2	Losartana	ARA II	Hipertensão, proteção renal	50 mg	1x / dia
	Hidroclorotiazid	Diurético tiazídico	Hipertensão, retenção hídrica	25 mg	1x / dia
	Cloridrato de metformina	Biguanida	Diabetes tipo 2	50 0mg	1x / dia
	Sinvastatina	Estatina	Dislipidemia	20 mg	1x / dia
	Carbonato de cálcio + Colecalciferol	Suplemento polivitamínico	Saúde Óssea	12 50mg + 400UI	1x / dia

Fonte: próprio autor (2025)

Além disso, a P1 apresentou diagnóstico de depressão e histórico de dores crônicas no quadril, sob acompanhamento reumatológico, porém sem interferência funcional durante a marcha ou as atividades propostas. Ainda, esta participante relatou queixas auditivas leves, embora não utilizasse aparelho auditivo. A P2 apresentou diagnóstico para diabetes mellitus tipo 2 controlado, fazendo uso de medicamentos, mas não de insulina. As participantes utilizavam correção óptica para acuidade visual e não apresentavam limitações funcionais que demandassem o uso de dispositivos auxiliares de locomoção. Durante todo o protocolo de treinamento, não foram observadas restrições sensorio-motoras que interferissem na execução do *exergame*. As participantes foram informadas sobre os procedimentos do estudo, previamente aprovados (CAEE: 85684618.4.0000.5542) pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

3.3 Procedimentos

A coleta de dados foi realizada no Human Centered Systems Lab (HCS/UFES), laboratório de pesquisa vinculado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Espírito Santo. O ambiente permitiu o controle rigoroso de variáveis críticas para a validade das medidas fisiológicas, incluindo temperatura (22 a 25 °C), iluminação e nível de ruído, assegurando condições padronizadas de registro. Todos os procedimentos foram conduzidos em ordem previamente estabelecida e por avaliadores devidamente treinados, conforme descrito a seguir.

3.3.1 Anamnese

Na primeira visita ao laboratório, as participantes responderam a uma anamnese estruturada para coleta de informações sociodemográficas (data de nascimento, altura, peso, sexo, raça/cor, histórico de tabagismo, estado civil, arranjo familiar, ocupação e nível de escolaridade) e clínicas (presença de doenças ou condições diagnosticadas; deficiências visuais, auditivas ou motoras; histórico de lesões e procedimentos cirúrgicos; uso atual de medicamentos e utilização de dispositivos assistivos, como óculos, aparelhos auditivos ou recursos para locomoção).

3.3.2 Mini Exame do Estado Mental (MEEM)

Após a anamnese, a avaliação da função cognitiva das participantes foi realizada por meio do MEEM, instrumento amplamente utilizado em pesquisas com idosos e previamente validado para a língua portuguesa (Bertolucci *et al.*, 1994). O MEEM é composto por um conjunto de questões organizadas em cinco domínios: orientação temporal e espacial, registro imediato, atenção e cálculo, evocação (memória recente) e linguagem (nomeação, repetição, compreensão verbal e escrita). Cada item do exame possui uma pontuação atribuída, sendo que a soma dos escores resulta em um valor máximo de 30 pontos. Os pontos de corte adotados seguiram os critérios de adequação cultural e escolaridade propostos por Bertolucci *et al.* (1994): 13 pontos para indivíduos analfabetos; 18 pontos para aqueles com baixa ou média escolaridade, que engloba desde o ensino fundamental completo ou incompleto até o ensino médio incompleto; e 26 pontos para participantes com escolaridade elevada, abrangendo o ensino médio completo, o ensino superior incompleto e o completo.

3.3.3 Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ – versão curta)

O nível de atividade física das participantes foi avaliado por meio da versão curta do Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ-Short Form), previamente validada para a língua portuguesa (Craig *et al.*, 2003). Este instrumento investiga a frequência (dias/semana) e a duração (minutos/dia) de três tipos de atividade realizadas na semana anterior: caminhada, atividade física moderada e atividade vigorosa. A partir das respostas, é possível estimar o gasto energético semanal em MET-minutos/semana e classificar o nível de atividade física em baixo, moderado ou alto (WHO, 2020; Bull *et al.*, 2020).

3.3.4 Antropometria

Após a aplicação do IPAQ-SF, foi realizada a avaliação antropométrica para obtenção dos valores de massa corporal, estatura e cálculo do índice de massa corporal (IMC). A massa corporal foi mensurada em posição ortostática natural, com a participante descalça e vestindo roupas leves, utilizando balança digital (modelo HN-289, Omron Health Care, Jiangsu, China). A estatura foi aferida com estadiômetro

portátil (modelo ES-2060, CESCORF Equipamentos Antropométricos, Porto Alegre, Brasil), com haste retrátil de alumínio e precisão milimétrica, seguindo os procedimentos padronizados. O IMC foi calculado através da fórmula massa corporal (kg) / estatura² (m), sendo interpretado de acordo com os parâmetros da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000): baixo peso (IMC < 18,5 kg/m²), eutrofia (18,5–24,9 kg/m²), sobrepeso (25,0–29,9 kg/m²) e obesidade graus I (30,0–34,9 kg/m²), II (35,0–39,9 kg/m²) e III ($\geq$ 40,0 kg/m²).

3.3.5 Carga Cognitiva

A CC percebida ou esforço mental relatado pelas participantes em relação às sessões de *exergame* foi avaliada por meio de uma escala subjetiva. O instrumento, originalmente descrito por Zijlstra (1993) e posteriormente difundido por Paas e van Merriënboer (1994), consiste em uma escala Likert de 9 pontos, aplicada por meio da pergunta: “Quanto esforço mental foi necessário para que você realizasse esta tarefa?”. As respostas variam de 1 (“esforço mental muito, muito baixo”) a 9 (“esforço mental muito, muito alto”). Até o momento, não foram identificados estudos de tradução, adaptação cultural ou validação dessa escala para a língua portuguesa. Portanto, neste estudo, utilizou-se uma versão traduzida diretamente do inglês por pesquisador fluente, mantendo a estrutura e o significado semântico do instrumento original.

3.3.6 Medidas da Intensidade

Medidas de intensidade fisiológicas (FCmédia, FCpico e %FCmáx e PSE foram utilizadas para avaliar a intensidade durante as sessões do *exergame*.

Para obtenção das medidas fisiológicas, a FC das participantes foi registrada continuamente durante as sessões de *exergame*, utilizando o Polar H10 (Polar Electro OY, Kempele, Finlândia). Assim, foram determinadas a FC média das sessões e a FC pico (valor máximo registrado durante o exercício). Além disso, o %FCmáx atingido durante as sessões foi estabelecido. Para isso, a frequência cardíaca máxima (FCmáx) das participantes foi estimada pela equação proposta por Tanaka et al. (2001): $FCmáx = 208 - (0,7 \times \text{idade})$. As intensidades foram classificadas como muito leve (<57 %FCmáx), leve ($\geq$ 57 a $\leq$ 63 %FCmáx), moderada ($\geq$ 64 a $\leq$ 76 %FCmáx),

vigorosa (≥ 77 a < 95 %FC_{máx}) e quase máxima a máxima (≥ 95 %FC_{máx}) (Coates *et al.*, 2023).

A PSE foi registrada por meio da escala Borg CR-10 (Borg, 1982), na qual as participantes indicaram o esforço percebido respondendo à pergunta: “Quão intenso está sendo seu esforço neste momento?”, em uma escala de 0 (“repouso”) a 10 (“esforço máximo”). Como não foi encontrada uma versão validada em português da escala, utilizou-se uma tradução realizada por um pesquisador bilíngue.

3.3.7 Hidratação e Micção

O estado de hidratação das participantes foi controlado, uma vez que a ingestão adequada de líquidos constitui um fator determinante para o desempenho fisiológico e cognitivo. Estados de hipohidratação podem comprometer a termorregulação, aumentar a sobrecarga cardiovascular e prejudicar funções executivas e atencionais (Castro-Sepúlveda *et al.*, 2015; Watso *et al.*, 2019). Portanto, para minimizar possíveis efeitos da hipohidratação sobre as variáveis investigadas (VFC, FC, PSE e CC) durante as sessões (Sepúlveda *et al.*, 2015; Watso *et al.*, 2019; Kubota *et al.*, 2022), considerando que a baixa ingestão hídrica é frequente em idosos, foi adotada a ingestão padronizada de 200 mL de água, imediatamente após a chegada do participante (10 minutos antes do início das coletas e de cada exercício). Esse volume foi definido de modo a reduzir desconfortos gastrointestinais associados a quantidades maiores em indivíduos idosos, que apresentam maior sensibilidade (Li *et al.*, 2023). Além disso, as participantes foram orientadas a utilizar o banheiro antes do início das sessões de exercício, prevenindo interrupções do *exergame* relacionadas à necessidade de micção.

3.3.8 Variabilidade da Frequência Cardíaca

As medidas da VFC foram realizadas em ambiente controlado, silencioso, com temperatura entre 20 e 25 °C, iluminação indireta e ausência de estímulos visuais ou auditivos, conforme recomendações metodológicas para registros de alta confiabilidade (Damoun *et al.*, 2024; Costa Cutrim *et al.*, 2025; Task Force, 1996). As participantes permaneceram sentadas, com pés apoiados no chão, mãos sobre as coxas e coluna ereta, em repouso absoluto por 10 minutos. Para garantir estabilidade

autonômica, as voluntárias foram instruídas a não falar ou se mover durante o registro. Os intervalos R–R foram obtidos continuamente através do sensor torácico Polar H10 (Polar Electro OY, Kempele, Finlândia), sincronizado ao aplicativo Polar Flow. Os dados foram exportados desse aplicativo em formato .txt para análise no *software* Kubios HRV Standard (versão 3.5.0, University of Eastern Finland, Kuopio). A interpolação foi realizada pelo método de spline cúbica (4 Hz, padrão do software), e os segmentos foram corrigidos com o filtro de artefatos do Kubios, ajustado entre *Strong* (Forte) e *Very Strong* (Muito Forte) conforme a proporção de batimentos ectópicos detectados. Todos os registros apresentaram variação $\leq 5\%$ na correção de artefatos, valor considerado aceitável para análises confiáveis de VFC (Peltola, 2012). Cada coleta teve duração de 10 minutos, sendo selecionado manualmente o segmento final de 5 minutos para análise, a fim de excluir os primeiros minutos de instabilidade das medidas autonômicas. A sessão de familiarização foi excluída das análises, considerando evidências de que a introdução de tecnologias não familiares pode gerar respostas fisiológicas atípicas em idosos (Mitzner *et al.*, 2010; Laborde; Mosley; Thayer, 2017).

Neste estudo, foram analisados índices temporais e espectrais da VFC. Entre os temporais, o SDNN (*Standard Deviation of all Normal-to-Normal intervals*) reflete a variabilidade global, integrando influências simpáticas e parassimpáticas; o RMSSD (*Root Mean Square of Successive Differences*) e o pNN50 (*Percentage of adjacent NN intervals differing by more than 50 ms*) são marcadores robustos da atividade parassimpática (vagal). Na análise espectral, o LF (*Low Frequency*, 0,04–0,15 Hz) expressa componentes simpáticos e parassimpáticos, o HF (*High Frequency*, 0,15–0,40 Hz) é um índice da atividade vagal e o LF/HF representa a razão simpatovagal, utilizada como medida da relação entre os ramos autonômicos (Task Force, 1996).

3.4 Familiarização às Tecnologias

Após as avaliações iniciais (MEEM, IPAQ e medidas antropométricas) e a familiarização à medida de VFC, as participantes foram submetidas a uma etapa de familiarização com as tecnologias utilizadas no protocolo de treinamento (esteira instrumentada e *exergame* Kinect).

Inicialmente, cada participante realizou um período de 5 minutos de caminhada na esteira instrumentada em velocidade confortável. Nesta etapa, as participantes receberam instruções sobre como acelerar e desacelerar a marcha sobre a esteira, bem como foram encorajadas a caminharem sem o apoio das mãos nas barras laterais de segurança. Em seguida, as participantes descansaram por um período de 5 minutos.

Após o descanso, as participantes foram familiarizadas ao Kinect. Para isso, uma foi empregada uma versão simplificada do *exergame* em que apenas os movimentos com os braços foram solicitados. Assim, as participantes subiram na esteira desligada, colocaram os óculos 3D passivos e o sensor Kinect foi calibrado. Em seguida, as participantes foram instruídas a captarem o maior número de frutas que apareciam na tela.

A fase de familiarização com as tecnologias foi realizada para promover adaptação motora, segurança e compreensão das tarefas, reduzir efeitos de aprendizagem inicial e variações fisiológicas, prevenindo respostas autonômicas abruptas e riscos cardiovasculares (devido à falta de familiaridade com as tecnologia), além de favorecer reprodutibilidade, validade interna e engajamento das participantes (Wass *et al.*, 2005; Knutzen *et al.*, 2019; Laborde; Mosley; Thayer, 2017; Carter; Banister; Blaber, 2003; Mitzner *et al.*, 2010; Anderson-Hanley *et al.*, 2012; STANMORE *et al.*, 2017). Os valores da velocidade sobre a esteira e do número de frutas capturadas por cada participante nessa etapa serviram de base para a calibração inicial do nível de dificuldade do jogo, assegurando o ADD e a individualização do programa de treinamento.

3.5 Descrição do *Exergame*

O *exergame* desenvolvido para este estudo foi concebido como um exercício de dupla tarefa com ADD, integrando demandas físicas e cognitivas em um ambiente virtual semi-imersivo. A dinâmica do jogo foi fundamentada nos princípios da Teoria Flow (Csikszentmihalyi, 1990), que descreve o estado psicológico ótimo de engajamento quando há equilíbrio entre desafio e habilidade, metas claras e feedback imediato. Esses elementos, aliados ao sistema de ADD, garantiram progressão

individualizada e estimularam o engajamento das participantes (Guo; Thawonmas; Ren, 2024; Seyderhelm; Blackmore, 2021).

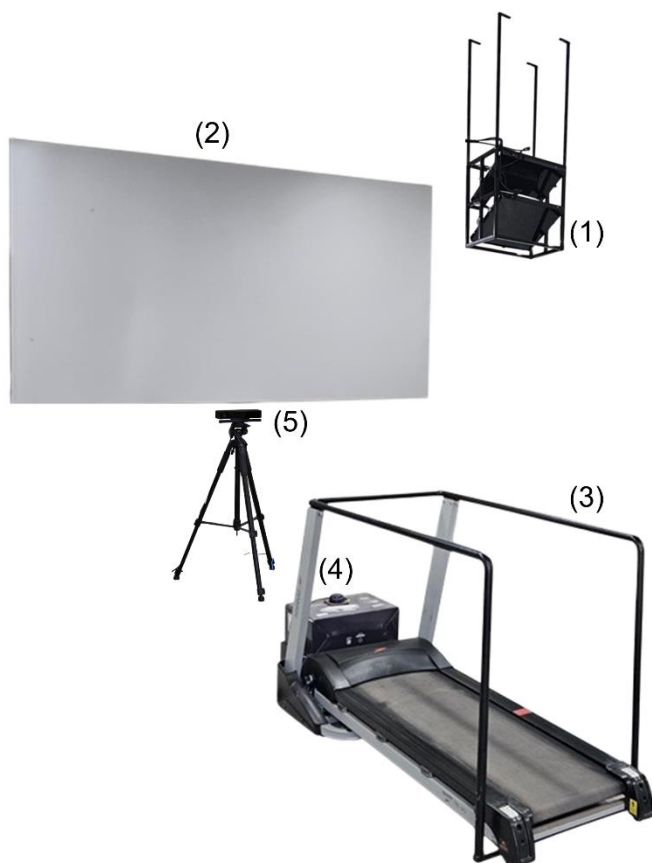
3.5.1 Narrativa

A narrativa do *exergame* situa cada participante em um cenário de fazenda estilizado, apresentado em perspectiva de primeira pessoa, no qual a jogadora deve auxiliar um fazendeiro coletando frutas e vegetais (estímulos do tipo “Go” – do inglês, “vá”) e evitando blocos de gelo (estímulos do tipo “No-Go” – do inglês, “não vá”). Um exemplo de resposta seletiva ocorre quando a participante direciona a atenção apenas para frutas e vegetais, ignorando estímulos neutros do ambiente. Já a inibição de respostas automáticas é necessária quando blocos de gelo aparecem no trajeto: embora o impulso imediato seja reagir a qualquer objeto visual, a tarefa exige que a jogadora não responda, exercendo controle inibitório. Paralelamente, um coelho atua como guia ao longo do trajeto, estabelecendo a velocidade-alvo de deslocamento a ser atingida pela participante. Esse enredo foi desenvolvido com base em princípios de gamificação (Moon; Khan, 2024), nos quais a história tem função motivacional, integra elementos motores e cognitivos e favorece a imersão da participante. A presença do coelho funciona como marcador narrativo e funcional, conectando o desafio motor (ajuste da passada para manter-se na plataforma virtual) ao desafio cognitivo (atenção seletiva, sendo esta a capacidade de direcionar o foco apenas para os estímulos relevantes, como frutas e vegetais que devem ser coletados e inibição de respostas automáticas, já esta sendo a capacidade de conter o impulso de reagir a estímulos distratores, como blocos de gelo, que exigem a decisão consciente de não responder). A narrativa é composta por dois cenários sazonais: no outono (sessões 1 a 5), o ambiente apresenta árvores alaranjadas, folhas caídas no solo e sons de vento suave, transmitindo a ideia de transição inicial; no inverno (sessões 6 a 10), o cenário é coberto de neve, com árvores despidas, sons de vento frio e blocos de gelo mais frequentes, criando maior desafio visual e cognitivo.

3.5.2 Componentes do Sistema

A implementação do *exergame* integrou três componentes principais em um único sistema (Figura 2).

Figura 2: Componentes do sistema do *exergame*



. (1) Projetores BenW1110 paralelos; (2) Tela plana reflexiva de 120 polegadas; (3) UFES *SmartTreadmill*; (4) Sensor a laser SLAMTEC RPLidar A3; (5) Sensor Kinect V2S.

1) *Sistema de Projeção Estereoscópica* – O *exergame* foi desenvolvido na plataforma Unity e projetado por dois projetores BenQ W1110 (Figura 2 (1)), configurados com filtros polarizados ortogonais para visualização com óculos 3D passivos. Uma tela refletiva de 120 polegadas foi adotada (Figura 2 (2)). Essa configuração permite percepção de profundidade binocular, proporcionando noção tridimensional dos elementos do ambiente virtual, ao mesmo tempo em que mantém a consciência do espaço físico real. Dessa forma, caracteriza-se como um sistema de realidade virtual semi-imersivo, adequado para contextos seguros com idosos (ROSE; NAM; CHEN, 2018).

2) *Esteira Instrumentada*: Desenvolvida no Human-Centered Systems Laboratory (HCS/UFES), a esteira *UFES Smart Treadmill* não possui painel de botões, diferenciando-se das esteiras convencionais (Figura 2-3). O sistema dessa

esteira conta com automação baseada em encoder óptico (Omron E6B2-CWZ6C) e sensor LIDAR SLAMTEC (RPLidar A3) (Figura 2-4), que monitoram a velocidade e o posicionamento das pernas do usuário. O controle é realizado por um microcontrolador STM32 Black Pill V3 e um inversor WEG CFW-08, permitindo ajuste automático da velocidade em tempo real com base no comprimento e na frequência da passada, com segurança adicional proporcionada por margens de assistência de +0,05 km/h, garantindo naturalidade no padrão locomotor (MORENO; MELLO; FRIZERA, 2024).

3) *Kinect V2*: O sensor Kinect para Windows v2 (Microsoft) foi utilizado para rastreamento tridimensional em tempo real dos membros superiores. Por meio deste sensor, pontos articulares-chave (punhos e ombros) foram capturados para calibrar o alcance manual e detectar colisões com objetos virtuais. As frutas coletadas geraram ganho de pontos (ganho de um ponto por fruta), enquanto colisões com blocos de gelo resultaram em penalização (perda de um ponto por fruta). Esse design baseou-se em paradigmas do tipo Go/No-Go, que permitem avaliar simultaneamente precisão motora e controle inibitório (ZHANG *et al.*, 2024).

3.5.3 Pontuação e Feedback

A lógica de pontuação estabelecida para o *exergame* foi estruturada a partir das duas tarefas cognitivas-motoras associadas aos respectivos subsistemas:

- 1) *Tarefa cognitiva-motora (Kinect)*: pontuação dada através da diferença entre frutas coletadas (estímulos Go) e colisões com flocos de gelo (estímulos No-Go);
- 2) *Tarefa cognitiva-motora (Esteira instrumentada)*: pontuação cumulativa de 1 ponto por cada segundo em que o participante permanece sobre a plataforma virtual que delimita a velocidade-alvo.

Os *feedbacks* relacionados às tarefas cognitivas-motoras são demonstrados na Figura 3.

Figura 3: Visão do participante durante o jogo.



À medida que o participante caminha na esteira, o coelho se desloca à sua frente, enquanto as frutas a serem coletadas surgem em direção ao participante. Na parte superior da tela, o painel que exibe, em sequência da esquerda para a direita: um relógio indicando o tempo da sessão de exercício; moedas representando a quantidade de frutas coletadas; a imagem de um tênis, que sinaliza a pontuação conforme o participante permanece sobre a plataforma; e, por fim, o limite de velocidade alvo estabelecido para o intervalo atual.

O feedback durante a tarefa cognitiva-motora 1 foi fornecido por estímulos visuais, por meio da pontuação exibida na parte superior da tela, e auditivos, através de sons indicando *feedback* positivo ou negativo para objetos coletados e colisões com blocos de gelo, respectivamente. Na tarefa cognitiva-motora 2, o *feedback* visual consistia na pontuação acumulada na parte superior da tela, que aumentava a cada segundo em que a participante se mantinha sobre a plataforma atingindo a velocidade-alvo. Quando a velocidade de marcha ficava abaixo do alvo, a plataforma verde mudava para laranja, sinalizando o início do afastamento da velocidade-alvo, e para vermelho, indicando afastamento significativo, orientando a participante a acelerar o ritmo da caminhada.

Além disso, ao final de cada intervalo de 5 minutos de jogo, mensagens visuais eram exibidas na tela, informando se o desempenho da participante havia sido alto ou baixo e se a dificuldade seria ajustada para um nível acima ou abaixo.

Adicionalmente, ao final de cada sessão, era exibida à participante uma tela comparativa (Figura 4) apresentando os *scores* das tarefas cognitivo-motoras da

sessão anterior e da sessão atual, reforçando a percepção de progresso. Esse modelo de feedback multimodal foi concebido para favorecer a autorregulação motora e cognitiva, reduzir a sobrecarga da memória de trabalho (i.e., sistema cognitivo responsável por manter e manipular informações de forma temporária durante a execução de tarefas complexas) e aumentar o engajamento (Sweller, 1988; Abtahi *et al.*, 2022).

Figura 4: Visão do participante ao finalizar o jogo.



Nesse momento, o sistema fornece um feedback comparando a sessão atual com a anterior, permitindo que o participante analise seu desempenho e progresso em relação aos objetivos, além de sinalizar aspectos a serem aprimorados para a próxima sessão. Na tela, são exibidos da parte superior para a inferior o número da sessão anterior e da atual, suas respectivas datas, a quantidade de frutas coletadas e a velocidade alcançada.

3.5.4 Ajuste Dinâmico de Dificuldade (ADD)

Os ADD foram estabelecidos de forma independente para as tarefas cognitivo-motoras 1 e 2 e de forma individualizada para cada participante. Este ajuste foi adotado com o objetivo de manter o equilíbrio entre desafio e habilidade percebida, princípio central da Teoria Flow (Csikszentmihalyi, 1990). De acordo com essa teoria, o estado ótimo de engajamento ocorre quando o desafio imposto é suficientemente elevado para estimular a atenção e a motivação, mas não a ponto de gerar frustração ou abandono. No presente estudo, o ADD buscou evitar tanto a sobrecarga cognitiva

(ex.: excesso de estímulos simultâneos que poderiam comprometer o desempenho atencional), quanto a sobrecarga funcional/fisiológica (ex.: intensidade motora além da capacidade individual, levando à fadiga precoce). Em paralelo, o sistema preveniu a estagnação do desempenho, garantindo progressão incremental e individualizada. Dessa forma, o ADD favorece a expressão da variabilidade interindividual de respostas fisiológicas e cognitivas, aspecto relevante para a interpretação de seus efeitos (Sezgin, 2022; Guo; Thawonmas; Ren, 2024).

O ADD aplicado para cada tarefa cognitivo-motora foi estabelecido, inicialmente, com base nos valores do desempenho de cada participante (capacidade máxima inicial) no período de 5 minutos durante a familiarização às tecnologias (Kinect ou esteira instrumentada). Para o cálculo do ADD, um programa de 3 meses de treinamento com *exergame*, com sessões com aumento progressivo de duração (20, 25 e 30 minutos) foi considerado, conforme descrito a seguir:

1) *Tarefa cognitiva-motora 1 (Kinect)*: Para estabelecer o ADD para esta tarefa, a Capacidade Máxima Inicial de cada participante foi definida conforme o número total de frutas coletadas em 5 minutos durante a familiarização. A partir desse valor, foi estabelecida a quantidade base, equivalente a 70% da capacidade máxima da participante. O Fator de Adaptação foi calculado por meio da diferença entre a quantidade base e a capacidade máxima Inicial, dividido pelo número total de intervalos de 5 minutos em cada sessão. O total de intervalos foi calculado conforme a fórmula:

$$\text{Total de intervalos} = \frac{20 \text{ min}}{4 \text{ intervalos} \times 5 \text{ min}} \times 4 \text{ semanas} + \frac{25 \text{ min}}{5 \text{ intervalos} \times 5 \text{ min}} \times 4 \text{ semanas} + \frac{30 \text{ min}}{6 \text{ intervalos} \times 5 \text{ min}}$$

O Fator de Adaptação foi determinado de acordo com a equação:

$$\text{Fator de Adaptação} = \frac{\text{Quantidade Base} - \text{Capacidade Inicial Máxima}}{\text{Total de intervalos}}$$

Portanto, durante as sessões de *exergame*, ao final de cada intervalo de 5 minutos de jogo transcorrido, o jogo calculava automaticamente o desempenho da

participante. Caso a participante apresentasse um desempenho acima ou abaixo de 70% do desafio proposto (i.e., de captura de frutas que surgiam da tela), a dificuldade era aumentada ou reduzida, respectivamente, conforme o Fator de Adaptação.

2) *Tarefa cognitiva-motora 2 (Esteira instrumentada)*: O ADD para esta tarefa foi calculado com base na familiarização à esteira instrumentada. Portanto, inicialmente, a Velocidade Máxima Inicial do participante foi estabelecida a partir da maior velocidade em marcha confortável sobre a esteira durante 5 minutos. A partir desse valor, foi estabelecida a Velocidade Base, equivalente a 70% da capacidade máxima da participante. O Fator de Adaptação (Fator de Velocidade) foi calculado por meio da diferença entre a Velocidade Base e a Velocidade Máxima Inicial, dividido pelo número total de intervalos de 5 minutos em cada sessão (estabelecido sob os mesmos critérios da tarefa cognitivo-motora 1). Portanto, nesta tarefa o ADD foi estabelecido em função do Fator de Velocidade, conforme a fórmula:

$$\text{Fator de Velocidade} = \frac{\text{Velocidade Base} - \text{Velocidade Inicial Máxima}}{\text{Total de intervalos}}$$

Assim, ao final de cada intervalo de 5 minutos de jogo transcorrido, o desempenho da participante sobre a esteira era calculado. Caso a participante apresentasse um desempenho acima ou abaixo de 70% do desafio proposto (i.e., acompanhar o coelho por meio da velocidade indicada através da plataforma), a dificuldade era aumentada ou reduzida, respectivamente, conforme o Fator de Velocidade.

3.6 Protocolo de Treinamento

O protocolo de *exergame* apresentou como objetivo treinar a habilidade de dupla tarefa das participantes, envolvendo caminhada na esteira com velocidade ajustada em tempo real, captura de frutas e desvio de obstáculos, abordagem que tem sido associada a ganhos em mobilidade e desempenho cognitivo em idosos (Eggenberger *et al.*, 2015; Montero-Odasso *et al.*, 2012). Assim, foi estruturado em um mesociclo de 10 sessões, distribuído em dois microciclos de cinco sessões cada, realizadas três vezes por semana, em dias não consecutivos, com duração de 20 minutos por sessão. O objetivo foi promover treinamento em dupla tarefa por meio de

duas atividades cognitivo-motoras: a primeira priorizando movimentos dos membros superiores (Tarefa cognitivo-motora 1) e a segunda dos membros inferiores (Tarefa cognitivo-motora 2), em ambiente de realidade virtual semi-imersiva (Yogev-Seligmann *et al.*, 2008; Al-Yahya *et al.*, 2011).

Antes do início de cada sessão, foi realizada a calibração automática da área de interação (i.e., área em que os participantes poderiam alcançar as frutas a serem coletadas, considerando o comprimento dos braços de cada participante). Assim, as participantes foram orientadas a subirem na esteira desligada, mantendo-se em postura anatômica com braços abduzidos em 90° (*pose em "T"*), para reconhecimento por meio do Kinect V2. Em seguida, foram inseridos o nome da participante e o número da sessão no sistema para carregamento dos parâmetros individualizados salvos no banco de dados local e a sessão foi iniciada.

4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O presente estudo realizou uma análise estatística de natureza descritiva e exploratória, adequada ao delineamento de estudo de caso ($n = 2$). Portanto, os dados foram expressos em valores absolutos e percentuais.

Os dados referentes à VFC foram processados no software Kubios HRV - Standard Version (Tarvainen et al., 2014) e exportados em formato compatível para análise subsequente em planilhas do Microsoft Excel 365 (Microsoft Corp., Redmond, EUA). Para fins de interpretação dos resultados observados, alterações iguais ou superiores a 5% nos índices de VFC foram consideradas clinicamente relevantes (Minimal Clinically Important Difference – MCID) (Cho et al., 2020; Jarczok et al., 2023).

5 RESULTADOS

A Tabela 3 apresenta os valores observados para a P1 em relação aos índices de VFC observados nas sessões 1 e 10, nos momentos de repouso e de recuperação pós-intervenção.

Tabela 3- Caracterização dos parâmetros da VFC da P1 nos momentos basal e recuperação, referentes às sessões 1 e 10.

P1	MÉDIA R-R ms	SDNN - ms	RMSSD - ms	pNN50 - ms	LF %	HF %	LF/HF
Sessão 1							
Basal	856,41	12,23	15,77	0,0	31,60	68,38	0,46
Rec	843,65	16,67	16,42	0,28	67,13	32,83	2,04
$\Delta\%$ (basal-rec)	-1,49	36,25	4,12	NA	112,43	-51,98	342,42
Sessão 10							
Basal	875,80	13,88	16,26	0,0	36,99	62,98	0,58
Rec	894,56	15,78	18,01	0,60	44,66	55,23	0,80
$\Delta\%$ (basal-rec)	2,14	13,69	10,79	NA	20,73	-12,30	37,66
$\Delta\%$basal							
(sessão 1 - sessão 10)	2,26	13,49	3,11	0,0	17,05	-7,89	26,09
$\Delta\%$rec							
(sessão 1 - sessão 10)	6,03	-5,34	9,68	114,29	-33,47	68,23	-60,78

Dados expressos em logaritmo natural. P1: participante 1; $\Delta\%$: variação percentual; rec: recuperação.

Já a tabela 4 apresenta os mesmos dados para a P2:

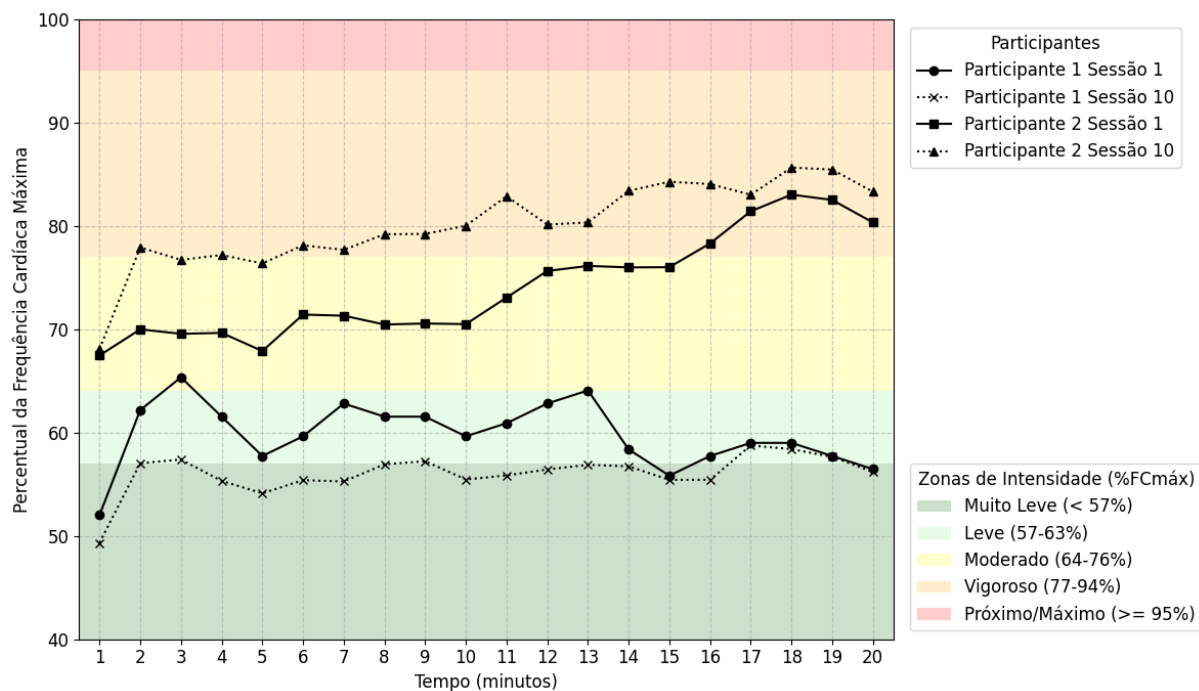
Tabela 4- Caracterização dos parâmetros da VFC da P2 nos momentos basal e recuperação, referentes às sessões 1 e 10.

P2	MÉDIA R-R ms	SDNN - ms	RMSSD - ms	pNN50 - ms	LF - %	HF - %	LF/HF
Sessão 1							
Basal	638,54	12,86	6,16	0,00	88,51	11,48	7,70
Rec	662,38	16,22	8,58	0,00	74,52	25,45	2,92
$\Delta\%$ (basal-rec)	3,73	26,12	39,34	0,00	-15,80	121,68	-62,00
Sessão 10							
Basal	706,28	16,04	9,17	0,00	85,50	14,48	5,90
Rec	699,41	20,54	13,21	0,00	67,39	32,59	2,06
$\Delta\%$ (basal-rec)	-0,97	27,99	44,04	0,00	-21,18	125,06	-64,94
$\Delta\%$ basal							
(sessão 1 - sessão 10)	10,61	24,73	48,86	0,00	-3,41	26,13	-23,38
$\Delta\%$ rec							
(sessão 1 - sessão 10)	5,59	26,63	53,96	0,00	-9,56	28,05	-29,45

Dados expressos em logaritmo natural. P2: participante 2; $\Delta\%$: variação percentual; rec: recuperação.

Na figura 5 é apresentado o comportamento do %FCmáx ao longo dos 20 minutos das sessões 1 e 10 para ambas as participantes.

Figura 5- Comportamento do Percentual da Frequência Cardíaca Máxima das participantes, nos momentos basal e recuperação entre as sessões



Fonte: próprio autor

Os valores da FCmédia e de Pico, PSE, CC, pontuação do jogo (número de frutas coletas e tempo sobre a plataforma) e velocidade da esteira instrumentada observados para cada participante nas sessões 1 e 10 são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Caracterização dos valores da FCmédia e de Pico, PSE, CC, pontuação do jogo (número de frutas coletas e tempo sobre a plataforma) e velocidade da esteira instrumentada.

		P1		P 2	
		Sessão	Sessão	Sessão	Sessão
		1	10	1	10
FCmédia		94	88	118	128
(bpm)					
FCpico		103	93	134	138
PSE		5	3	6	3
Carga		4	4	7	7
Cognitiva					
Número de		378	518	417	820
Frutas					

Tempo na	1084	1180	922	1198
Plataforma (s)				
Velocidade da Esteira (Km\h)	1,93	2,44	1,54	2,22

Dados expressos em valor absoluto. P1: Participante 1; P2: participante 2; FC: Frequência Cardíaca; bpm: batimentos por minuto; PSE: percepção subjetiva de esforço; CC: carga cognitiva.

6 DISCUSSÃO

O objetivo primário do presente estudo foi caracterizar a modulação autonômica cardíaca antes e após uma sessão de *exergame* com ADD, no início e ao final do período de 10 sessões de treinamento, em mulheres idosas sedentárias. O objetivo secundário foi descrever o desempenho cognitivo-motor, a intensidade e a CC associados a essas mesmas sessões. Os dados da VFC indicaram um comportamento divergente entre as duas participantes em relação à modulação vagal em resposta ao *exergame*, sugerindo adaptações distintas ao longo do programa. De forma complementar, observou-se melhora do desempenho cognitivo-motor em ambas, acompanhada de intensidade fisiológica predominantemente moderada e de níveis de CC compatíveis com a realização da dupla tarefa. Esse conjunto de achados aponta para o potencial do protocolo de *exergame* com ADD em promover engajamento seguro, estimular funções autonômicas e cognitivas e refletir adaptações interindividuais ao longo do treinamento.

A P1 apresentou intensificação da modulação parassimpática na recuperação em relação ao basal na sessão 1, evidenciada pelo aumento do índice RMSSD ($\Delta\% = 14,2\%$), sem alterações clinicamente importantes para o pNN50 (0,0% para 0,29%). Ainda, foi observado aumento da razão simpato-vagal LF/HF ($\Delta\% = 342,42\%$), decorrente do aumento do componente associado predominantemente à modulação simpática e barorreflexa ($\Delta\%LF = 263,77$), com redução do marcador da modulação parassimpática vagal ($\Delta\%HF = -17,78$). Na sessão 1, a P1 apresentou valores de FCmédia e FCpico de 94 e 103 bpm, respectivamente. Além disso, a intensidade do exercício manteve-se predominantemente na zona leve (definida em $\%FCmáx = 57-63$). Entretanto, a PSE e a CC foram classificadas como “difícil” (5) e “um pouco de esforço mental” (4), respectivamente. Em relação aos pontos do jogo, a P1 obteve pontuação de 378 frutas coletadas e 1084 segundos de tempo na plataforma, sob uma velocidade de 1,93 Km/h na esteira. Estes resultados indicam que, embora a intensidade fisiológica tenha permanecido majoritariamente na zona de esforço leve, a percepção subjetiva de esforço físico e mental foi potencialmente influenciada pela complexidade do *exergame* em dupla tarefa (i.e., cognitivo-motora), aliada à baixa aptidão cardiorrespiratória da participante. Esse contexto sugere que a sessão de *exergame* pode ter imposto um custo psicofisiológico suficiente para induzir as

alterações observadas na modulação simpato-vagal durante a sessão 1 (i.e., aumento da atividade simpática).

Similarmente, na sessão 10, a P1 apresentou intensificação da modulação parassimpática na recuperação em relação ao basal, indicada através do aumento do índice RMSSD ($\Delta\% = 10,79$), sem alterações clinicamente relevantes em relação ao pNN50 (de 0,0% para 0,60%). Além disso, foi observado um aumento do LF/HF ($\Delta\% = 37,66$), decorrente de um aumento do componente LF ($\Delta\% = 37,87$) sem alteração clinicamente relevante do HF ($\Delta\% = 0,11$). Importante destacar que, embora tenha havido incremento da modulação simpática, este foi menos expressivo do que o observado na sessão 1, o que pode indicar uma adaptação do SNA ao programa de exercício. Essa possível adaptação ao exercício está de acordo com os demais resultados, que indicam a redução da FCmédia (88 bpm), FCpico (93 bpm), intensidade do exercício (zona muito leve [definida em $\%FC_{\text{máx}} = 55 - 60$) e da PSE (“moderada” [3]). Ainda, a CC manteve-se em “um pouco de esforço mental” (4), enquanto houve o aumento da pontuação em relação ao número de frutas coletadas (518 frutas) e ao tempo na plataforma (1180 segundos), e da velocidade da esteira instrumentada (2,44 Km/h). Esses resultados indicam maior capacidade da P1 em sustentar um maior desempenho na dupla-tarefa, sob menor intensidade e mesma CC.

Semelhantemente à P1, a P2 apresentou intensificação da modulação parassimpática na recuperação em relação ao basal na sessão 1, com aumento do índice RMSSD ($\Delta\% = 39,34\%$) e sem alteração clinicamente relevante do pNN50 (0,00%). Contudo, a P2 apresentou redução da razão simpato-vagal LF/HF ($\Delta\% = -62,00$), decorrente de uma redução desproporcional do componente simpático ($\Delta\% \text{ LF} = -25,70$) em relação ao aumento do parassimpático ($\Delta\% \text{ HF} = 95,55$). Na sessão 1, a P2 apresentou valores de FCmédia e FCpico de 118 e 134 bpm, respectivamente. Além disso, a intensidade do exercício manteve-se predominantemente na zona moderada (definida em $\%FC_{\text{máx}} = 64-76$). A PSE e a CC foram classificadas como “difícil” (6) e “alto esforço mental” (7), respectivamente. Em relação aos pontos do jogo, a P2 obteve pontuação de 417 frutas coletadas, 922 segundos de tempo na plataforma, sob uma velocidade de 1,54 Km/h na esteira. Esses resultados diferem do esperado (i.e., aumento da modulação simpática pós exercício), uma vez que a P2

apresentou maior desempenho na dupla-tarefa do que a P1, sob maior intensidade e CC. Isso pode ser explicado por um possível efeito medicamentoso. Por exemplo, a P2 administra o medicamento losartana diariamente. Este fármaco atua como um bloqueador seletivo dos receptores AT1 (Receptor de Angiotensina II tipo 1) da angiotensina II. Evidências científicas indicam que os antagonistas dos receptores da angiotensina II (ARA II), como a losartana, podem reduzir a atividade do SNS durante o repouso. Isso ocorre porque a angiotensina II normalmente estimula a liberação de norepinefrina nos terminais nervosos simpáticos, aumentando o tônus simpático. Ao bloquear esse efeito, a losartana pode diminuir parcialmente a ativação simpática, contribuindo inclusive para a redução da pressão arterial. Embora o efeito da losartana na modulação simpática seja indireto e, portanto, menor do que o observado durante a administração de betabloqueadores (que promovem uma ação direta no SNA), estudos em modelos animais e humanos (como aqueles que utilizaram microneurografia de fibras nervosas simpáticas e medições de norepinefrina plasmática) sugerem que seus efeitos não devem ser desconsiderados em estudos da VFC (Ye *et al.*, 2002; Krum *et al.*, 2006; Ozdemir *et al.*, 2007; Amador *et al.*, 2005; Pancera *et al.*, 1999).

De acordo com o nosso conhecimento, esse é o primeiro estudo a caracterizar a modulação autonômica cardíaca antes e após uma sessão de *exergame* com ADD, no início e ao final de 10 sessões, em mulheres idosas sedentárias. Os resultados do presente estudo sugerem que o *exergame* com ADD, empregado em menos de 1 mês de treinamento, pode fornecer estímulo suficiente para gerar adaptações no SNA e aumento do desempenho cognitivo-motor em pessoas idosas. Esses achados estão de acordo com estudos prévios que observaram melhorias nos parâmetros autonômicos de pessoas com idade ≥ 55 anos com protocolos de *exergame* sem ADD com duração de 6 a 26 semanas (Varas-Díaz *et al.* 2020, Yu *et al.* 2025 e Eggenberger *et al.* 2020).

Portanto, os achados deste estudo reforçam a importância da individualização da prescrição para otimização dos resultados relacionados à VFC. Do ponto de vista da aplicação prática, os achados indicam que o *exergame* proposto no presente estudo pode ser uma estratégia não farmacológica para beneficiar a saúde e qualidade de vida de idosos, por meio da melhoria da saúde cardiovascular e da

capacidade de realizar tarefas cognitivo-motoras (Raffin *et al.*, 2019; American College Of Sports Medicine, 2018). Contudo, o presente estudo apresenta limitações. Em primeiro lugar, o tamanho amostral limitado a duas participantes restringe a generalização dos achados e inviabiliza análises estatísticas aprofundadas, de modo que os resultados devem ser interpretados como evidências exploratórias de um estudo de caso. Além disso, a ausência de um grupo controle dificulta realizar comparações diretas com outras formas de intervenção ou mesmo com a condição sem exercício, o que limita a capacidade de atribuir de forma conclusiva as alterações observadas exclusivamente ao protocolo de *exergame* com ADD.

5 CONCLUSÃO

Em conclusão, presente estudo caracterizou de forma exploratória os efeitos agudos de um protocolo de *exergame* com ADD sobre a modulação autonômica cardíaca em duas mulheres idosas sedentárias. A P1 apresentou incremento parassimpático na recuperação tanto na sessão 1 quanto na sessão 10. Ainda, na sessão 10, houve maior desempenho na dupla tarefa e redução progressiva da intensidade fisiológica e da PSE, sugerindo possível adaptação autonômica ao longo do programa. A P2 apresentou aumento parassimpático e redução da razão simpato-vagal, impactada pela redução do componente simpático, resposta divergente do esperado, possivelmente ligada ao efeito da losartana na atividade simpática. Esses achados sugerem que o DDA, ao adaptar em tempo real (i.e., a cada 5 minutos) a complexidade das demandas motoras e cognitivas, pode fornecer estímulo suficiente para induzir alterações autonômicas mesmo em curto prazo, ainda que mediadas por características individuais e farmacológicas. Considerando a heterogeneidade das respostas observadas, estudos futuros com amostras maiores e grupos controle são necessários para elucidar os mecanismos envolvidos neste tipo de treinamento. Em conclusão, o *exergame* proposto no presente estudo configura uma estratégia promissora para gerar estímulos capazes de promover adaptações autonômicas cardíacas e a melhoria do desempenho em tarefas cognitivo-motoras de pessoas idosas.

7 REFERÊNCIAS

ALMEIDA-SANTOS, Marcos Antonio *et al.* **Aging, heart rate variability and patterns of autonomic regulation of the heart.** Archives of Gerontology and Geriatrics, v. 63, p. 1–8, 1 mar. 2016.

ANDERSON-HANLEY, Cay *et al.* **Exergaming and older adult cognition: A cluster randomized clinical trial.** American Journal of Preventive Medicine, v. 42, n. 2, p. 109–119, fev. 2012.

BARROSO, Weimar Kunz Sebba *et al.* **Brazilian guidelines of hypertension - 2020.** Arquivos Brasileiros de Cardiologia, v. 116, n. 3, p. 516–658, 2021.

BERG, Jonathan *et al.* **High-intensity exergaming for improved cardiorespiratory fitness: A randomised, controlled trial.** European Journal of Sport Science, v. 22, n. 6, p. 867–876, 2022.

CARTER, James B.; BANISTER, Eric W.; BLABER, Andrew P. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. Sports Medicine, v. 33, n. 1, p. 33–46, 2003.

CRUZ-JENTOFT, Alfonso J. *et al.* **Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis.** Age and Ageing Oxford University Press, 1 jan. 2019.

DAMLUJI, Abdulla A. *et al.* **Sarcopenia and Cardiovascular Diseases.** Circulation Lippincott Williams and Wilkins, 16 maio 2023.

EGGENBERGER, Patrick *et al.* **Exergame and balance training modulate prefrontal brain activity during walking and enhance executive function in older adults.** Frontiers in Aging Neuroscience, v. 8, n. apr, 2016.

EGGENBERGER, Patrick *et al.* **Heart Rate Variability Mainly Relates to Cognitive Executive Functions and Improves Through Exergame Training in Older Adults: A Secondary Analysis of a 6-Month Randomized Controlled Trial.** Frontiers in Aging Neuroscience, v. 12, 15 jul. 2020a.

GRÄSSLER, Bernhard *et al.* **Effects of different exercise interventions on heart rate variability and cardiovascular health factors in older adults: a systematic review.** European Review of Aging and Physical ActivityBioMed Central Ltd, 1 dez. 2021a.

JARCZOK, Marc N. *et al.* **Heart rate variability in the prediction of mortality: A systematic review and meta-analysis of healthy and patient populations.** Neuroscience and Biobehavioral Reviews Elsevier, 1 dez. 2022.

KUMMER, Wolfgang. **Neuronal specificity and plasticity in the autonomic nervous system.** Annals of Anatomy, v. 174, n. 5, p. 409–417, 1992.

LABORDE, Sylvain; MOSLEY, Emma; THAYER, Julian F. **Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting.** Frontiers in Psychology Frontiers Research Foundation, 20 fev. 2017.

LEE, Chaiwoo; COUGHLIN, Joseph F. **PERSPECTIVE: Older Adults' Adoption of Technology: An Integrated Approach to Identifying Determinants and Barriers.** Journal of Product Innovation Management, v. 32, n. 5, p. 747–759, 1 set. 2015.

LIN, Xiaochen *et al.* **Effects of exercise training on cardiorespiratory fitness and biomarkers of cardiometabolic health: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials.** Journal of the American Heart Association, v. 4, n. 7, 2015.

LIN, Yi Yuan *et al.* **Effects of Somatosensory Games on Heart Rate Variability and Sleep-Related Biomarkers in Menopausal Women with Poor Sleep Quality.** Innovation in Aging, v. 8, n. 9, 2024.

MAGDER, S. **The meaning of blood pressure** Luigi Forni. Critical CareBioMed Central Ltd, 11 out. 2018.

MANINI, Todd M.; CLARK, Brian C. **Dynapenia and aging: An update.** Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences, v. 67 A, n. 1, p. 28–40, jan. 2012.

MANSER, Patrick *et al.* **Can Reactivity of Heart Rate Variability Be a Potential Biomarker and Monitoring Tool to Promote Healthy Aging? A Systematic Review With Meta-Analyses.** *Frontiers in Physiology*, v. 12, 29 jul. 2021.

MANSER, Patrick; DE BRUIN, Eling D. **Test-retest reliability and validity of vagally-mediated heart rate variability to monitor internal training load in older adults: a within-subjects (repeated-measures) randomized study.** *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, v. 16, n. 1, 1 dez. 2024.

PELTOLA, Mirja A. **Role of editing of R-R intervals in the analysis of heart rate variability.** *Frontiers in Physiology*, 2012.

SÁNCHEZ-DELGADO, Juan Carlos *et al.* **Physical Exercise Effects on Cardiovascular Autonomic Modulation in Postmenopausal Women—A Systematic Review and Meta-Analysis.** *International Journal of Environmental Research and Public Health*MDPI, 1 fev. 2023.

SHAFFER, Fred; GINSBERG, J. P. **An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms.** *Frontiers in Public Health* Frontiers Media S.A., 28 set. 2017.

SOARES-MIRANDA, Luisa *et al.* **Physical activity and heart rate variability in older adults: The cardiovascular health study.** *Circulation*, v. 129, n. 21, p. 2100–2110, 27 maio 2014.

STANMORE, Emma *et al.* **The effect of active video games on cognitive functioning in clinical and non-clinical populations: A meta-analysis of randomized controlled trials.** *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*Elsevier Ltd, 1 jul. 2017.

WU, I. Chien *et al.* **Autonomic function and change in functional capacity in older adults: a longitudinal investigation.** *Scientific Reports*, v. 14, n. 1, 1 dez. 2024.

YU, Tzu Cheng *et al.* **Effects of Exergame Training on Executive Function and Heart Rate Variability in Middle-Aged and Older Adults: A Randomized Controlled Study.** *European Journal of Sport Science*, v. 25, n. 2, 1 fev. 2025.

FELIPE LOUZADA PARIZ

**CARACTERIZAÇÃO DAS RESPOSTAS AUTONÔMICAS CARDÍACAS A UM
EXERGAME COM AJUSTE DINÂMICO DE DIFICULDADE EM IDOSAS: UM
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau em Bacharel em Educação Física.

Aprovado em 29 de agosto de 2025.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **LUCIANA CARLETTI**
Data: 02/09/2025 15:16:01-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Orientadora: Prof.^a. Dra. Luciana Carletti
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
 **ANSELMO FRIZERA NETO**
Data: 01/09/2025 11:07:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Coorientador: Prof. Dr. Anselmo Frizera Neto
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO FREIRE DE ALMEIDA**
Data: 02/09/2025 00:08:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Freire de Almeida
Universidade Federal do Espírito Santo

Documento assinado digitalmente
 **PAULO EMILIO MARCHETE ROHOR**
Data: 02/09/2025 19:20:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Paulo Emilio Marchete Rohor