



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

LAYCE BIANCA PEREIRA DA SILVA

**IMPACTO DE UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO RESISTIDO EM DUPLA TAREFA
NO DESEMPENHO COGNITIVO E GLICEMIA CAPILAR DE PESSOAS IDOSAS
COM DIABETES *MELLITUS* TIPO 2**

BELÉM-PA
2025

LAYCE BIANCA PEREIRA DA SILVA

**IMPACTO DE UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO RESISTIDO EM DUPLA TAREFA
NO DESEMPENHO COGNITIVO E GLICEMIA CAPILAR DE PESSOAS IDOSAS
COM DIABETES *MELLITUS* TIPO 2**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH), linha de pesquisa Avaliação e Reabilitação Funcional, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof.^a Dra. Natáli Valim Oliver Bento-Torres

BELÉM-PA
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S586i Silva, Layce.
IMPACTO DE UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO RESISTIDO EM
DUPLA TAREFA NO DESEMPENHO COGNITIVO E GLICEMIA
CAPILAR DE PESSOAS IDOSAS COM DIABETES MELLITUS TIPO 2 /
Layce Silva. — 2025.
73 f. : il. color.

Orientador(a): Profª. Dra. Natáli Bento-torres Dissertação
(Mestrado) - Universidade Federal do Pará,
Instituto de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Ciências do
Movimento Humano, Belém, 2025.

1. diabetes Mellitus Tipo 2. 2. exercício resistido. 3.
comportamento multitarefa. 4. treino cognitivo. 5. idoso. I. Título.

CDD 613.70446

LAYCE BIANCA PEREIRA DA SILVA

**IMPACTO DE UMA SESSÃO DE EXERCÍCIO RESISTIDO EM DUPLA TAREFA
NO DESEMPENHO COGNITIVO E GLICEMIA CAPILAR DE PESSOAS IDOSAS
COM DIABETES *MELLITUS* TIPO 2**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano (PPGCMH), linha de pesquisa Avaliação e Reabilitação Funcional, do Instituto de Ciências da Saúde, da Universidade Federal do Pará, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências do Movimento Humano.

Orientadora: Prof.^a Dra. Natáli Valim Oliver Bento-Torres

Data de aprovação: ____/____/____

Conceito: _____

Banca Examinadora:

Prof^a Dr^a Natáli Valim Oliver Bento Torres

João Bento Torres Neto

Odilon Salim Costa Abrahin

Aos meus pais, Zilma Pereira da Silva e Sandro Marques da Silva, pela dedicação em minha criação e pelo amor incondicional. Às minhas irmãs, Joyce e Kamily, pela inspiração e aspiração por uma vida melhor.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por ter me dado força e coragem para enfrentar cada etapa do processo e por me revestir com Seu amor e Sua graça incondicionais.

Ao meu pai, Sandro Marques da Silva, por ter feito o possível e o impossível para me proporcionar uma vida de qualidade, acima da sua própria. Obrigada por incentivar cada passo dessa trajetória, mesmo sem ter ideia do que eu estava fazendo.

À minha mãe, Zilma Pereira da Silva, por me tornar uma fortaleza inabalável, por suas orações — que nunca falharam —, por abraçar os meus sonhos como se fossem os seus e pelo seu amor incondicional.

À minha irmã Joyce Regina Pereira, por compartilhar experiências e tornar a trajetória mais leve.

À minha irmã Kamily Samara Pereira da Silva, pela torcida e pelo incentivo em todos os momentos.

Ao meu namorado, Everton Nascimento, pelo incentivo constante, por compartilhar toda a sua sabedoria e pelo amor que me fortaleceu e não me deixou desistir.

Aos meus amigos-irmãos, Luana Guimarães e Gabriel Pinto, por me ajudarem nos momentos mais difíceis com suas piadas, parceria e amor. Sem vocês, este projeto não teria sido possível. Vocês são meus presentes de Deus.

À minha orientadora, Natáli Bento-Torres, por toda a dedicação em oferecer uma formação ética e de qualidade, e por ser fonte de força, sabedoria e empatia.

A todos os meus amigos e familiares que foram essenciais durante todo o percurso para construir o ser humano que sou hoje.

A todos que, de forma direta ou indireta, em algum momento foram cruciais durante a minha trajetória: sou imensamente grata e só peço que Deus retribua por tudo aquilo que um “obrigada” não pode expressar.

Aos que virão, desejo que encontrem, assim como eu, apoio nos que amam, força nas dificuldades e inspiração nos pequenos gestos. Que tenham ao lado pessoas que os façam rir nos dias difíceis, que compartilhem seus sonhos, incentivem sua caminhada e fortaleçam sua fé. Que sigam com coragem, gratidão e ética, pois cada passo, mesmo incerto, constrói uma trajetória que vale a pena.

“Fé em Deus que Ele é justo.” (RACIONAIS MC’s, 2002)

RESUMO

Introdução: O Diabetes *Mellitus* Tipo 2 (DM2) está associado a alterações metabólicas e declínios em funções cognitivas, incluindo o controle inibitório, especialmente em pessoas idosas. O exercício resistido (ER) é reconhecido por seus efeitos benéficos sobre a saúde física e metabólica. A combinação de demandas físicas e cognitivas – dupla tarefa – tem sido explorada como uma possível estratégia para estímulo cognitivo adicional. **Objetivo:** Analisar os efeitos agudos de uma sessão de ER e ER-DT (exercício resistido em dupla tarefa) sobre o controle inibitório e os níveis de glicemia capilar em pessoas idosas com DM2. **Métodos:** Estudo experimental cruzado randomizado, controlado e simples-cego. Dezoito pessoas idosas (idade média = $67,7 \pm 5,99$ anos; 83% mulheres) realizaram duas sessões de intervenção (ER e ER-DT) com intervalo de sete dias. Ambas as sessões consistiram em exercícios resistidos de intensidade moderada (50–70% de 1RM; três séries de 10 a 15 repetições em seis exercícios). Durante a intervenção com ER-DT, os participantes realizaram simultaneamente a tarefa cognitiva de *Stroop*. O controle inibitório (teste de *Flanker*) e a glicemia capilar foram avaliados antes e 15 minutos após cada intervenção. **Resultados:** Observou-se redução significativa nos níveis de glicemia capilar após ambas as intervenções ($F_{(1,50)} = 19,922$; $p < 0,001$; $\eta^2p = 0,285$), sem diferença significativa entre os protocolos ($p = 0,742$). Em relação ao controle inibitório, o tempo de resposta em condição incongruente foi significativamente menor após as intervenções ($F_{(1,47)} = 4,468$; $p = 0,040$; $\eta^2p = 0,087$), independentemente do protocolo de intervenção, enquanto o custo de conflito apresentou efeito principal significativo da intervenção ($F_{(1,47)} = 7,117$; $p = 0,010$; $\eta^2p = 0,131$), com melhor desempenho observado na condição com ER-DT. Não foram observadas diferenças significativas nos escores de precisão ou no número de acertos nas condições congruentes e incongruentes. **Conclusão:** Os dados indicam que uma única sessão de exercício resistido, com ou sem dupla tarefa, promoveu redução aguda da glicemia capilar e melhora do tempo de resposta em pessoas idosas com DM2. A diferença observada no custo de conflito entre os protocolos pode refletir variações no desempenho inibitório, que devem ser interpretadas com cautela.

Palavras-chave: exercício físico; exercício resistido; comportamento multitarefa; treino cognitivo; desempenho cognitivo; diabetes *Mellitus* Tipo 2; envelhecimento; idoso.

ABSTRACT

Introduction: Type 2 Diabetes *Mellitus* (T2DM) is associated with metabolic alterations and declines in cognitive functions, including inhibitory control, especially in older adults. Resistance exercise (RE) is recognized for its beneficial effects on physical and metabolic health. The combination of physical and cognitive demands—termed dual-task resistance exercise (RE-DT) - has been explored as a potential strategy to provide additional cognitive stimulation. **Objective:** To analyze the acute effects of a single RE-DT session on inhibitory control and capillary blood glucose levels in older adults with T2DM. **Methods:** This was a randomized, controlled, single-blind, crossover study. Eighteen older adults (mean age = 67.7 ± 5.99 years; 83% female) participated in two intervention sessions (RE and RE-DT), separated by a seven-day washout period. Both sessions consisted of moderate-intensity resistance training (50–70% of 1RM; three sets of 10–15 repetitions across six exercises). During the RE-DT session, participants simultaneously performed the *Stroop* cognitive task. Inhibitory control (assessed via the *Flanker* test) and capillary blood glucose were measured before and 15 minutes after each intervention. **Results:** A significant reduction in capillary blood glucose levels was observed following both interventions ($F_{(1,50)} = 19.922$; $p < 0.001$; $\eta^2p = 0.285$), with no significant difference between protocols ($p = 0.742$). Regarding cognitive outcomes, response time in the incongruent condition was significantly reduced after the interventions ($F_{(1,47)} = 4.468$; $p = 0.040$; $\eta^2p = 0.087$), regardless of the intervention type, while conflict cost showed a significant main effect of the intervention ($F_{(1,47)} = 7.117$; $p = 0.010$; $\eta^2p = 0.131$), with lower scores observed in the ER-DT condition. No significant differences were found in accuracy scores or the number of correct responses in the congruent and incongruent conditions. **Conclusion:** The findings indicate that a single session of resistance exercise, with or without a dual-task, promoted an acute reduction in capillary blood glucose and improved response time in older adults with T2DM. The observed difference in conflict cost between protocols may reflect variations in inhibitory performance, which should be interpreted with caution.

Keywords: physical exercise; resistance training; multitasking behavior; cognitive training; cognitive performance; Type 2 diabetes *Mellitus*; aging; older adults.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Relação entre diabetes, neuroinflamação e comprometimento cognitivo.....	16
Figura 2 –	Desenho do estudo	25
Figura 3 –	Delineamento em Cross-over.....	29
Figura 4 –	Estimulação cognitiva utilizada no Protocolo de Exercício Resistido associado à Tarefa Cognitiva.....	34
Figura 5 –	Escala Subjetiva de Esforço de OMNI-RES (OMNI – Resistance Exercise Scale).....	35
Figura 6 –	Fluxograma dos participantes da pesquisa.....	37
Figura 7 –	Comparação da glicemia capilar entre exercício resistido associado à dupla tarefa e exercício resistido isolado.....	41
Figura 8 –	Pontuação nos testes cognitivos na condição incongruente antes e após cada intervenção.....	42
Figura 9 –	Testes cognitivos na condição congruente antes e após cada intervenção.....	46

LISTA DE TABELAS

Figura 1 – Síntese das avaliações.....	30
Figura 2 – Descrição do Protocolo de Intervenção.....	33
Figura 3 – Características Gerais da amostra.....	39
Figura 4 – Análise do comportamento da glicemia capilar por intervenção e tempo.....	40
Figura 5 – Análise Dos Desfechos Incongruentes.....	43
Figura 6 – Análise Dos Desfechos Congruentes.....	47

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1 A epidemiologia do Diabetes Mellitus Tipo 2	14
2.2 Declínio cognitivo e DM2: Relações fisiopatológicas	15
2.3 Relação entre controle inibitório e autonomia funcional em pessoas idosas.....	17
2.4 O exercício físico no tratamento da pessoa idosa com DM2: Contribuições do exercício resistido	18
2.5 Os efeitos agudos do exercício resistido no desempenho cognitivo	20
3 OBJETIVOS.....	24
3.1 Objetivo Geral	24
3.2 Objetivos Específicos.....	24
4 METODOLOGIA.....	25
4.1 Desenho do estudo	25
4.2 Participantes	26
4.3 Randomização e cegamento	28
4.4 Instrumentos e avaliações.....	29
4.4.1 Anamnese.....	30
4.4.2 Avaliação da composição corporal, pressão arterial, frequência cardíaca e glicemia capilar	31
4.4.3 Avaliação do Desempenho Cognitivo	32
4.5 Protocolo de intervenção com exercício resistido em dupla tarefa.....	33
4.6 Análise dos dados.....	36
5 RESULTADOS.....	37
5.1 Comportamento glicêmico	39
5.2 Desempenho cognitivo.....	41
5.2.1 Tempo de Resposta em Condição Incongruente	41
5.2.2 Número de Acertos em Condição.....	42
5.2.3 Precisão em Condição.....	42
5.2.4 Tempo de Resposta em Estímulos	44
5.2.5 Número de Acertos em Estímulos	44
5.2.6 Precisão em Estímulos	44
5.2.7 Custo de conflito.....	45
6 DISCUSSÃO.....	48
7 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53
APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)	62

ANEXO I - ESCALA DE DEPRESSÃO GERIÁTRICA	64
ANEXO II – MINI EXAME DO ESTADO MENTAL.....	65
ANEXO III – TESTE DE FLANKER.....	66

1 INTRODUÇÃO

O Diabetes *Mellitus* Tipo 2 (DM2) é uma doença crônica de causa multifatorial, frequentemente associada ao sobrepeso, à obesidade e ao envelhecimento (Rodacki et al., 2022). Caracteriza-se por hiperglicemia persistente, em decorrência da deficiência parcial da produção do hormônio insulina pelo pâncreas e/ou alterações na ação da insulina (resistência à insulina) (American Diabetes Association, 2019).

Pessoas idosas com DM2 apresentam risco aumentado de declínio nas funções executivas, especialmente no controle inibitório (Cholerton et al., 2016). O controle inibitório é responsável por modular a atenção, o comportamento, o pensamento, a emoção diante de estímulos conflitantes ou impulsos (Diamond, 2013). O comprometimento cognitivo tem sido associado ao pobre gerenciamento do DM2 por dificultar a adesão ao tratamento (Van Sloten et al., 2020). Portanto, é crucial realizar o controle glicêmico, ajustando os medicamentos conforme necessário e fornecendo estratégias contra declínios cognitivos por meio de intervenções comportamentais, com inclusão da prática de atividade física e mudanças no estilo de vida (Vázquez-de Sebastián et al., 2024).

Dentre as modalidades de atividade física¹, o exercício resistido (ER) vem sendo reconhecido por sua capacidade de melhorar o controle glicêmico, o perfil lipídico, a massa magra, a força muscular (Feng et al., 2025) e aspectos cognitivos (Furlano et al., 2023) em pessoas idosas com DM2. Essa modalidade consiste em exercícios realizados utilizando o peso corporal, pesos livres e/ou máquinas, praticados com intensidade, frequência e volume predeterminados, conforme os princípios do treinamento (individualidade biológica, sobrecarga e especificidade) (Izquierdo et al., 2025).

Evidências crescentes apontam que as pessoas idosas podem ter benefícios adicionais com a implementação de exercícios físicos associados à estimulação cognitiva simultânea — dupla tarefa (DT) — devido aos efeitos sinérgicos potencialmente positivos das demandas motoras e tarefas cognitivamente envolventes em parâmetros neurofisiológicos (Da Silva et al., 2022; Herold et al., 2020; Jardim et al., 2021; Nascimento et al., 2023). Tanto as atividades motoras quanto as tarefas cognitivas demandam áreas cerebrais responsáveis por controlar a cognição, podendo haver em alguns casos competição por recursos neurais (Patelaki et al., 2023). Além disso, também há aumento no fluxo sanguíneo cerebral (Mozolic; Hayasaka; Laurienti, 2010) e no processo de angiogênese no córtex pré-frontal e cerebelo mediado

¹ A atividade física é definida como qualquer movimento corporal produzido pela contração muscular que resulta em aumento do gasto energético (*American College of Sport Medicine*, 2018).

positivamente por tarefas cognitivamente envolventes e por tarefas motoras, decorrentes de intervenções de curto e longo prazo (Tait et al., 2017).

Ademais, foi demonstrado que o exercício físico associado à DT promove alterações neuroplásticas positivas em áreas cerebrais como o giro frontal inferior ventral direito, o giro frontal inferior dorsal direito, o cíngulo anterior, os lobos parietais superiores esquerdo e direito, os quais foram correlacionados positivamente com o melhor desempenho das funções executivas (Erickson et al., 2007).

Essas áreas estão envolvidas em processos como inibição de respostas automáticas, monitoramento de conflitos, atenção seletiva, memória de trabalho e flexibilidade cognitiva. O giro frontal inferior participa do controle inibitório e seleção de respostas, enquanto o cíngulo anterior atua no monitoramento de desempenho e no controle da atenção. Já os lobos parietais superiores contribuem para o controle atencional voluntário e a integração sensório-motora, especialmente em tarefas que demandam alternância entre estímulos motores e cognitivos (Erickson et al., 2007; Herold et al., 2020).

Em síntese, atividades que combinam exercício físico e estimulação cognitiva, podem promover saúde cerebral em pessoas idosas ao ativar mecanismos de neuroplasticidade, como o aumento do Fator Neutrófico Derivado do Cérebro (BDNF), sinaptogênese e recrutamento da rede executiva central. A estimulação cognitiva associada promove estimulação em áreas como o córtex pré-frontal dorsolateral, núcleos da base e cerebelo, favorecendo funções cognitivas superiores. Além disso, também pode contribuir para a preservação do volume hipocampal, mitigar o declínio cognitivo e promover funcionalidade e autonomia no processo de envelhecimento (Erickson et al., 2011; Seidler et al., 2010).

No entanto, o maior volume de investigações acerca do exercício físico combinado em dupla tarefa se concentrou em analisar as modalidades de treinamento aeróbico ou multimodal (Fritz; Cheek; Nichols-Larsen, 2015), com protocolos de intervenções crônicas (Khan et al., 2022), especialmente em populações saudáveis (Cordes et al., 2019; Da Silva et al., 2022; Jardim et al., 2021; Raichlen et al., 2020) e populações com alterações neurológicas (Gaßner et al., 2022; Liu et al., 2017). Intervenções baseadas na dupla tarefa, que combinam estímulos motores e cognitivos, têm sido cada vez mais exploradas como estratégia para potencializar a cognição.

Nesse contexto, da Silva *et al.* (2022) propuseram um protocolo com exercícios de Pilates integrados à estimulação cognitiva, visando à autonomia funcional e à prevenção do declínio cognitivo em mulheres pós-menopáusicas (Da Silva et al., 2022). Da mesma forma, Jardim *et al.* (2021) utilizaram um protocolo de exercício físico com pessoas idosas saudáveis,

observando ganhos significativos na memória de trabalho, equilíbrio postural e velocidade de processamento (Jardim et al., 2021).

Ao aprofundar o estudo da literatura científica sobre o exercício resistido associado às estimulações cognitivas, atualmente, não foram encontrados estudos que investigaram os efeitos imediatos de uma única sessão de ER em dupla tarefa (ER-DT) sobre a cognição e o controle glicêmico de pessoas idosas com DM2. Enquanto os efeitos do realizado isoladamente já são amplamente documentados (Chen et al., 2020; Furlano et al., 2023; Gallardo-Gómez et al., 2022), é plausível que a combinação de demandas físicas e cognitivas (ER-DT) potencialize os ganhos em função executiva e controle glicêmico imediato.

Essa abordagem pode aumentar o engajamento de redes cerebrais associadas ao controle executivo e promover adaptações agudas relacionadas ao eixo autonômico e pré-frontal, como postula o modelo de integração neurovisceral, além de promover melhorias metabólicas de forma aguda (Beissner et al., 2013; Thayer; Lane, 2000)

Diante desse cenário, este estudo investigou os efeitos agudos de um protocolo de intervenção de uma única sessão de ER realizado isoladamente e em DT sobre o desempenho cognitivo e os níveis de glicemia capilar em pessoas idosas com DM2. Hipotetizamos que o ER-DT promoveria benefícios superiores ao ER isolado, especialmente sobre os desfechos cognitivos, ao desafiar simultaneamente a função muscular e o controle atencional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A epidemiologia do Diabetes Mellitus Tipo 2

A prevalência do diabetes na população mundial representa um desafio crescente para a saúde pública. De acordo com a *International Diabetes Federation* (IDF), 537 milhões de adultos (20-79 anos) viviam com diabetes em 2021, o que equivale a 1 em cada 10 pessoas. A projeção de crescimento estima o aumento para 643 milhões de pessoas com diabetes em 2030 e 783 milhões em 2045 (International Diabetes Federation, 2025).

No Brasil, segundo a Sociedade Brasileira de Diabetes (SBD), cerca de 20 milhões de brasileiros convivem com diabetes, o que corresponde a uma prevalência de 10,5% entre adultos e idosos, com idade entre 20 e 79 anos (Sociedade Brasileira de Diabetes, 2024). Esses números colocam o Brasil na quarta posição entre os países com maior número de pessoas com diabetes nessa faixa etária (International Diabetes Federation, 2025).

O aumento da prevalência do diabetes está associado à maior frequência de estilo de vida sedentário, à maior frequência de excesso de peso e ao envelhecimento populacional (Wu et al., 2023). A glicemia elevada está em terceiro lugar entre os principais riscos globais de mortalidade, superada apenas pela pressão arterial aumentada e uso de tabaco (World Health Organization, 2009).

Entre os diferentes tipos de diabetes, o diabetes mellitus tipo 2 (DM2) é o mais comum, correspondendo a aproximadamente 90% a 95% dos casos, com prevalência particularmente elevada entre pessoas idosas (International Diabetes Federation, 2025). Esse dado é especialmente relevante no contexto do envelhecimento populacional global. Em 2021, a população mundial com 60 anos ou mais ultrapassou 1 bilhão de pessoas, representando cerca de 13,5% da população total, com projeções de que esse número possa dobrar até 2050 (World Health Organization, 2023).

O envelhecimento populacional está diretamente associado ao aumento da prevalência de DM2, uma vez que a idade avançada é um importante fator de risco para o desenvolvimento dessa condição metabólica (Khan et al., 2020). Assim, o crescimento expressivo da população idosa reforça a importância de estratégias de prevenção, diagnóstico precoce e manejo adequado do DM2 nesse grupo populacional.

Com o aumento do número de pessoas com DM2, os custos associados ao tratamento seguem a mesma tendência de crescimento. Nos Estados Unidos, por exemplo, os custos diretos e indiretos relacionados ao diabetes aumentaram de 245 bilhões de dólares, em 2012, para 327 bilhões de dólares, em 2017, reforçando seu impacto como um problema de saúde pública e

financeiro (Idrees et al., 2022).

No Brasil, apenas em 2018, os custos diretos atribuíveis à hipertensão arterial, diabetes e obesidade totalizaram 3,45 bilhões de reais, abrangendo gastos com hospitalizações, procedimentos médicos e medicamentos. Desse montante, cerca de 30% foram relacionados ao tratamento do diabetes (Nilson et al., 2020). Esses dados ressaltam a necessidade urgente de estratégias de prevenção e intervenção baseadas em evidência para atenção e cuidado à saúde das pessoas idosas com diabetes.

2.2 Declínio cognitivo e DM2: Relações fisiopatológicas

O declínio das funções cognitivas como a memória, atenção e velocidade de processamento são eventos naturais, intrínsecamente relacionados ao processo de envelhecimento. No entanto, a magnitude da redução dessas funções pode variar entre níveis vistos como normais, e comprometimentos patológicos, como os casos de comprometimento cognitivo leve (CCL) e demências (Gómez-Soria et al., 2023). O CCL é um estágio intermediário de declínio cognitivo, com potencial de reversão aos estágios normais, no qual é marcado por déficits nas funções executivas, memória, linguagem, orientação, cálculo e habilidades visuoespaciais. Por outro lado, as demências como a demência da Doença de *Alzheimer* (DA) são comprometimentos cognitivos mais severos que repercutem em dificuldades cognitivas maiores, impactando no aumento de custos relacionados a saúde (Castro et al., 2010).

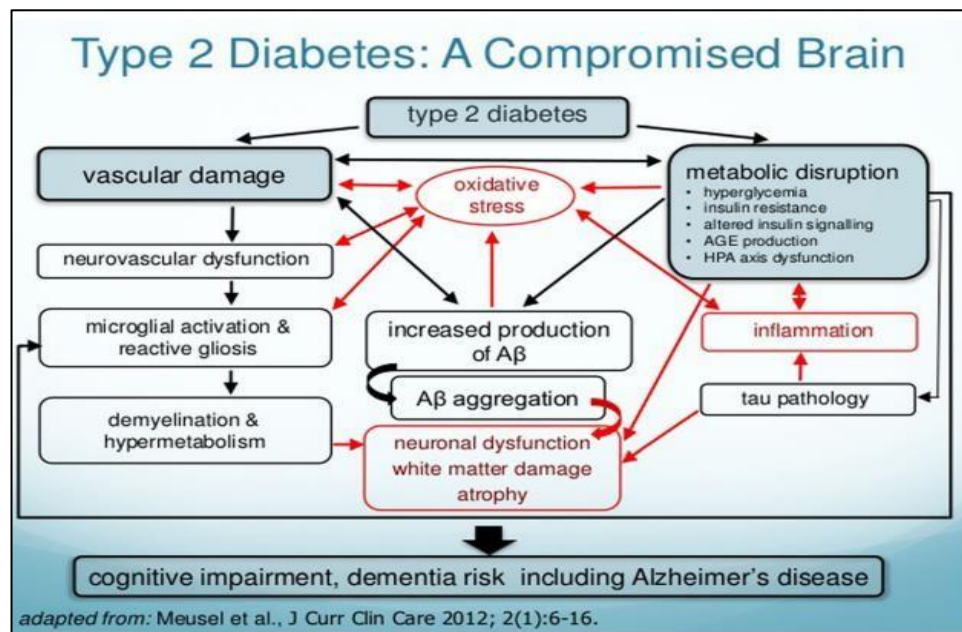
O processo de envelhecimento está associado a maior possibilidade de desenvolver CCL e demências, associado ao estado de inflamação sistêmica crônica subclínica (*inflammaging*), caracterizado pelos níveis aumentados de citocinas pró-inflamatórias, como o Fator de Necrose Tumoral (TNF)-alpha, a Interleucina 6 (IL-6) e a Proteína C Reativa (PCR) (Fulop et al., 2018) (Fulop et al., 2023). Este ambiente pró-inflamatório sistêmico provoca o aumento do estresse oxidativo, aumento da resistência à ação da insulina nos tecidos periféricos e disfunção endotelial, processos centrais na fisiopatologia do DM2 e também implicados no declínio cognitivo (Galicia-Garcia et al., 2020).

A fisiopatologia do DM2 tem sido associada ao declínio cognitivo e às demências (Damanik; Yunir, 2021). O processo inflamatório sistêmico iniciado na periferia, o estresse oxidativo e a resistência insulínica podem afetar o sistema nervoso central, ao ultrapassar a barreira hematoencefálica e promover neuroinflamação (Preeti et al., 2024). A neuroinflamação somada ao aumento de espécies reativas de oxigênio (EROs) provenientes do estresse oxidativo

provoca disfunção mitocondrial, danos ao DNA, aumento da toxicidade e redução da plasticidade sináptica, impactando a integridade das redes neurais e levando ao declínio cognitivo (Paul; Bhardwaj; Binukumar, 2024).

Elevações da glicose intra- e extracelular promovem a superprodução de EROs por mecanismos como autooxidação da glicose, aumento da atividade da via do poliol, glicação não enzimática e disfunção mitocondrial. Esses processos esgotam antioxidantes como a glutatona, intensificando os danos oxidativos, contribuindo para o desenvolvimento e progressão do DM2 e complicações relacionadas (De Lemos et al., 2012), conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Relação entre diabetes, neuroinflamação e comprometimento cognitivo



Fonte: AMEUSEL et al. (2012).

Em nível macroscópico, essas alterações parecem estar relacionadas com a redução global do volume de substância cinzenta e, conseqüentemente, com prejuízos no funcionamento cognitivo (Liu et al., 2017). Diversas regiões cerebrais podem estar comprometidas em indivíduos com DM2, como o hipocampo, o lobo da ínsula, os lobos temporais e os lobos frontais (Gold et al., 2007; Kim et al., 2024; Liu et al., 2017; Moulton; Pickup; Ismail, 2015). Entretanto, evidências têm sugerido que o déficit cognitivo em pessoas idosas com DM2 não se limita a áreas isoladas, mas os efeitos aparentemente são decorrentes de alterações estruturais e funcionais em redes neuronais. Essas alterações podem levar à redução da neuroplasticidade sináptica e prejuízos cognitivos em pessoas idosas com DM2 (Ferrario; Reagan, 2018).

Em conjunto, esses mecanismos ilustram uma interdependência entre alterações metabólicas periféricas e disfunções cognitivas centrais, conferindo ao DM2 um papel crítico na aceleração do declínio cognitivo em pessoas idosas.

2.3 Relação entre controle inibitório e autonomia funcional em pessoas idosas

O controle inibitório, componente central das funções executivas, refere-se à capacidade de regular a atenção, o comportamento, os pensamentos e as emoções, de forma a suprimir respostas automáticas ou interferências por distrações externas (Diamond, 2013). Essa habilidade permite priorizar ações mais adequadas ou necessárias em detrimento de respostas automáticas, impulsos, ou hábitos previamente condicionados. Sem o controle inibitório, os indivíduos estariam sujeitos a reagir predominantemente de maneira impulsiva ou habituada, tornando-se altamente suscetíveis e influenciados por estímulos ambientais e internos (Kang et al., 2022).

O controle inibitório é essencial para a autonomia funcional de pessoas idosas, por contribuir para que mantenham o foco em situações cotidianas, ignorando estímulos distrativos, favorecendo o gerenciamento de estímulos e o engajamento em tarefas complexas (Kang et al., 2022). Além disso, a realização de tarefas motoras do cotidiano, como, por exemplo, a marcha, compartilha as mesmas áreas cerebrais responsáveis pela cognição. Foi observado que prejuízos nas funções executivas estão relacionados com disfunções da marcha e prejuízos no controle inibitório parecem estar relacionados com o aumento no risco de quedas, por aumentar o comportamento de risco em pessoas idosas (Zhang et al., 2019).

Com o envelhecimento, essa capacidade tende a declinar, impactando diretamente a atenção seletiva, a tomada de decisão e a capacidade de realizar múltiplas tarefas. Estudos apontam que esse comprometimento está associado ao aumento do risco de quedas, à menor aderência a tratamentos e à redução da qualidade de vida (Kang et al., 2022).

Em situações cotidianas, como caminhar em locais movimentados ou realizar atividades domésticas enquanto se conversa, o controle inibitório permite que a pessoa idosa filtre estímulos concorrentes, mantendo o foco na tarefa principal. A redução dessa habilidade pode comprometer significativamente a execução de atividades da vida diária, limitando a autonomia e funcionalidade (Stevens; Bavelier, 2012).

Essas tarefas avaliam a capacidade de filtrar informações irrelevantes e manter o foco na tarefa em questão. Preservar o controle inibitório é, portanto, um fator protetivo para o envelhecimento saudável, influenciando desde a segurança física até a capacidade de manter

interações sociais e cognitivas significativas. Intervenções que estimulem essa habilidade podem contribuir para a manutenção da independência funcional e da qualidade de vida em pessoas idosas.

2.4 O exercício físico no tratamento da pessoa idosa com DM2: Contribuições do exercício resistido

O envelhecimento naturalmente promove perdas progressivas de funções fisiológicas, cognitivas e funcionais, fatores que podem prejudicar a autonomia, a funcionalidade e a qualidade de vida de pessoas idosas (Inouye et al., 2007). A estratégia central para a prevenção e tratamento de complicações de saúde durante o envelhecimento é a adoção de estilos de vida saudáveis e exercícios físicos regulares (Hassan; Duque, 2017).

Atualmente, considera-se o Envelhecimento Saudável como um "processo de desenvolver e manter a habilidade funcional, que permite o bem-estar na idade mais avançada" (World Health Organization, 2020). Na década do Envelhecimento Saudável (2021-2030), a OMS propõe que o objetivo principal das políticas públicas seja otimizar a habilidade funcional das pessoas idosas. A habilidade funcional inclui: 1) capacidade de atender às necessidades básicas; 2) capacidade de aprender, desenvolver e tomar decisões; 3) ter mobilidade; 4) capacidade de construir e manter relacionamentos; e 5) capacidade de contribuir para a sociedade (World Health Organization, 2020).

A prática do exercício físico é fundamental para prevenir ou atenuar as complicações cognitivas associadas à idade e que são agravadas com as complicações do DM2 (Lee; Jackson; Richardson, 2017). Dentre as diversas modalidades de exercício físico, o exercício resistido (ER), também conhecido como treinamento resistido, consiste em exercícios realizados utilizando o peso corporal, pesos livres e/ou máquinas. Esses exercícios devem ser direcionados aos principais grupos musculares responsáveis pela função e mobilidade, além de incluir práticas funcionais, como o movimento de sentar e levantar de uma cadeira, que simulam atividades de vida diária (Izquierdo et al., 2025).

O ER destaca-se por sua aplicabilidade segura e adaptável, com impacto positivo na força muscular, sensibilidade à insulina, composição corporal e desempenho funcional (Izquierdo et al., 2025). Além disso, pode ser prescrito de forma individualizada, com controle da carga e atenção às limitações osteomusculares.

Em uma meta-análise de ensaios clínicos randomizados, foi evidenciado que o exercício resistido é uma modalidade segura para pessoas idosas e eficaz para melhorar a sensibilidade à insulina nesta população (Jiahao; Jiajin; Yifan, 2021). Um ensaio clínico

randomizado controlado e simples-cego demonstrou que 6 meses de treinamento resistido promoveram benefícios positivos na glicemia de jejum, hemoglobina glicada (HbA1c), perfil lipídico, pressão arterial e composição corporal comparados ao grupo controle que não recebeu intervenção com exercício (Ma et al., 2024).

O exercício resistido é responsável por desencadear adaptações fisiológicas e moleculares importantes. Entre essas adaptações, destaca-se o aumento na expressão de citocinas anti-inflamatórias, como a interleucina-6 (IL-6) e a interleucina-10 (IL-10), que desempenham um papel essencial na redução de processos inflamatórios sistêmicos (Ropelle et al., 2010).

Além disso, o exercício resistido promove aumento da sensibilidade dos tecidos periféricos à ação da insulina, contribuindo para a melhor regulação do metabolismo da glicose. Esse efeito é alcançado pela estimulação da translocação do transportador de glicose tipo 4 (GLUT4) do interior da célula muscular para a membrana plasmática (sarcolema), um processo mediado pela ativação da via de sinalização intracelular PI3k-AKT-mTOR-p70s6 Kinase. Essa via molecular é crucial para facilitar a captação de glicose pelas células musculares, de modo independente da ação da insulina, favorecendo o controle glicêmico e melhorando a homeostase metabólica (Galicia-Garcia et al., 2020).

O exercício resistido destaca-se como uma intervenção segura e eficaz para pessoas idosas, especialmente quando comparado ao exercício aeróbico em determinados contextos clínicos (Kobayashi et al., 2023). Sua principal vantagem é a possibilidade de ajustar a intensidade de forma controlada, promovendo ganhos de força muscular sem causar sobrecargas excessivas nas articulações. Isso reduz significativamente o risco de dor ou lesões articulares, tornando-o uma opção adequada para pessoas idosas, principalmente aquelas com limitações musculoesqueléticas ou condições que afetam a mobilidade (Ciccolo; Nosrat, 2016).

No que se refere à cognição, embora a maior parte das evidências esteja concentrada em protocolos aeróbicos, há indícios de que o exercício resistido também promova ganhos cognitivos, especialmente nos domínios da atenção e do controle inibitório (Gómez-Soria et al., 2023; Wilke et al., 2019). Um estudo recente demonstrou melhora significativa no controle inibitório após uma única sessão de exercício resistido de intensidade moderada (Wilke et al., 2019). Da mesma forma, uma revisão sistemática apontou benefícios do exercício resistido sobre a função executiva, com foco em atenção e controle inibitório (Herold et al., 2020).

No entanto, os achados ainda são heterogêneos e carecem de replicação especificamente em populações com DM2, o que reforça a necessidade de novas investigações

direcionadas a esse grupo (Zhao et al., 2022b). De modo geral, o exercício resistido é uma modalidade segura, eficaz e viável para ser implementada em populações idosas com DM2, com potencial de melhorar tanto parâmetros metabólicos quanto aspectos funcionais e cognitivos.

2.5 Os efeitos agudos do exercício resistido no desempenho cognitivo

Os efeitos agudos do exercício físico sobre a cognição têm sido investigados em diferentes modalidades, incluindo aeróbica, combinada e resistida (Chang; Hsieh; Chang, 2012; Silveira-Rodrigues et al., 2023). Embora boa parte dos estudos priorize exercícios aeróbicos, há um crescente corpo de evidências apontando que o exercício resistido também pode modular positivamente as funções executivas, sobretudo o controle inibitório, em diferentes populações de pessoas idosas (Cassilhas et al., 2007; Cordes et al., 2019; Dunskey et al., 2017).

Esses benefícios estão parcialmente relacionados aos efeitos fisiológicos agudos do exercício sobre o cérebro, como o aumento transitório do fluxo sanguíneo cerebral e a ativação de regiões corticais envolvidas na cognição, especialmente o córtex pré-frontal. Durante e após a sessão de exercício, há uma redistribuição hemodinâmica que favorece a perfusão em áreas associadas ao controle executivo, à atenção seletiva e à memória operacional, facilitando o desempenho em tarefas cognitivas logo após o esforço físico (Herold et al., 2020; Lucas et al., 2015; Pereira et al., 2007).

No caso do exercício aeróbico, o aumento sustentado da atividade cardiovascular promove uma elevação global do fluxo sanguíneo cerebral e ativa circuitos neurais de forma mais difusa, resultando em melhorias consistentes em tarefas cognitivas dependentes de velocidade de processamento e controle inibitório (Erickson et al., 2007; Raichlen et al., 2020). Já no ER, embora o aumento do fluxo sanguíneo cerebral seja mais localizado e intermitente, há evidências de que ele também pode gerar respostas neurovasculares e neuroendócrinas suficientes para modular a cognição, especialmente quando realizado em intensidades moderadas a altas (Tsukamoto et al., 2016; Wilke et al., 2019).

Silveira-Rodrigues *et al.* (2023) observaram que uma única sessão de exercício aeróbico ou resistido melhorou similarmente o controle inibitório e o tempo de resposta de indivíduos com DM2 fisicamente ativos. No entanto, sessões de exercícios aeróbicos e resistido induziram um efeito clínico oposto nas concentrações plasmáticas de BDNF (Silveira-Rodrigues et al., 2023).

Chang e colaboradores (2023) investigaram os efeitos imediatos do exercício resistido

no desempenho cognitivo de pessoas idosas, comparando-os com uma condição controle sem exercício. Os resultados indicaram que uma única sessão de exercício resistido melhorou significativamente o desempenho em todas as condições do teste *Stroop*, em comparação ao controle. Notavelmente, o impacto do exercício foi mais pronunciado na condição incongruente, que exige maior controle inibitório, demonstrando o maior efeito positivo entre as condições avaliadas. Em resumo, o exercício resistido promove efeitos agudos positivos no desempenho cognitivo, mas tem efeito mais benéfico na cognição que envolve o controle inibitório (Chang; Liu; Hsieh, 2023). O ER é reconhecido por promover uma redução aguda nos níveis de glicemia, decorrente do aumento da captação periférica de glicose pelos músculos ativos. Paralelamente, a realização de tarefas cognitivamente exigentes também pode reduzir os níveis de glicose circulante, uma vez que o cérebro apresenta alta demanda energética durante o processamento cognitivo ((Donohoe; Benton, 1999).

Por outro lado, quando a glicemia atinge valores muito baixos, há prejuízo significativo no desempenho cognitivo. Estudos demonstraram que a hipoglicemia aguda compromete funções executivas como atenção, controle inibitório e flexibilidade cognitiva, tanto em indivíduos com quanto sem diabetes tipo 1 (Graveling; Deary; Frier, 2013). Outro achado, identificou que reduções nos níveis glicêmicos após tarefas cognitivamente exigentes predizem pior desempenho subsequente em memória, reforçando o impacto direto da disponibilidade de glicose no funcionamento cerebral ((Donohoe; Benton, 1999).

Diante desse cenário, a combinação entre ER e tarefas cognitivamente envolventes pode ter um efeito somatório na redução da glicemia. Essa condição exige cautela, especialmente em populações vulneráveis, como pessoas idosas com diabetes mellitus tipo 2 que fazem uso de medicamentos hipoglicemiantes ou com reserva glicêmica limitada, já que a sobreposição dos efeitos do ER e das tarefas cognitivamente exigentes podem aumentar o risco de hipoglicemia e, conseqüentemente, comprometer o desempenho cognitivo ou gerar efeitos adversos como mau estar ((Donohoe; Benton, 1999; Graveling; Deary; Frier, 2013; Gruber et al., 2024; Weinstein et al., 2015)

Por outro lado, estudos têm observado que a combinação de treinamento cognitivo (dupla tarefa) e exercício físico (aeróbico ou resistido) pode melhorar a função cognitiva em maior extensão do que o exercício ou intervenções cognitivas isoladamente (Wu et al., 2023). O exercício em dupla tarefa consiste em uma estratégia de intervenção que associa exercícios físicos com atividades cognitivamente desafiadoras, tais como o indivíduo realizar uma flexão de cotovelo enquanto é incentivado a falar em voz alta os dias da semana ou os meses do ano, ou o alfabeto em ordem direta e inversa.

A intervenção por exercício físico moderado multimodal (exercício aeróbico e exercício resistido e treinamento funcional) em dupla tarefa demonstrou benefícios para pessoas idosas saudáveis, reduzindo o declínio cognitivo relacionado à idade e melhorando a aptidão física e a qualidade de vida (Da Silva et al., 2022; Jardim et al., 2021). Os benefícios do exercício físico em dupla tarefa são demonstrados em populações com doenças específicas: comprometimento cognitivo (Ali et al., 2022), demência (Lam et al., 2018), acidente vascular encefálico (Chiaromonte et al., 2022), doença de Parkinson (De Freitas et al., 2020) e outros distúrbios neurológicos (Fritz; Cheek; Nichols-Larsen, 2015).

Para investigar os benefícios do exercício resistido em dupla tarefa (ER em DT) em pessoas idosas com DM2, é essencial considerar tanto os efeitos imediatos quanto os crônicos dessa prática. Estudos indicam que ambas as intervenções (agudo e crônico) podem aumentar a secreção do hormônio do crescimento (GH) e do fator de crescimento semelhante à insulina tipo 1 (IGF-1), além de melhorar a capacidade cognitiva em pessoas idosas (Cassilhas et al., 2007; Tsai et al., 2015).

Durante a realização do exercício resistido, especialmente em protocolos de intensidade moderada, ocorre uma complexa cascata fisiológica que favorece adaptações metabólicas, neurovasculares e cognitivas. Um dos principais hormônios envolvidos nesse processo é o GH, cuja liberação é estimulada durante o esforço físico anaeróbico. O GH, por sua vez, atua sobre a glândula pituitária anterior e estimula a produção hepática do IGF-1, além de induzir a secreção do fator de crescimento endotelial vascular. Este último está relacionado ao aumento da angiogênese e ao incremento do fluxo sanguíneo cerebral, especialmente em áreas pré-frontais e no hipocampo, regiões fundamentais para o desempenho em tarefas de memória, atenção e controle inibitório (Basso; Suzuki, 2017; Herold et al., 2020; Nicklas et al., 1995).

Adicionalmente, o exercício resistido contribui para a redução dos níveis plasmáticos de homocisteína, um marcador inflamatório associado ao comprometimento vascular e à disfunção cognitiva em pessoas idosas, incluindo aqueles com DM2. O IGF-1, por sua vez, possui ação neurotrófica direta, estimulando a neurogênese e a regeneração de neurônios hipocampusais, além de favorecer a plasticidade sináptica (Cassilhas et al., 2007; Tsai et al., 2015).

No contexto do exercício resistido em dupla tarefa, esses mecanismos são potencialmente amplificados pela exigência simultânea de recursos motores e cognitivos, promovendo a ativação coordenada de circuitos corticais e o engajamento das redes neurais executivas, como a frontoparietal e a pré-frontal dorsolateral (Herold et al., 2020). Durante e

após o exercício, observa-se um aumento agudo no fluxo sanguíneo cerebral nessas regiões, além da liberação de catecolaminas (adrenalina, noradrenalina) e do BDNF, um dos principais mediadores da neuroplasticidade induzida pelo exercício.

Embora tanto o exercício aeróbico quanto o resistido possam elevar os níveis de BDNF, estudos indicam que as respostas podem divergir entre as modalidades, com o aeróbico promovendo elevações mais consistentes, enquanto o resistido apresenta respostas mais heterogêneas, dependendo da intensidade, volume e tempo de recuperação (Silveira-Rodrigues et al., 2023; Wilke et al., 2019). Ainda assim, ambas as abordagens demonstraram benefícios agudos na função executiva, tempo de reação e controle inibitório em pessoas idosas com DM2, sugerindo múltiplos caminhos fisiológicos convergentes para a melhora cognitiva.

Diante disso, nós hipotetizamos que uma sessão de intervenção de ER combinada à estimulação cognitiva, realizada em intensidade moderada, bem como preconiza as Organizações, seja uma estratégia benéfica imediata para pessoas idosas com DM2, a partir da melhora do desempenho cognitivo e do controle glicêmico comparada ao treinamento resistido isolado.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos agudos de uma sessão de exercício resistido e de exercício resistido em dupla tarefa sobre o controle inibitório e os níveis de glicemia capilar em pessoas idosas com Diabetes *Mellitus* Tipo 2.

3.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um protocolo de intervenção aguda por exercício resistido em dupla tarefa para pessoas idosas com Diabetes *Mellitus* Tipo 2.
- Avaliar e comparar os efeitos agudos de uma sessão de exercício resistido isolado e exercício resistido em dupla tarefa sobre o desempenho em tarefa de controle inibitório.
- Avaliar e comparar os efeitos agudos do exercício resistido isolado e do exercício resistido em dupla tarefa nos níveis de glicemia capilar.
- Analisar o custo do conflito e a precisão de respostas em tarefa *Stroop* após as intervenções.

4 METODOLOGIA

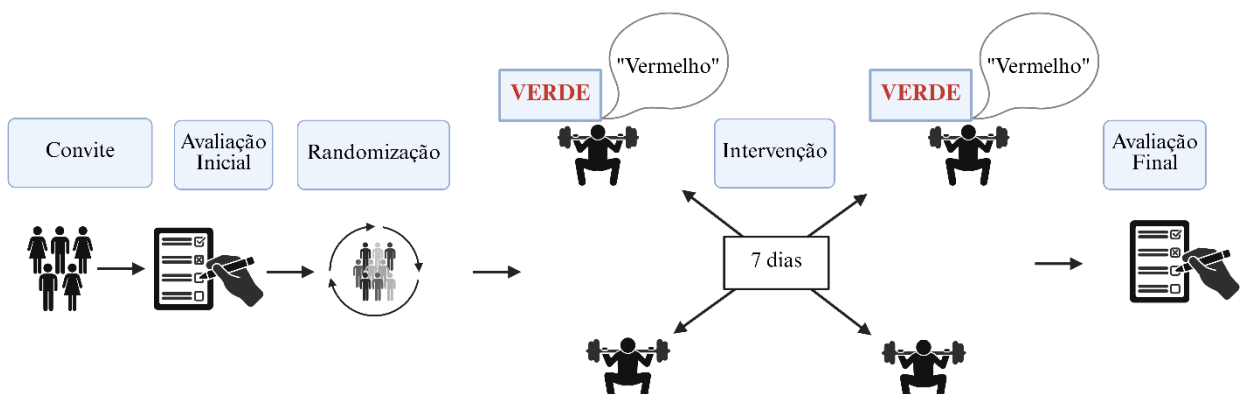
4.1 Desenho do estudo

A pesquisa foi realizada com o delineamento experimental cruzado, randomizado e controlado, com o objetivo de comparar, em pessoas idosas com *Diabetes Mellitus* tipo 2 (DM2), os efeitos agudos de uma sessão de intervenção por exercício resistido em dupla tarefa (ER-DT) aos efeitos do mesmo protocolo de intervenção por exercício resistido realizado sem a estimulação cognitiva associada (ER).

Cada participante foi randomizado (www.random.org) para a ordem de exposição às condições experimentais (ER-DT ou ER), para assegurar a alocação aleatória a ordem das intervenções, sendo aplicado o período de *washout* de uma semana entre as sessões experimentais (Mendes et al., 2019). Esse intervalo visa evitar o efeito *carrying over* para que as respostas observadas estejam relacionadas aos efeitos fisiológicos ou agudos do exercício, minimizando os efeitos de aprendizagem, fadiga ou interferência residual das intervenções (Pontifex et al., 2019). O desenho experimental encontra-se ilustrado na Figura 2.

As avaliações foram realizadas no Laboratório de Investigações em Neurodegeneração e Infecção, em duas manhãs distintas. As avaliações iniciais incluíram: a anamnese (informações sociodemográficas, de saúde e hábitos de vida), aferição da pressão arterial sistêmica e frequência cardíaca em repouso, avaliação do desempenho cognitivo (teste de *Flanker*), medida da glicemia capilar e registro de exame laboratorial (hemoglobina glicada). As avaliações finais foram realizadas após 15 minutos em cada sessão de intervenção e incluíram: pressão arterial sistêmica e frequência cardíaca em repouso, avaliação da glicemia capilar e teste cognitivo de *Flanker*.

Figura 2 – Desenho do estudo



Fonte: Ilustração elaborada pela autora, utilizando o software BioRender (2025).

A variável de interesse primária do presente estudo foi o desempenho cognitivo e, como variável secundária, a glicemia capilar. A pressão arterial e a frequência cardíaca foram parâmetros de segurança e triagem para a realização do exercício. Cada sessão do protocolo de intervenção teve duração de 60 minutos, incluindo um período de aquecimento (mobilidade articular de cintura escapular e pélvica), exercícios principais (exercícios de força) e desaquecimento (alongamento dinâmico).

Foram realizados 6 exercícios principais: supino reto com halteres, desenvolvimento, remada, agachamento, abdominal e flexão de joelhos, com volume de 3 séries de 10 a 15 repetições submáximas em intensidade moderada (“um pouco difícil” a “difícil”), de acordo com a classificação de esforço percebido (OMNI: 6-8), representando 50 a 70% de 1RM, com intervalo de descanso de 1 a 2 minutos (Fragala et al., 2019; Ivers et al., 2019; Kanaley et al., 2022; Silva Junior et al., 2022). Na intervenção em dupla tarefa (ER-DT), os participantes realizaram, simultaneamente ao exercício resistido, a tarefa cognitiva de *Stroop*. Em cada encontro, a taxa de supervisão foi de um profissional para um participante.

A Declaração CONSORT (*Consolidated Standards of Reporting Trials*), em sua extensão para ensaios clínicos randomizados com delineamento cruzado (*cross-over*), foi adotada com a finalidade de conferir consistência metodológica e transparência na descrição dos procedimentos e resultados, considerando as particularidades desse tipo de estudo, como o controle intraindivíduo e o potencial de redução da variabilidade entre os participantes (Dwan et al., 2019). Adicionalmente, os Itens de Relato Preferenciais para Estudos de Exercício de Resistência (*Preferred Reporting Items for Resistance Exercise Studies - PRIRES*) foram empregados para assegurar a padronização e a qualidade metodológica da intervenção com exercício resistido (Lin; Chueh; Hung, 2023).

4.2 Participantes

A divulgação do convite aos participantes foi realizada visando alcançar pessoas que residiam na cidade ou nas proximidades. A estratégia incluiu convites impressos e divulgação nas mídias sociais. Para os convites impressos, foram elaborados materiais informativos que foram distribuídos em locais estratégicos, como no entorno da universidade, em centros comunitários e estabelecimentos comerciais. Esses convites destacaram os objetivos do projeto e forneceram informações sobre como entrar em contato com os pesquisadores. Paralelamente, a divulgação nas mídias sociais foi criada para ser visualmente atraente e informativa, incluindo imagens e vídeos.

Também foi utilizada a técnica de amostragem por bola de neve, na qual os participantes indicaram outras pessoas elegíveis para a pesquisa. Ao incentivar os participantes a convidar amigos e familiares para se juntarem ao projeto, não só potencializamos o número de potenciais participantes, mas também aumentamos a participação do público-alvo no desenvolvimento da pesquisa, engajando-os. A amostra de participantes foi selecionada por conveniência e intencionalmente para garantir representatividade de gênero.

A coleta de dados e as intervenções foram realizadas no Laboratório de Investigação em Neurodegeneração e Infecção (LNI/UFGA), no período de julho de 2024 a março de 2025. Todos os participantes desta pesquisa foram informados, por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE A), sobre os objetivos, finalidades, benefícios, riscos, a possibilidade de se retirar do estudo a qualquer momento e a garantia de preservação de sua identidade. Os eventos adversos foram monitorados e os pacientes foram solicitados a relatar quaisquer eventos adversos ocorridos.

Os critérios de inclusão e exclusão no presente estudo incluíram:

Critérios de inclusão:

- Diagnóstico de DM2 de acordo com os critérios da Sociedade Brasileira de Diabetes (Glicemia de jejum maior ou igual a 126 mg/dl e HbA1c maior ou igual a 6,5%, simultaneamente);
- Estar acompanhamento médico regular;
- Idade mínima de 60 anos;
- Desempenho normal, ajustado para escolaridade, no Miniexame do Estado Mental (MEEM);
- Ausência de sintomas depressivos (escala de depressão geriátrica – GDS-5) pontuação ≥ 5 ;
- Acuidade visual mínima de 20/30, com ou sem lentes corretivas;
- Experiência prévia com exercício resistido de pelo menos 2 meses.

Critérios de exclusão:

- Diagnóstico de doenças cardiovasculares e osteoarticulares que impossibilitem a

realização da sessão de exercício ou que possam ser agravadas com a execução do mesmo;

- Ter uma doença neurodegenerativa e/ou histórico de acidente vascular cerebral;

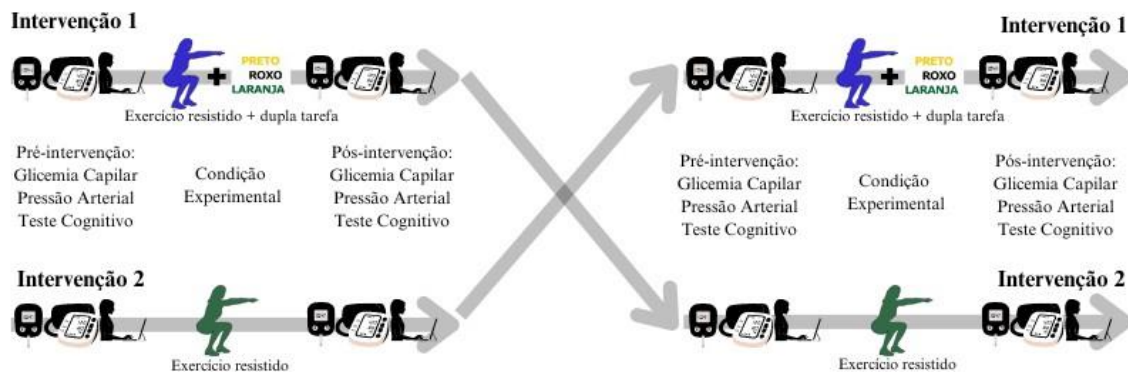
Tomamos cautela quando o participante apresentou pressão arterial sistêmica maior que 160 mmHg e/ou 105 mmHg e glicemia capilar pré-exercício <72 mg/dL ou >270 mg/dL. Nesses casos, a avaliação ou intervenção foi suspensa temporariamente até que os valores se estabilizassem (Barroso et al., 2021; Rodacki et al., 2022).

Para determinar o tamanho da amostra necessário para testar os objetivos, utilizamos o *software* G Power 3.11, realizando uma análise de poder *a priori*. Considerando que metanálises anteriores relataram efeitos de tamanho moderado do exercício físico agudo no desempenho cognitivo em adultos e idosos (Lu et al., 2024; Pontifex et al., 2019), estimamos um tamanho de efeito conservador de $f = 0,25$. O cálculo foi baseado em um poder estatístico de 90%, teste de hipótese bicaudal, nível alfa de 0,05 e um modelo de análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas. O cálculo resultou em um tamanho de amostra total de 18 participantes. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 74580423.8.0000.0018).

4.3 Randomização e cegamento

A amostra do estudo foi composta por 18 participantes, número determinado a partir de cálculo amostral previamente realizado. A randomização foi conduzida por meio da plataforma www.random.org, a qual gera sequências numéricas verdadeiramente aleatórias. Cada um dos 18 participantes foi alocado aleatoriamente a uma das duas ordens de intervenção. O número “1” indicava que o participante realizaria, na primeira sessão, a intervenção com exercício resistido em dupla tarefa (ER-DT), enquanto o número “2” indicava o início da intervenção com exercício (ER). Após um intervalo de uma semana (*washout*), cada participante realizava a intervenção complementar, conforme o delineamento cruzado (*cross-over*) adotado (Mendes et al., 2019) (Figura 3).

Figura 3 – Delineamento em Cross-over.



Fonte: Ilustração elaborada pela autora, utilizando o software BioRender (2025).

Esse delineamento permitiu que todos os participantes fossem expostos a ambas as condições experimentais, atuando como seu próprio controle, o que reduz a variabilidade interindividual e aumenta a precisão das comparações intraindividuais (Wellek; Blettner, 2012).

Para garantir o cegamento, a equipe de pesquisa foi dividida em dois grupos independentes. Um grupo foi responsável pelas avaliações iniciais e finais, enquanto o outro conduziu exclusivamente as intervenções. A equipe de avaliação atribuiu códigos de identificação numéricos aos participantes, utilizados durante o processo de randomização e mantidos em sigilo. A randomização foi realizada por pesquisador independente, mantendo o cegamento da equipe responsável pelas avaliações. Os participantes também foram orientados a não compartilhar com os avaliadores qualquer informação sobre a intervenção realizada, a fim de preservar o mascaramento dos dados.

4.4 Instrumentos e avaliações

No início de cada dia de avaliação, os participantes foram recebidos no laboratório e permaneceram em repouso sentados por 15 minutos, em ambiente calmo, silencioso e com temperatura controlada para a aferição da pressão arterial e glicemia capilar. Durante estes repouso foram coletadas informações sobre a qualidade percebida da noite de sono, uso de medicação e sobre alimentação prévia. Embora não tenha sido realizado controle alimentar formal nem recordatório alimentar, todos relataram ter se alimentado antes da sessão. O intervalo médio entre a última refeição e a avaliação foi estimado entre uma e duas horas, conforme autorrelato, e nenhuma intercorrência foi registrada. Ressalta-se que a ausência de padronização alimentar constitui uma limitação metodológica, discutida na seção de limitações

deste estudo.

Após cada sessão de exercício, foi respeitado um novo período de repouso de 15 minutos antes da reavaliação. Durante esse período pós-exercício, os participantes foram orientados a permanecer sentados. Após o repouso, foram conduzidas às avaliações dos desfechos de interesse (glicemia capilar, pressão arterial sistêmica e teste de função executiva). Ao término do protocolo, os participantes foram orientados a manter sua rotina habitual ao longo do dia, evitando, no entanto, a prática de atividades físicas extenuantes.

As avaliações incluíram (Tabela 1):

- 1) Questionário para coleta de dados sociodemográficos, histórico de saúde e rastreio de sintomas depressivos e da função cognitiva.
- 2) Verificação da pressão arterial, da glicemia capilar e do peso e altura para cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC);
- 3) Exames Laboratoriais (Hemoglobina glicada e Glicemia em Jejum)
- 4) Avaliação cognitiva (Controle Inibitório) usando-se o *software The Psychology Experiment Building Language* (PEBL);

Tabela 1 – Síntese das avaliações

Avaliação Pré-Participação	
1)	Para critérios de inclusão:
a.	Anamnese
b.	Escala de Depressão Geriátrica (GDS-5)
c.	Miniexame do Estado Mental (MEEM)
2)	Avaliações – Pré-Intervenção Aguda:
a.	Pressão Arterial Sistêmica
b.	Frequência Cardíaca em Repouso
c.	Glicemia Capilar
d.	Índice de Massa Corporal (IMC)
e.	Controle Inibitório (Teste <i>Flanker</i>)
3)	Avaliações – Pós-Intervenção Aguda:
a.	Pressão Arterial Sistêmica
b.	Frequência Cardíaca em Repouso
c.	Glicemia Capilar
d.	Controle Inibitório (Teste <i>Flanker</i>)

Fonte: Autoria Própria

4.4.1 Anamnese

Foi realizada anamnese inicial dos participantes para coleta de dados pessoais, escolaridade, histórico de saúde, uso de medicamentos, hábitos de vida e prática de exercício

físico. Ainda na anamnese, para verificar a adequação aos critérios de inclusão e exclusão, foram realizadas avaliações para rastreio de sintomas de depressão através da Escala Geriátrica da Depressão (GDS) (ANEXO I) (Paradela; Lourenço; Veras, 2005), assim como rastreio de alterações da função cognitiva através do Miniexame do Estado Mental (MEEM).

O MEEM é um instrumento dividido em sete categorias: orientação temporal, orientação espacial, registro de três palavras, atenção e cálculo, memória de evocação, linguagem e capacidade construtiva visual. A pontuação da escala é o resultado da soma dos pontos de todas as categorias, variando de zero a trinta pontos; quanto maiores as pontuações, melhor o desempenho. Foram considerados valores de referência os pontos de corte ajustados para a escolaridade da população brasileira: ≥ 13 pontos para analfabetos, ≥ 18 pontos para 1 a 7 anos de escolaridade e ≥ 26 pontos para 8 anos ou mais de escolaridade (ANEXO 2) (Bertolucci et al., 1994).

4.4.2 Avaliação da composição corporal, pressão arterial, frequência cardíaca e glicemia capilar

A massa corporal (em quilogramas - kg) foi mensurada com uma balança de bioimpedância tetrapolar (Omron® HBF-514C) (Kyle et al., 2004). A estatura (em centímetros) foi mensurada utilizando um estadiômetro (Welmy®). O participante foi posicionado em posição ortostática, com a cabeça alinhada ao horizonte, braços estendidos ao longo do corpo, pés unidos com os calcanhares em contato e em inspiração máxima. A medida da altura foi utilizada para o cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC; kg/m^2) (Ortega et al., 2016).

A pressão arterial sistêmica e a frequência cardíaca em repouso foram verificadas pré e pós-intervenção, utilizando um monitor automático validado (OMRON modelo HEM-7122) e seguindo as recomendações da Sociedade Brasileira de Hipertensão (2021) (Barroso et al., 2021). Para tanto, os participantes deveriam:

- a) Esvaziar a bexiga previamente;
- b) Sentar-se confortavelmente;
- c) Permanecer em repouso por 5 minutos;
- d) Não conversar durante a medição.

A glicemia capilar foi medida utilizando um glicosímetro (Accu-chek®). Inicialmente, um lancetador foi usado para obter de 10 a 600 mg/dL de sangue capilar na polpa digital; em seguida, uma gota de sangue capilar foi inserida em uma fita biossensora

descartável, seguindo as recomendações da Sociedade Brasileira de Diabetes (Rodacki et al., 2022).

4.4.3 Avaliação do Desempenho Cognitivo

A avaliação do controle inibitório foi realizada utilizando o teste *Flanker*, de modo automatizado através do software *The Psychology Experiment Building Language* (PEBL) (Mueller; Piper, 2014; Rusnáková et al., 2011). O teste *Flanker* é uma ferramenta de avaliação não verbal usada para avaliar o controle inibitório, que é a capacidade de ignorar estímulos distratores. No teste *Flanker*, os participantes foram solicitados a identificar rápida e precisamente a direção de uma seta central (o alvo) enquanto ignoravam as setas adjacentes. Essas setas adjacentes podiam apontar na mesma direção do alvo (congruente) ou na direção oposta (incongruente). As instruções indicavam que, se a seta central apontasse para a direita, os participantes deveriam pressionar a tecla "*Shift-direita*" e, se a seta central apontasse para a esquerda, eles deveriam pressionar a tecla "*Shift-esquerda*".

O teste foi exibido em um monitor com resolução de 1366x768 pixels, posicionado a 50 cm de distância do participante. O fundo da tela apresentava a cor preta, enquanto as setas apresentavam a cor branca para melhorar a visibilidade. Cada seta branca apresentava 100 pixels de tamanho e as condições congruentes e incongruentes foram apresentadas aleatoriamente. Cada seta apareceu por um máximo de 800 milissegundos ou até que o participante respondesse. Houve um intervalo de 1000 ms entre os estímulos.

O teste começou com 9 estímulos para adaptação ao teste e avaliação do entendimento dos participantes sobre a tarefa. Após a fase de adaptação, os participantes foram questionados se entenderam a tarefa. Se indicaram confusão, outra sessão de adaptação foi conduzida para esclarecer quaisquer mal-entendidos. Após essa fase de adaptação, os participantes responderam a 160 estímulos de avaliação para análise: 40 incongruentes, 40 congruentes, 40 de única direção e 40 de seta única.

A medida primária do controle inibitório neste teste foi o tempo de reação, a precisão e o custo de conflito. Isso permitiu que os pesquisadores avaliassem sua capacidade de filtrar distrações e focar em informações relevantes. No geral, o teste de *Flanker* mediu efetivamente o controle cognitivo em vários grupos, incluindo pessoas idosas (Cordeiro et al., 2024).

4.5 Protocolo de intervenção com exercício resistido em dupla tarefa

A elaboração do protocolo de exercício resistido foi fundamentada em documentos da *American College of Sports Medicine* (2022), Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes (2022), *Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association* (2019) e *Diabetes Canada 2018 Clinical Practice Guidelines* (2018). O protocolo de estimulação em dupla tarefa proposto foi adaptado de estudos anteriores (Aminirakan; Losekamm; Wollesen, 2024) (Tabela 2).

Tabela 2 - Descrição do Protocolo de Intervenção					
Exercícios	Séries	Repetições	Intensidade (1RM)	Intervalo de Descanso (min)	Tarefa Cognitiva
Agachamento	3	10-15	50 a 70%	1-2	Teste de Stroop
Desenvolvimento de Ombros	3	10-15	50 a 70%	1-2	Teste de Stroop
Flexão de joelhos	3	10-15	50 a 70%	1-2	Teste de Stroop
Remada unilateral	3	10-15	50 a 70%	1-2	Teste de Stroop
Supino Reto	3	10-15	50 a 70%	1-2	Teste de Stroop
Abdominal infra	3	10-15	50 a 70%	1-2	Teste de Stroop

Fonte: Autoria Própria

A tarefa cognitiva consistiu na aplicação da Tarefa de *Stroop*, com o objetivo de estimular a função inibitória. Durante o teste, o participante foi apresentado a uma série de palavras que representavam nomes de cores, como "cinza", "azul", "verde" e "rosa". No entanto, essas palavras foram exibidas em cores que podiam ou não corresponder ao significado da palavra (por exemplo, a palavra "cinza" poderia estar escrita com tinta azul).A tarefa do participante foi identificar e dizer em voz alta a cor da tinta utilizada para escrever cada palavra, ignorando o significado literal da palavra escrita. Por exemplo, se a palavra "azul" estivesse impressa em tinta vermelha, o participante deveria dizer "vermelho" em vez de "azul". Esse processo exigiu a inibição da resposta automática de leitura da palavra, tornando a tarefa desafiadora e um indicador eficaz de funções executivas, como controle inibitório.

Para a realização da tarefa, foi utilizada a projeção de slides, na qual as palavras com diferentes cores de tinta foram exibidas em uma tela. A projeção permitiu a visualização clara e rápida das palavras, garantindo que o participante pudesse focar na tarefa sem distrações visuais adicionais (Figura 4).

Figura 4 – Ilustração da estimulação cognitiva utilizada no Protocolo de Exercício Resistido associado a Tarefa Cognitiva



Fonte: Registro de uma sessão de intervenção (2025).

O protocolo de exercícios resistidos foi realizado em intensidade moderada (50 a 70% de 1RM), e a escala subjetiva de esforço OMNI-RES foi utilizada para monitorar a intensidade do exercício. Para determinar a zona de treinamento, foi empregada a aproximação sucessiva de esforço; assim, a intensidade moderada foi alcançada medindo a quantidade máxima de peso que o indivíduo poderia levantar com boa forma em uma única série para um grupo muscular.

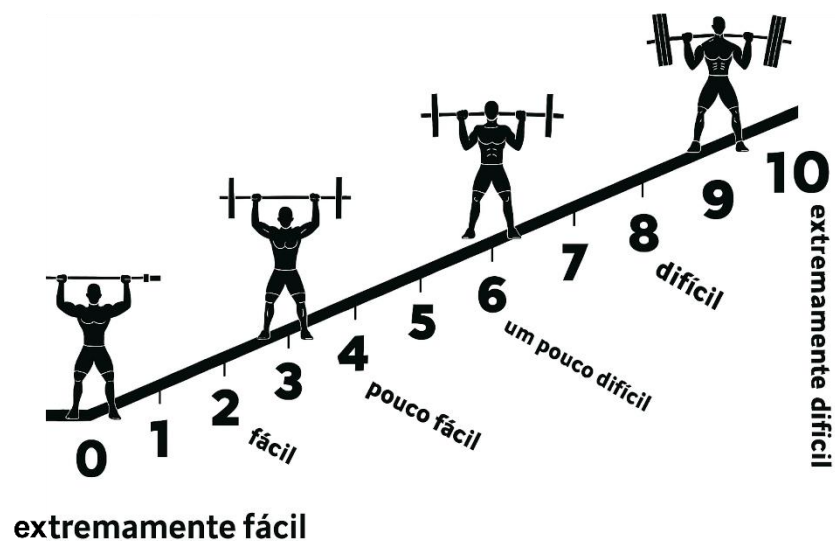
Os ajustes de carga de treinamento para garantir a intensidade moderada entre 10 e 15 repetições foram feitos de modo que, caso o participante conseguisse realizar mais do que 15 repetições, isso indicaria que o ajuste de carga precisava ser realizado. Para tanto, foi sucessivamente acrescentado 5% do peso total carregado até encontrar a carga ideal para a realização de no mínimo 10 repetições e no máximo 15 repetições (Abrahin et al., 2014).

Cada sessão foi composta por 6 exercícios, cada um realizado em séries com repetições e intervalos predeterminados, conforme descrito na Tabela 2. O esforço percebido foi avaliado pela escala OMNI-RES na faixa de um pouco difícil a difícil (6-8). Os exercícios tiveram como

alvo os principais grupos musculares da parte superior (abdominais, peitorais, deltóides, tríceps, dorsais e bíceps) e inferior (glúteos, quadríceps e isquiotibiais) do corpo envolvidos na funcionalidade e mobilidade. Para isso, foram realizados os seguintes exercícios: supino, desenvolvimento, remada, agachamento, flexão de joelho e abdominal.

As escalas subjetivas de esforço foram utilizadas para controlar e monitorar a intensidade da sessão de exercício. A escala subjetiva de esforço OMNI-RES, que pontua níveis de 0 (extremamente fácil) a 10 (extremamente difícil), foi usada para monitorar o exercício de resistência, uma vez que representa zonas de intensidade que possuem relações com as alterações biomecânicas associadas à proximidade da falha da contração muscular, como tendência à isometria, alteração da cadência, alteração da técnica e tendência à apnéia (Pontifex et al., 2019; Robertson et al., 2003) (Figura 5).

Figura 5 - Escala Subjetiva de Esforço de OMNI-RES (OMNI – *Resistance Exercise Scale*)



Fonte: Adaptada de Robertson *et al.*, 2003.

Durante a intervenção em dupla tarefa (ER-DT), os participantes realizaram simultaneamente o exercício resistido e a tarefa cognitiva de Stroop. A tarefa *Stroop* foi administrada por meio de um projetor de slides, que apresentava uma sequência contínua de palavras correspondentes a nomes de cores, escritas em tintas de cores diferentes daquelas que representavam. Essa apresentação visual foi organizada de modo a exibir estímulos em condição incongruente, por exemplo, a palavra "ROSA" escrita na cor azul, exigindo que os participantes identificassem verbalmente a cor da tinta e não a palavra escrita.

A ordem dos slides foi estruturada de forma automática e contínua, mantendo o ritmo constante da tarefa ao longo de toda a execução do exercício resistido, garantindo

simultaneidade e sobreposição entre os estímulos físicos e cognitivos. Esse protocolo buscou simular uma situação de sobrecarga atencional, estimulando os participantes a manter o desempenho cognitivo sob demanda motora, conforme proposto por Aminirakan, Losekamm e Wollesen (2024) (Aminirakan; Losekamm; Wollesen, 2024).

O desempenho cognitivo foi avaliado por meio do teste *Flanker*, que mediu a capacidade de atenção e controle inibitório antes e após 15 minutos de cada sessão de intervenção. Em seguida, foram avaliados a glicemia, a pressão arterial (PA) e a frequência cardíaca (FC). A pressão arterial e a frequência cardíaca foram medidas utilizando um monitor digital e automático clinicamente validado, seguindo as recomendações adequadas. A intervenção e as avaliações foram concluídas em um tempo total de 1 hora e 30 minutos.

4.6 Análise dos dados

A análise estatística foi realizada no software Jamovi (versão 2.4.6). Inicialmente, utilizou-se estatística descritiva, com frequências absolutas e relativas para variáveis categóricas, e médias e desvios-padrão para variáveis contínuas. Para investigar os efeitos das intervenções sobre os desfechos glicêmicos e cognitivos, aplicou-se o Modelo Linear Misto, que permite modelar medidas repetidas e controlar a variabilidade intraindividual.

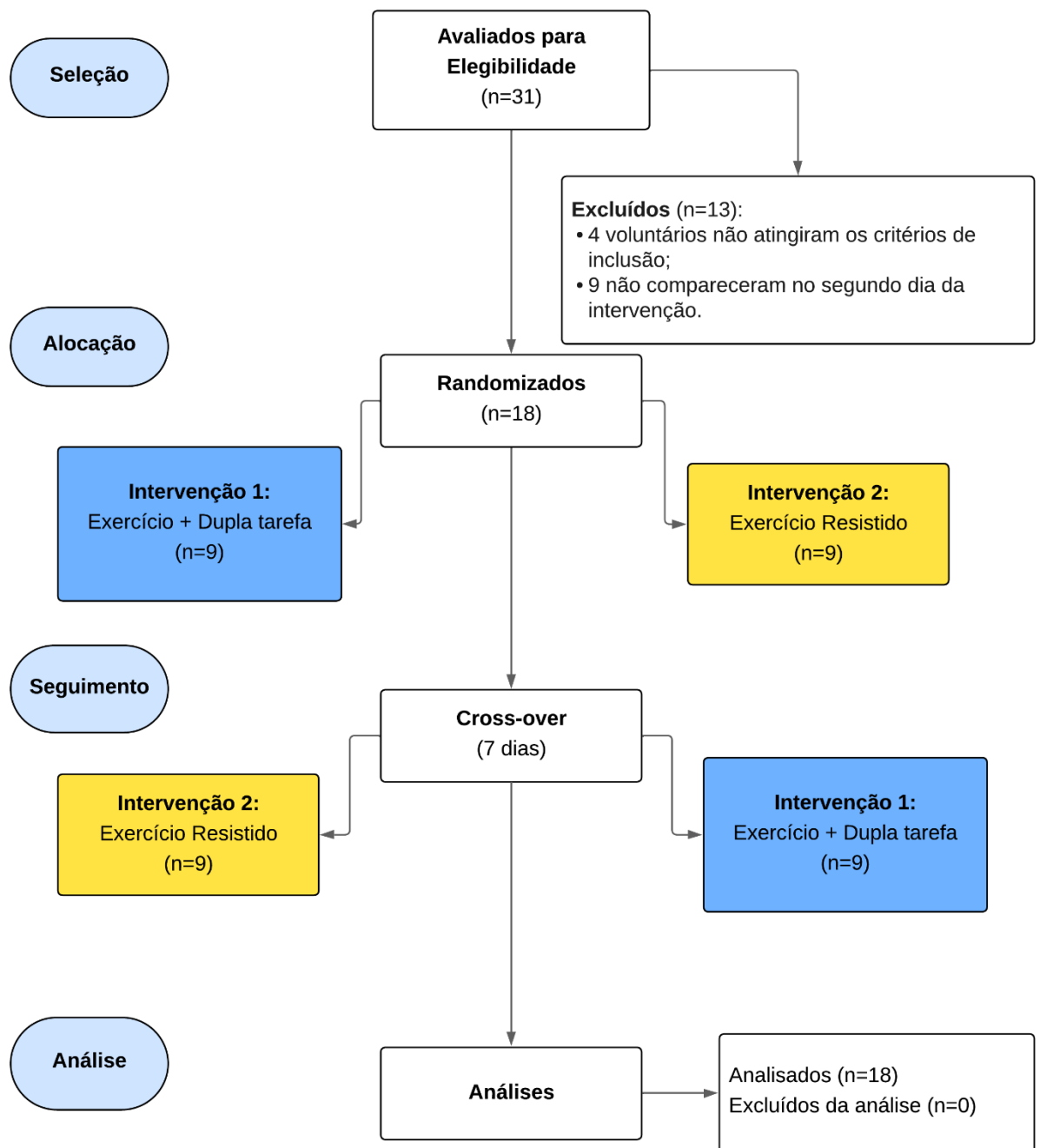
Os modelos consideraram como fatores fixos o tempo (pré e pós-intervenção), o tipo de intervenção (exercício resistido – ER, e exercício resistido em dupla tarefa – ER-DT) e a interação tempo $\times$ intervenção. Os participantes foram incluídos como efeito aleatório, e as covariáveis sexo e dia da intervenção foram inseridas como fatores de controle. A estrutura de covariância adotada foi não estruturada (unstructured), e os parâmetros foram estimados por Máxima Verossimilhança Restrita. O nível de significância estatística adotado foi de $p < 0,05$. Quando identificada significância nos efeitos principais, foram conduzidas análises post hoc baseadas em estimativas de médias marginais, com apresentação gráfica dos resultados por meio do software Jamovi. Os gráficos mostram a variação das variáveis de interesse entre os momentos de avaliação, com pontos representando as médias marginais estimadas e barras verticais indicando os intervalos de confiança de 95%, calculados pelo método bootstrap.

Foram calculados os tamanhos de efeito para os fatores fixos do modelo misto linear, utilizando o eta-quadrado parcial (η^2p), estimado com base nos valores de F e nos respectivos graus de liberdade. A interpretação da magnitude dos efeitos seguiu os critérios propostos por Lakens (2013) (Lakens, 2013), sendo considerados pequenos ($\eta^2p \approx 0,01$), moderados ($\approx 0,06$) e grandes ($\geq 0,14$).

5 RESULTADOS

Trinta e um (31) voluntários foram convidados a participar e realizaram a triagem para avaliação da adequação aos critérios de elegibilidade estabelecidos. Desses, quatro foram excluídos por não atenderem aos requisitos de inclusão e nove se ausentaram no segundo dia da intervenção. Dessa forma, a amostra final compreendeu 18 participantes (Figura 6).

Figura 6- Fluxograma dos participantes da pesquisa.



Fonte: Autoria Própria.

As análises foram realizadas com os dados de 18 indivíduos que finalizaram todas as avaliações ($67,7 \pm 5,99$ anos de idade; $11,6 \pm 4,17$ anos de escolaridade). O índice de massa corporal (IMC) médio foi de $28,0 (\pm 3,77)$ kg/m², indicando sobrepeso na média geral. Os participantes apresentaram, em média, $9 (\pm 7)$ anos de diagnóstico, $7,24 (\pm 1,04)\%$ de HbA1c e $155 (\pm 35,9)$ mg/dL de glicemia de jejum. A média de pontuação no Mini Exame do Estado Mental (MEEM) foi de $28,3 (\pm 1,14)$ pontos, sugerindo bom desempenho cognitivo. As características descritivas dos participantes estão dispostas na Tabela 3.

A maioria dos participantes eram do sexo feminino (83,3%). Quanto ao estado civil, os mais frequentes foram os casados (27,8%) e os divorciados (27,8%), seguidos dos solteiros (22,2%), participantes em união estável (16,7%) e viúvos (5,6%). No que diz respeito à etnia, predominou a autodeclaração como pardo (a) (83,3%), seguida por negro (a) (11,1%) e amarelo(a) (5,6%), sem registros de participantes brancos. Quanto ao número de comorbidades, 66,7% relataram apresentar três ou mais condições associadas. Além disso, 66,7% dos participantes referiram presença de hipertensão arterial sistêmica.

Este estudo adotou um delineamento cross-over, no qual os mesmos participantes realizaram, em momentos distintos e com período de 07 dias de *washout*, dois protocolos de intervenção: exercício resistido (ER) e exercício resistido em dupla tarefa (ER-DT). Esse desenho permitiu o controle da variabilidade interindividual, possibilitando a comparação direta dos efeitos de cada intervenção sobre os desfechos de glicemia capilar e do controle inibitório em condições congruentes e incongruentes. É importante destacar que, em todos os modelos analisados por meio de modelo linear misto, o sexo e o dia da intervenção foram incluídos como covariáveis, a fim de controlar possíveis efeitos de confusão. A seguir apresentamos as análises estatísticas.

Tabela 3 - Características Gerais da amostra.

Variáveis	Média ± Desvio Padrão (n=18)	IC 95%
Idade (anos)	67,7 ± 5,99	64-70
IMC (kg/m²)	28,0 ± 3,87	26-30
Escolaridade (anos)	11,6 ± 2,57	10-12
Tempo de DM (anos)	9,61 ± 7,20	06-13
Hb1Ac (%)	7,94 ± 0,97	07-08
Glicemia em jejum (mg/dL)	155 ± 35,90	137-173
MEEM (escore total)	28,3 ± 1,14	27-28
Sexo (%)		
Feminino	15 (83,33)	
Masculino	3 (16,67)	
Estado Civil (%)		
Casado (a)	5 (27,8)	
Solteiro (a)	4 (22,2)	
Divorciado (a)	5 (27,8)	
Viúvo (a)	3 (16,7)	
União Estável	1 (5,6)	
Etnia (%)		
Branco (a)	0 (0,0)	
Negro (a)	2 (11,1)	
Pardo (a)	15 (83,3)	
Amarelo (a)	1 (5,6)	
Número de Comorbidades (%)		
Nenhuma	0 (0,0)	
Uma	1 (5,6)	
Duas	5 (27,8)	
3 ou mais	12 (66,7)	
Presença de Hipertensão Arterial (%)		
Não	6 (33,3)	
Sim	12 (66,7)	

Nota: IMC: Índice de Massa Corporal; MEEM: MiniExame do Estado Mental; DM: Diabetes Mellitus; HbA1c: Hemoglobina glicada.

Fonte: Autoria própria.

5.1 Comportamento glicêmico

A análise dos dados revelou redução nos níveis de glicemia capilar após a realização de ambas as intervenções propostas. Os efeitos principais revelaram diferença estatisticamente significativa após as intervenções ($F_{(1,50)} = 19,922$, $p < 0,001$, $\eta^2 p = 0,285$), indicando redução significativa da glicemia ao longo do tempo, independentemente do tipo de intervenção ($F_{(1,50)}$

= 0,110, $p = 0,742$, $\eta^2p = 0,002$). Não foi identificada interação significativa entre o tipo de intervenção e o momento da avaliação ($F_{(1,50)} = 0,233$, $p = 0,631$, $\eta^2p = 0,005$) (Tabela 4). O tempo de diagnóstico do DM2 influenciou significativamente o modelo estatístico ($F_{(1,16)} = 4,837$, $p = 0,043$, $\eta^2p = 0,232$), porém a randomização não ($F_{(1,50)} = 1,755$, $p = 0,191$, $\eta^2p = 0,034$).

Tabela 4 - Análise do comportamento da glicemia capilar por intervenção e tempo.

Desfecho	Pré-intervenção		Pós-intervenção		Tempo $F_{(1,50)}$	Interv enção $F_{(1,50)}$	Interação Tempo × Intervenção $F_{(1,50)}$
	ER-DT	ER	ER-DT	ER			
	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)			
Glicemia Capilar (mg/dL)	201±84,6 (106-376)	204±95,2 (98-414)	156±68,1 (81-331)	165±85,7 (84-404)	19,922*** ($\eta^2p = 0,285$)	0,742 ($\eta^2p = 0,002$)	0,233 ($\eta^2p = 0,005$)

Legenda: Comparação dos níveis de glicemia capilar antes e após as intervenções.

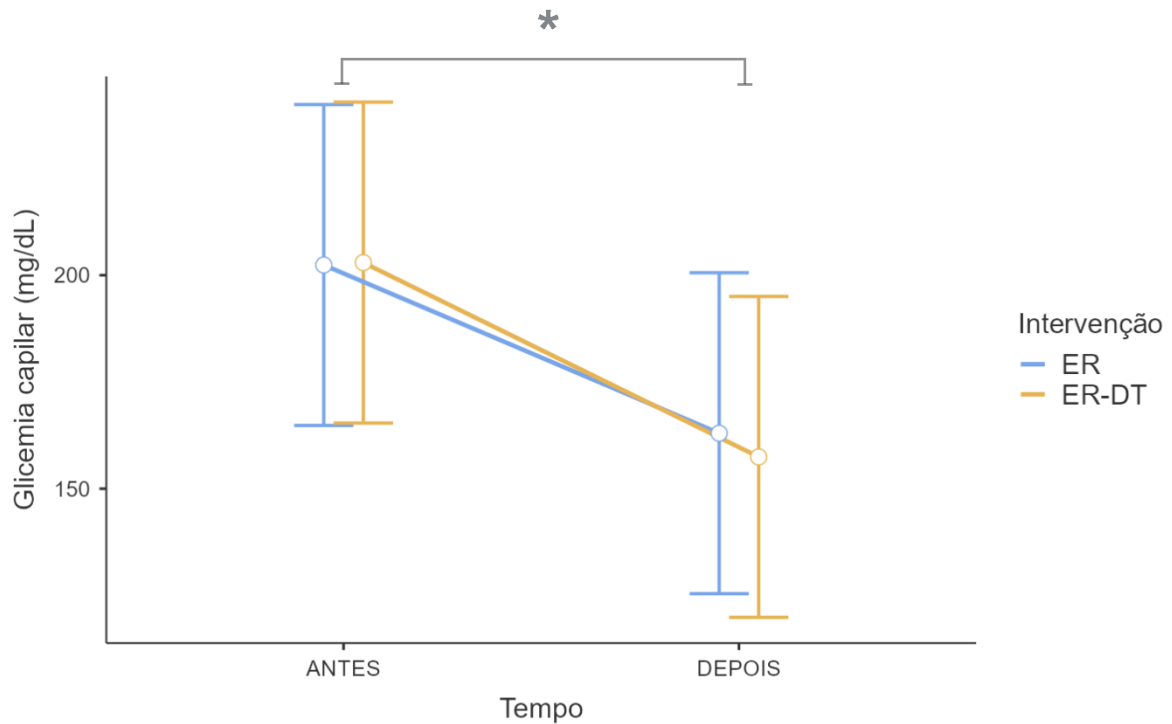
Os valores são expressos como médias marginais estimadas pelo modelo linear misto, acompanhadas dos respectivos valores mínimos e máximos. As análises inferenciais são apresentadas por meio dos valores da estatística F e seus graus de liberdade (df).

ER: Exercício resistido; ER-DT: Exercício resistido em dupla tarefa; F(df): estatística F com graus de liberdade; Interação: efeito da interação entre intervenção e tempo. *** $p < 0,001$.

Fonte: Autoria própria.

As análises *post hoc* identificaram diferença significativa entre os momentos antes e depois da intervenção ($p < 0,001$, $\eta^2p = 0,285$). Após a realização do exercício resistido, a média da glicemia capilar passou de 204 mg/dL ($\pm 95,2$) no momento pré-intervenção para 165 mg/dL ($\pm 85,7$) no momento pós-intervenção, com redução da glicemia de 19,3% (39,4 mg/dL, $p < 0,001$). Após a realização do exercício resistido em dupla tarefa (ER-DT), observou-se redução de 201 mg/dL ($\pm 84,6$) para 156 mg/dL ($\pm 68,1$), equivalente a 22,6% (45,5 mg/dL, $p = 0,002$). Não foram encontradas diferenças significativas entre as diferentes intervenções no momento pós-intervenção ($p = 0,286$), indicando que ambas as abordagens foram igualmente eficazes na diminuição da glicemia capilar imediata (Figura 7).

Figura 7 – Comparação da glicemia capilar entre exercício resistido associado a dupla tarefa e exercício resistido isolado.



Nota: mg/dL: miligramas por decilitro; ER: exercício resistido; ER-DT: exercício resistido em dupla tarefa. Os pontos centrais representam as médias marginais estimadas, enquanto as barras verticais indicam os intervalos de confiança de 95%, calculados por meio do método *bootstrap* em cada momento de avaliação (pré e pós-intervenção).

Fonte: Exportação do *software* estatístico Jamovi.

5.2 Desempenho cognitivo

5.2.1 Tempo de Resposta em Condição Incongruente

A análise principal indicou efeito significativo do tempo ($F_{(1,47)} = 4,468$; $p = 0,040$, $\eta^2_p = 0,087$), indicando melhora no tempo de resposta independentemente da intervenção. Não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos de intervenção ($F_{(1,47)} = 0,667$; $p = 0,418$; $\eta^2_p = 0,014$) ou interação significativa ($F_{(1,47)} = 1,389$; $p = 0,245$; $\eta^2_p = 0,029$) (Tabela 5). Entre as covariáveis do modelo, o sexo biológico não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F_{(1,15)} = 2,814$; $p = 0,114$), enquanto a variável dia da intervenção exerceu efeito significativo sobre os tempos de resposta ($F_{(1,47)} = 12,500$; $p < 0,001$), sugerindo influência da ordem ou do momento da realização do teste sobre o desempenho cognitivo.

As comparações *post hoc* indicaram melhora significativa no tempo de resposta em condição incongruente após ambas as intervenções. Após a intervenção por ER, a média do

Tempo de Resposta Incongruente reduziu 4%, passando de 591,8 ms ($\pm 48,7$ ms) para 567,9 ms ($\pm 44,5$), enquanto após a condição ER-DT, a redução foi de 2,1%, passando de 570,6 ms ($\pm 57,1$ ms) para 558,7 ms ($\pm 56,5$ ms).

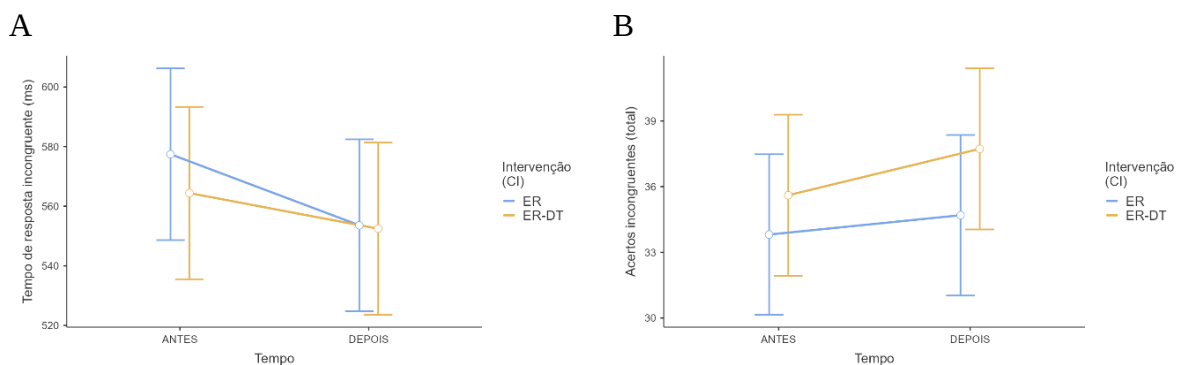
5.2.2 Número de Acertos em Condição

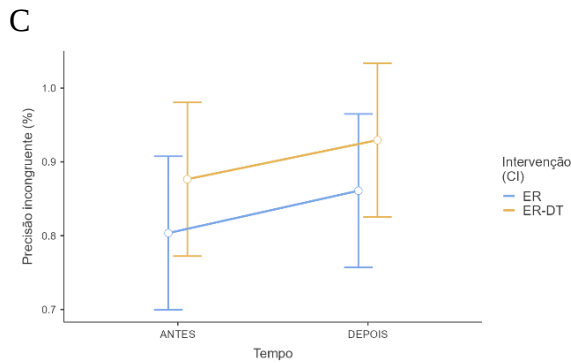
A análise principal indicou ausência de efeito significativo do tempo ($F_{(1,47)} = 1,420$; $p = 0,239$; $\eta^2_p = 0,029$), da intervenção ($F_{(1,47)} = 2,490$; $p = 0,121$; $\eta^2_p = 0,050$) e da interação entre ambos ($F_{(1,47)} = 0,585$; $p = 0,448$; $\eta^2_p = 0,012$) sobre o número total de acertos na condição incongruente (Tabela 5). Entre as covariáveis incluídas no modelo, o sexo biológico não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F_{(1,15)} = 1,404$; $p = 0,255$), assim como a variável dia da intervenção ($F_{(1,47)} = 0,449$; $p = 0,506$), indicando que essas variáveis não influenciaram o número de respostas corretas obtidas na tarefa.

5.2.3 Precisão em Condição

A análise principal não indicou efeito significativo do tempo ($F_{(1,47)} = 2,161$; $p = 0,148$, $\eta^2_p = 0,044$), assim como não foram observadas diferenças significativas entre os protocolos de intervenção ($F_{(1,47)} = 3,353$; $p = 0,073$; $\eta^2_p = 0,067$) ou interação significativa entre intervenção e tempo ($F_{(1,47)} = 0,023$; $p = 0,880$; $\eta^2_p = 0,0005$). Entre as covariáveis do modelo, o sexo biológico não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F_{(1,15)} = 0,332$; $p = 0,573$; $\eta^2_p = 0,022$), e a variável dia da intervenção também não exerceu efeito significativo sobre a precisão cognitiva ($F_{(1,47)} = 1,760$; $p = 0,191$; $\eta^2_p = 0,036$) (Figura 8).

Figura 8 - Pontuação nos testes cognitivos na condição incongruente antes e após cada intervenção.





Nota: (A) Tempo de resposta em condição incongruente; (B) Número de acertos em condição incongruente; (C) Precisão em condição incongruente.

Intervenções: ER = exercício resistido; ER-DT = exercício resistido com dupla tarefa.

Os pontos representam as médias marginais estimadas, e as barras verticais correspondem aos intervalos de confiança de 95%, calculados por meio de distribuição *bootstrap* para cada momento de avaliação (pré e pós-intervenção).

Fonte: Exportação do *software* estatístico Jamovi.

Tabela 5 - Análise Dos Desfechos Incongruentes.

Desfecho	Pré-intervenção		Pós-intervenção		Tempo $F_{(1,47)}$	Interv enção $F_{(1,47)}$	Interação Tempo × Interven ção $F_{(1,47)}$
	ER-DT	ER	ER-DT	ER			
	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)			
Tempo de Resposta (ms)	570,6±57,1 (464-692)	591,8±48,7 (524-700)	558,7±56,4 (439-633)	567,9±44,4 (491-650)	4,468* ($\eta^2p = 0,087$)	0,667 ($\eta^2p = 0,014$)	1,389 ($\eta^2p = 0,029$)
Acertos (n)	35,0±6 (18-40)	33,0±9,3 (8-40)	37,1±2,4 (31-40)	33,9±7 (16-41)	1,420 ($\eta^2p = 0,029$)	2,490 ($\eta^2p = 0,050$)	0,585 ($\eta^2p = 0,012$)
Precisão (%)	87,2±15,3 (42,5-100)	78,5±25,4 (17,5-100)	92,5±6,3 (77,5-100)	84,3±17,3 (40-100)	2,161 ($\eta^2p = 0,044$)	3,353 ($\eta^2p = 0,067$)	0,023 ($\eta^2p = 0,0005$)

Legenda: Comparação dos desfechos cognitivos em condição incongruente antes e após as intervenções. Os valores estão expressos como médias marginais estimadas pelo modelo linear misto, acompanhadas dos respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%) ou desvios-padrão (DP), conforme aplicável.

As análises inferenciais são apresentadas por meio dos valores da estatística F e seus graus de liberdade (df), seguidos dos tamanhos de efeito (η^2 parcial).

ER: exercício resistido; ER-DT: exercício resistido em dupla tarefa; F(df): estatística F com graus de liberdade; Interação: efeito da interação entre intervenção e tempo. * $p < 0,05$.

Fonte: Autoria própria.

5.2.4 Tempo de Resposta em Estímulos

A análise principal não revelou efeitos estatisticamente significativos para o tempo ($F_{(1,47)} = 1,443$; $p = 0,236$; $\eta^2_p = 0,030$), intervenção ($F_{(1,47)} = 0,946$; $p = 0,336$; $\eta^2_p = 0,020$) ou para a interação intervenção $\times$ tempo ($F_{(1,47)} = 0,108$; $p = 0,744$; $\eta^2_p = 0,002$), indicando ausência de efeitos relevantes das intervenções sobre os tempos de resposta médios na condição congruente.

Entre as covariáveis do modelo, o sexo biológico não apresentou efeito estatisticamente significativo ($F_{(1,15)} = 0,317$; $p = 0,582$), enquanto a variável dia da intervenção exerceu efeito significativo ($F_{(1,47)} = 12,228$; $p = 0,001$; $\eta^2_p = 0,206$), sugerindo influência da ordem ou do momento da realização do teste sobre o desempenho cognitivo nessa condição. Na condição ER, o tempo médio de resposta congruente passou de 538 ms para 533 ms, enquanto após a realização do ER-DT a redução foi de 532 ms para 523 ms.

5.2.5 Número de Acertos em Estímulos

A análise principal indicou efeito significativo do tempo ($F_{(1,47)} = 4,082$; $p = 0,049$, $\eta^2_p = 0,080$), evidenciando aumento na precisão em estímulos congruentes após as intervenções. Não foram encontradas diferenças significativas entre os protocolos de intervenção ($F_{(1,47)} = 0,255$; $p = 0,616$; $\eta^2_p = 0,005$), nem interação significativa entre tempo e intervenção ($F_{(1,47)} = 0,897$; $p = 0,348$; $\eta^2_p = 0,019$) (Tabela 4). Entre as covariáveis do modelo, o sexo biológico não apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a precisão ($F_{(1,15)} = 1,808$; $p = 0,199$), enquanto o dia de aplicação da intervenção demonstrou efeito significativo ($F_{(1,47)} = 17,529$; $p < 0,001$), indicando possível influência do momento da coleta sobre o desempenho dos participantes.

As comparações *post hoc* não revelaram diferenças estatisticamente significativas na variável número de acertos em estímulos congruentes. Após o ER-DT, a média de acertos congruentes aumentou de 36,6 ($\pm 3,2$) para 38,5 ($\pm 3,0$), correspondendo a um incremento de aproximadamente 5,2% (diferença = $-1,895$; SE = 1,097; $p = 0,091$). Já após ER, os acertos passaram de 37,7 ($\pm 2,8$) para 38,0 ($\pm 2,6$), um aumento de cerca de 0,8%, com diferença não significativa entre os momentos (diferença = $-0,292$; SE = 0,918; $p = 0,754$).

5.2.6 Precisão em Estímulos

A análise principal não indicou efeito significativo do tempo ($F_{(1,47)} = 2,574$; $p = 0,115$), da intervenção ($F_{(1,47)} = 3,373$; $p = 0,072$) ou da interação entre tempo e intervenção

($F_{(1,47)} = 0,123$; $p = 0,728$, $\eta^2_p = 0,067$). Entre as covariáveis incluídas no modelo, o sexo biológico não exerceu efeito estatisticamente significativo sobre a precisão ($F_{(1,15)} = 0,773$; $p = 0,393$), enquanto a variável dia da intervenção apresentou efeito significativo ($F_{(1,47)} = 12,378$; $p = 0,001$), indicando influência da ordem ou do momento de aplicação do teste sobre o desempenho dos participantes.

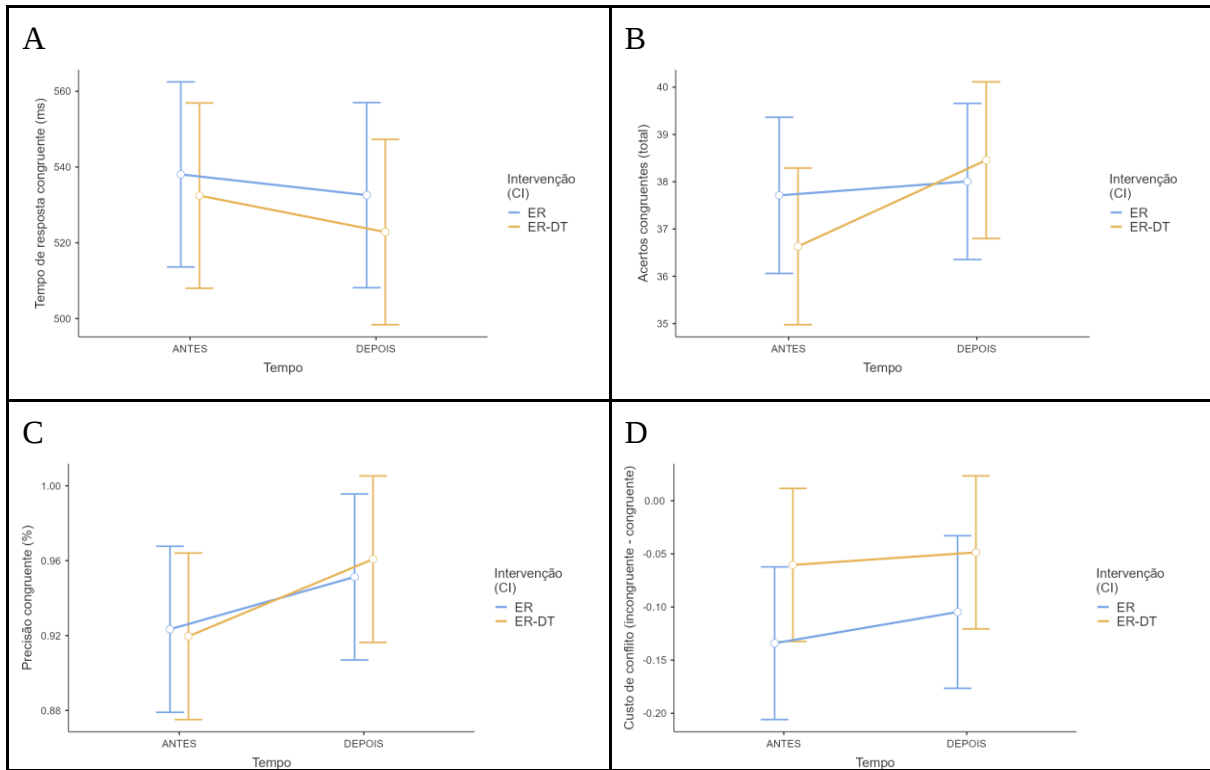
Apesar de não encontrarmos diferenças significativas na análise dos efeitos principais, registra-se que na condição ER, a média de precisão passou de 94,3% para 97,1%, correspondendo a um aumento de aproximadamente 2,8 pontos percentuais. Já após a realização do ER-DT, a precisão aumentou de 93,7% para 97,8%, representando um ganho de cerca de 4,1 pontos percentuais.

5.2.7 Custo de conflito

A análise principal indicou efeito significativo da intervenção sobre o custo de conflito ($F_{(1,47)} = 7,117$; $p = 0,010$; $\eta^2_p = 0,131$), com menor custo observado após a intervenção com ER-DT. Após a realização da intervenção com ER-DT os participantes apresentaram menor custo de conflito médio ($-0,055 \pm 0,014$), em comparação à intervenção com ER ($-0,119 \pm 0,015$). A diferença média entre as intervenções foi de 0,064 ($SE = 0,024$), com intervalo de confiança de 95% entre 0,016 e 0,0112, indicando menor interferência cognitiva após a condição com dupla tarefa.

Não foram observados efeitos significativos para o tempo ($F_{(1,47)} = 0,257$; $p = 0,615$; $\eta^2_p = 0,005$) nem para a interação entre intervenção e tempo ($F_{(1,47)} = 0,145$; $p = 0,705$; $\eta^2_p = 0,003$). Entre as covariáveis, sexo ($F_{(1,15)} = 0,006$; $p = 0,941$) e o dia da avaliação ($F_{(1,47)} = 0,931$; $p = 0,339$) também não apresentaram significância estatística.

Figura 9 - Testes cognitivos na condição congruente antes e após cada intervenção.



Nota: Gráficos de médias marginais estimadas para os desfechos cognitivos em condição incongruente, conforme a intervenção realizada.

(A) Tempo de resposta (ms); (B) Número de acertos; (C) Precisão (%); (D) Custo de conflito (diferença entre precisão incongruente e congruente).

ER: exercício resistido; ER-DT: exercício resistido em dupla tarefa. Os pontos representam as médias marginais e as barras verticais correspondem aos intervalos de confiança de 95% (IC95%) obtidos por meio de reamostragem *bootstrap*.

Fonte: Exportação do *software* estatístico Jamovi.

Tabela 6 - Análise Dos Desfechos Congruentes.

Desfechos	Pré-intervenção		Pós-intervenção		Tempo F _(1,47)	Innter venção F _(1,47)	Interação Tempo × Intervenñã o F _(1,47)
	ER-DT	ER	ER-DT	ER			
	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)	Média ± DP (Mín-Max)			
Tempo de Resposta (ms)	531,3±44,8 (457-630)	544,1±35,7 (495-625)	521,7±48,6 (428-605)	539,5±42,7 (483-630)	1,443 ($\eta^2p = 0,030$)	0,946 ($\eta^2p = 0,020$)	0,108 ($\eta^2p = 0,002$)
Acertos (n)	37,2±4,1 (24-40)	37,7±2,5 (32-41)	39,1±1,5 (36-42)	38,1±2,9 (28-40)	4,082* ($\eta^2p = 0,080$)	0,255 ($\eta^2p = 0,005$)	0,897 ($\eta^2p = 0,019$)
Precisão (%)	93±10,2 (60-100)	92,2±10,2 (60-100)	97,2±3,6 (90-100)	95±7,5 (70-100)	2,574 ($\eta^2p = 0,052$)	3,373 ($\eta^2p = 0,067$)	0,123 ($\eta^2p = 0,003$)
Custo de Conflito	-0,058±0,117 (-0,400- 0,100)	-0,136±0,182 (-0,625- 0,025)	- 0,047± 0,05 (-0,150- 0,250)	- 0,107± 0,182 (-0,500- 0,100)	0,257 ($\eta^2p = 0,005$)	7,117** ($\eta^2p = 0,131$)	0,145 ($\eta^2p = 0,003$)

Legenda: Comparação dos desfechos cognitivos em condição congruente antes e após as intervenções.

Os valores estão expressos como médias marginais estimadas pelo modelo linear misto, acompanhadas dos respectivos intervalos de confiança de 95% (IC95%).

As análises inferenciais são apresentadas por meio dos valores da estatística F e seus graus de liberdade (df), seguidos dos tamanhos de efeito (η^2 parcial).

ER: exercício resistido; ER-DT: exercício resistido em dupla tarefa; F(df): estatística F com graus de liberdade;

Interação: efeito da interação entre intervenção e tempo. * $p < 0,05$. ** $p < 0,01$.

Fonte: Autoria própria.

6 DISCUSSÃO

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos agudos do exercício resistido (ER) e do exercício resistido em dupla tarefa (ER-DT) sobre o desempenho cognitivo, especialmente controle inibitório, e a glicemia capilar em pessoas idosas com Diabetes *Mellitus* Tipo 2 (DM2), por meio de um delineamento cruzado (*cross-over*). Os resultados indicaram redução significativa nos níveis de glicemia capilar após ambas as intervenções, sem diferenças estatísticas entre os protocolos, o que sugere um efeito agudo do exercício físico na modulação da glicemia, independentemente da presença de estímulos cognitivos simultâneos.

Em relação ao desempenho cognitivo, foi observada melhora significativa no tempo de resposta à condição incongruente do Teste de *Flanker*, ao longo do tempo, independentemente da intervenção aplicada. No entanto, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas nos escores de precisão ou no número de acertos nas condições congruentes e incongruentes. O custo de conflito apresentou diferença significativa entre os protocolos de intervenção, com menor valor observado após a intervenção ER-DT.

Embora os dados descritivos e os tamanhos de efeito apontem para possíveis vantagens associadas à intervenção com dupla tarefa, especialmente em relação à consistência dos escores de precisão e ao custo de conflito, tais tendências não foram sustentadas por efeitos estatísticos robustos. Assim, os achados não permitem afirmar diferenças entre os protocolos quanto à eficácia cognitiva, mas contribuem para a compreensão inicial dos possíveis efeitos agudos de diferentes formas de exercício sobre o desempenho inibitório em pessoas idosas com DM2.

Por outro lado, Wang, Tang e Zhao (2023) convidaram 30 indivíduos hospitalizados (idade média de 65 anos) com DM2 a um protocolo transversal intrasujeito composto por uma sessão de exercício aeróbico, ER e exercício multimodal. A sessão de ER foi composta por 4 exercícios de corpo inteiro, com intensidade moderada de 60-70% de 1RM para 3 séries de 8-12 repetições por exercício. Comparado à linha de base, o ER promoveu melhora na precisão das tarefas congruentes e incongruentes no teste de *Stroop*, bem como redução significativa no tempo de reação de ambas as tarefas. Além disso, ao comparar as intervenções, o Exercício Resistido gerou respostas superiores ao exercício aeróbico nas tarefas citadas, mas não quando comparado ao exercício multimodal para precisão de tarefas incongruentes (Wang; Tang; Zhao, 2023).

Resultados semelhantes foram observados no ensaio randomizado e controlado de Chou e colaboradores (2021). Os pesquisadores sortearam 70 adultos de meia-idade (idade média de 46 anos) para uma condição de repouso e leitura ou a um protocolo de exercício resistido. O

grupo de Exercício Resistido realizou uma sessão composta por 2 séries de 10RM para 7 exercícios de corpo inteiro, com 60 segundos de intervalo entre as séries. Foi observado que o grupo que participou do protocolo de Exercício Resistido teve desempenho superior comparado ao grupo controle no tempo de reação, medido pelo teste de *Stroop* imediatamente após o exercício, e os efeitos foram sustentados após 40 minutos do encerramento da sessão (Chou et al., 2021).

Entretanto, a revisão sistemática de Huang *et al.* (2022) revelou que ainda há inconsistências na literatura no que diz respeito aos efeitos agudos de Exercício Resistido no controle inibitório de indivíduos saudáveis na faixa etária de 20-68 anos de idade. No levantamento, os autores incluíram 19 estudos na análise de dados e realizaram uma estratificação de acordo com a intensidade do exercício (leve, moderado e vigoroso). Foi relatado que 66,67%, 77,78% e 54,54% dos desfechos demonstraram efeitos positivos no controle inibitório após uma única sessão de exercício resistido leve, moderado e vigoroso, respectivamente (Huang et al., 2022). Os demais resultados demonstraram um efeito nulo. Além disso, nenhum estudo observou algum efeito negativo do exercício resistido em qualquer nível de intensidade nessas variáveis.

Esses achados indicam que, em relação aos desfechos positivos e à intensidade do Exercício Resistido, parece haver uma relação com o modelo de U invertido, onde os melhores resultados concentram-se em atividades de intensidade moderada. Ao que parece, o nível de intensidade do exercício é um fator potencial para o desempenho cognitivo (Huang et al., 2022) e tem associação com as repercussões fisiológicas geradas durante a atividade. Um mecanismo amplamente citado na literatura é a regulação endócrina positiva, com o aumento na expressão de catecolaminas, como a norepinefrina, epinefrina e dopamina, que tem relação com o nível de excitação e aumento da frequência cardíaca do indivíduo (Pontifex et al., 2019).

Em intensidades moderadas, parece ocorrer um nível de excitação ótimo para o melhoramento das funções executivas (Byun et al., 2014; Chang et al., 2011; Huang et al., 2022). Além disso, o Exercício Resistido parece provocar um aumento na velocidade do influxo sanguíneo e oxigenação cerebral, além de gerar um aumento da ativação nervosa no córtex pré-frontal, o que pode gerar uma base neurofisiológica para melhora aguda no controle inibitório de pessoas com DM2 (Wang; Tang; Zhao, 2023).

Embora os mecanismos neurofisiológicos supracitados possam explicar em partes os efeitos positivos do Exercício Resistido no controle inibitório, estes mecanismos permanecem pouco compreendidos. Vale destacar a importância de investigações com foco na compreensão com a perspectiva de rede. Por exemplo, investigações neurocognitivas demonstraram que o

exercício aeróbico agudo modula a Conectividade Funcional em Estado de Repouso em redes corticais associadas à cognição, como Rede de Afeto e Recompensa, Rede de Modo Padrão, Rede de Atenção Dorsal e Rede Hipocampo-Cortical. Ao que parece, este efeito é moderado pela intensidade do exercício (Weng et al., 2017).

Outro ponto importante nesta análise é que, naturalmente o Exercício Resistido tem uma demanda elevada de controle inibitório durante a execução dos exercícios. Por exemplo, ao realizar o exercício de flexão de cotovelo com halteres, durante a fase excêntrica o indivíduo instintivamente tem uma tendência a estender abruptamente o cotovelo, por ação da gravidade e pelo peso levantado, porém, este instinto deve ser suprimido devido as demandas motoras da tarefa, como o controle da velocidade do movimento e realização de isometrias (quando solicitado) (Wang; Tang; Zhao, 2023).

Ao adicionar a tarefa cognitiva de *Stroop*, em nosso modelo de Exercício Resistido associado a Dupla Tarefa, as demandas de controle inibitório aumentariam consideravelmente, o que poderia implicar positivamente no desempenho cognitivo observado nas avaliações pós-intervenções, como demonstrados em estudos com modelo de exercícios aeróbicos (Mendes et al., 2019). A investigação dos efeitos combinados de estímulos físicos e cognitivos em um único protocolo ainda é incipiente nesta população. Portanto, são necessários estudos adicionais com delineamentos longitudinais para elucidar os mecanismos e a magnitude dos efeitos do exercício resistido em dupla tarefa sobre as funções executivas de pessoas idosas com DM2.

A relação entre exercício e controle da glicemia é especialmente importante para pessoas idosas com diabetes. Uma única sessão de exercício físico pode provocar mudanças fisiológicas temporárias, alterando biomarcadores metabólicos. Durante a atividade física, a demanda por glicose pelo músculo esquelético aumenta, e essa elevação, combinada com a redução dos níveis de glicose no sangue após o exercício, ressalta a necessidade de estudos contínuos sobre programas de atividade física. Esse fenômeno geralmente traz benefícios para esses pacientes, e, na ausência de interferência farmacológica, a diminuição simultânea dos níveis de insulina ajuda a evitar o risco de hipoglicemia (Bacchi et al., 2012; Hicks et al., 2021).

Uma revisão realizada por Asano (2014) investigou os efeitos agudos do exercício sobre marcadores metabólicos e inicialmente, quando a glicose é consumida mais rapidamente pelos músculos em atividade, ocorre uma queda nos seus níveis. Para evitar uma queda excessiva da glicemia, o corpo ativa mecanismos compensatórios regulados pelo glucagon, epinefrina e norepinefrina. Posteriormente, com a ajuda do hormônio do crescimento e do glucagon, há um aumento na produção e liberação de glicose pelo fígado na corrente sanguínea, restabelecendo assim a regulação da glicemia (Asano, 2014).

Na meta-análise realizada por Munan *et al.* (2020), os autores enfatizaram a importância do exercício físico tanto em sessões agudas quanto crônicas. Os principais achados incluíram a melhoria do perfil glicêmico ao longo de 24 horas, a redução do tempo em hiperglicemia e a diminuição da variabilidade glicêmica (Munan et al., 2020). Nesse contexto, um estudo randomizado cruzado conduzido por Holzer *et al.* (2021) demonstrou que sessões agudas de exercício resistido, com ou sem eletroestimulação muscular de corpo inteiro, além de exercícios aeróbicos, foram eficazes na redução da glicose pós-prandial em pacientes com DM2 (Holzer et al., 2021).

Foi demonstrado que o exercício resistido de intensidade moderada, realizado de maneira aguda e por um curto período, é uma modalidade de exercício eficaz e segura para o controle glicêmico de pessoas idosas com DM2. Assim, com contribuições positivas na redução dos níveis de glicose no sangue, minimização das flutuações glicêmicas e menor risco de hipoglicemia, com melhora do tempo dos idosos com DM2 dentro da faixa-alvo de glicose (Zhao et al., 2022a). Esses resultados corroboram nosso estudo, indicando que o exercício resistido pode ser um aliado importante no manejo da glicemia.

7 CONCLUSÃO

Este estudo analisou os efeitos agudos do exercício resistido (ER) e do exercício resistido em dupla tarefa (ER-DT) sobre o desempenho cognitivo e a glicemia capilar de pessoas idosas com diabetes mellitus tipo 2 (DM2), por meio de um delineamento experimental cruzado (*cross-over*). Os resultados indicaram que uma única sessão de ambas as intervenções, realizadas em intensidade moderada, foi suficiente para promover reduções estatisticamente significativas nos níveis de glicemia capilar. Em relação ao desempenho cognitivo, observou-se melhora significativa no tempo de reação em condição incongruente, independentemente do tipo de intervenção. Além disso, o custo de conflito também apresentou efeito principal da intervenção, com menores escores observados na condição com ER-DT. No entanto, não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas nos escores de precisão ou no número de acertos nas demais condições.

Entretanto, os resultados devem ser interpretados com cautela, considerando as limitações do presente estudo. O modelo não contou com um grupo controle isento de intervenção, o que limita a inferência causal. Adicionalmente, variáveis fisiológicas relevantes — como frequência cardíaca durante o exercício e aptidão cardiorrespiratória — não foram monitoradas, embora reconhecidamente associadas ao desempenho cognitivo. Também não houve controle alimentar prévio, o que pode ter influenciado os níveis glicêmicos registrados. Além disso, o número pequeno de participantes do sexo masculino (3 voluntários) impede a generalização dos achados para ambos os sexos.

Em síntese, os achados sugerem que tanto o exercício resistido isolado quanto o realizado em dupla tarefa são estratégias viáveis para a promoção de efeitos agudos positivos sobre a glicemia capilar em pessoas idosas com DM2. Quanto aos desfechos cognitivos, os resultados não indicaram efeitos negativos ou positivos estatisticamente confirmados atribuíveis aos protocolos testados. Futuras pesquisas devem incluir grupos controles, avaliações da aptidão cardiorrespiratória, monitoramento de variáveis fisiológicas e controle nutricional, a fim de ampliar a compreensão sobre os mecanismos envolvidos e a magnitude dos efeitos observados.

REFERÊNCIAS

- ABRAHIN, Odilon *et al.* Single- and multiple-set resistance training improves skeletal and respiratory muscle strength in elderly women. **Clinical Interventions in Aging**, v. 9, p. 1775–1782, 2014.
- ALI, N. *et al.* The Effects of Dual-Task Training on Cognitive and Physical Functions in Older Adults with Cognitive Impairment; A Systematic Review and Meta-Analysis. **The Journal of Prevention of Alzheimer’s Disease**, v. 9, n. 2, p. 359–370, 2022.
- AMERICAN DIABETES ASSOCIATION. 2. Classification and Diagnosis of Diabetes: *Standards of Medical Care in Diabetes—2019*. **Diabetes Care**, v. 42, n. Supplement_1, p. S13–S28, 1 jan. 2019.
- AMINIRAKAN, Deniz; LOSEKAMM, Björn; WOLLESEN, Bettina. Effects of combined cognitive and resistance training on physical and cognitive performance and psychosocial well-being of older adults ≥ 65 : study protocol for a randomised controlled trial. **BMJ open**, v. 14, n. 4, p. e082192, 19 abr. 2024.
- ASANO, Ricardo Yukio. Acute effects of physical exercise in type 2 diabetes: A review. **World Journal of Diabetes**, v. 5, n. 5, p. 659, 2014.
- BACCHI, Elisabetta *et al.* Differences in the Acute Effects of Aerobic and Resistance Exercise in Subjects with Type 2 Diabetes: Results from the RAED2 Randomized Trial. **PLoS ONE**, v. 7, n. 12, p. e49937, 5 dez. 2012.
- BARROSO, Weimar Kunz Sebba *et al.* Diretrizes Brasileiras de Hipertensão Arterial – 2020. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v. 116, n. 3, p. 516–658, 3 mar. 2021.
- BASSO, Julia C.; SUZUKI, Wendy A. The Effects of Acute Exercise on Mood, Cognition, Neurophysiology, and Neurochemical Pathways: A Review. **Brain Plasticity**, v. 2, n. 2, p. 127–152, 28 mar. 2017.
- BEISSNER, Florian *et al.* The autonomic brain: an activation likelihood estimation meta-analysis for central processing of autonomic function. **The Journal of Neuroscience: The Official Journal of the Society for Neuroscience**, v. 33, n. 25, p. 10503–10511, 19 jun. 2013.
- BERTOLUCCI, P. H. *et al.* [The Mini-Mental State Examination in a general population: impact of educational status]. **Arquivos De Neuro-Psiquiatria**, v. 52, n. 1, p. 1–7, mar. 1994.
- BYUN, Kyeongho *et al.* Positive effect of acute mild exercise on executive function via arousal-related prefrontal activations: an fNIRS study. **NeuroImage**, v. 98, p. 336–345, set. 2014.
- CASSILHAS, Ricardo C. *et al.* The Impact of Resistance Exercise on the Cognitive Function of the Elderly. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1401–1407, ago. 2007.
- CASTRO, Diego M. *et al.* The economic cost of Alzheimer’s disease: Family or public health burden? **Dementia & Neuropsychologia**, v. 4, n. 4, p. 262–267, 2010.

CHANG, Yu-Kai *et al.* Dose-response effect of acute resistance exercise on Tower of London in middle-aged adults. **Journal of Sport & Exercise Psychology**, v. 33, n. 6, p. 866–883, dez. 2011.

CHANG, Yu-Kai; HSIEH, Shih-Chun; CHANG, Jui-Hsiang. Effects of acute aerobic exercise on cognitive performance: A meta-analysis. **Psychological Bulletin**, v. 138, n. 4, p. 658–683, 2012.

CHANG, Yu-Kai; LIU, Shi-Heng; HSIEH, Shih-Lin. Acute resistance exercise improves Stroop performance in older adults. **Journal of Sport and Health Science**, 2023.

CHEN, Feng-Tzu *et al.* Effects of Exercise Training Interventions on Executive Function in Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 50, n. 8, p. 1451–1467, ago. 2020.

CHOLERTON, Brenna *et al.* Type 2 Diabetes, Cognition, and Dementia in Older Adults: Toward a Precision Health Approach. **Diabetes Spectrum: A Publication of the American Diabetes Association**, v. 29, n. 4, p. 210–219, nov. 2016.

CHOU, Chien-Chih *et al.* Sustained Effects of Acute Resistance Exercise on Executive Function in Healthy Middle-Aged Adults. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 15, p. 684848, 2021.

CICCOLO, Joseph T.; NOSRAT, Sanaz. RESISTANCE TRAINING AND CHRONIC DISEASE: A Summary of the Current Evidence. **ACSM'S Health & Fitness Journal**, v. 20, n. 5, p. 44–49, set. 2016.

CORDEIRO, Felipe Barradas *et al.* Inhibitory control mediates the association between body mass index and math performance in children: A cross-sectional study. **PloS One**, v. 19, n. 4, p. e0296635, 2024.

CORDES, Thomas *et al.* A multicomponent exercise intervention to improve physical functioning, cognition and psychosocial well-being in elderly nursing home residents: a study protocol of a randomized controlled trial in the PROCARE (prevention and occupational health in long-term care) project. **BMC geriatrics**, v. 19, n. 1, p. 369, 23 dez. 2019.

DA SILVA, Daniel José Fontel *et al.* Pilates and Cognitive Stimulation in Dual Task an Intervention Protocol to Improve Functional Abilities and Minimize the Rate of Age-Related Cognitive Decline in Postmenopausal Women. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 20, p. 13333, 16 out. 2022.

DAMANIK, Johanda; YUNIR, Em. Type 2 Diabetes Mellitus and Cognitive Impairment. **Acta Medica Indonesiana**, v. 53, n. 2, p. 213–220, abr. 2021.

DE FREITAS, Tatiana Beline *et al.* The effects of dual task gait and balance training in Parkinson's disease: a systematic review. **Physiotherapy Theory and Practice**, v. 36, n. 10, p. 1088–1096, out. 2020.

DE LEMOS, Edite Teixeira *et al.* Regular physical exercise as a strategy to improve antioxidant and anti-inflammatory status: benefits in type 2 diabetes mellitus. **Oxidative Medicine and Cellular Longevity**, v. 2012, p. 741545, 2012.

DIAMOND, Adele. Executive functions. **Annual Review of Psychology**, v. 64, p. 135–168, 2013.

DONOHUE, Rachael T.; BENTON, David. Declining Blood Glucose Levels after a Cognitively Demanding Task Predict Subsequent Memory. **Nutritional Neuroscience**, v. 2, n. 6, p. 413–424, jan. 1999.

DUNSKY, Ayelet *et al.* The effects of a resistance vs. an aerobic single session on attention and executive functioning in adults. **PloS One**, v. 12, n. 4, p. e0176092, 2017.

DWAN, Kerry *et al.* CONSORT 2010 statement: extension to randomised crossover trials. **BMJ (Clinical research ed.)**, v. 366, p. l4378, 31 jul. 2019.

ERICKSON, Kirk I. *et al.* Training-induced functional activation changes in dual-task processing: an fMRI study. **Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)**, v. 17, n. 1, p. 192–204, jan. 2007.

ERICKSON, Kirk I. *et al.* Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 108, n. 7, p. 3017–3022, 15 fev. 2011.

FENG, Mingxing *et al.* The efficacy of resistance exercise training on metabolic health, body composition, and muscle strength in older adults with type 2 diabetes: A systematic review and Meta-Analysis. **Diabetes Research and Clinical Practice**, v. 222, p. 112079, abr. 2025.

FERRARIO, Carrie R.; REAGAN, Lawrence P. Insulin-mediated synaptic plasticity in the CNS: Anatomical, functional and temporal contexts. **Neuropharmacology**, v. 136, n. Pt B, p. 182–191, 1 jul. 2018.

FRAGALA, Maren S. *et al.* Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 33, n. 8, p. 2019–2052, ago. 2019.

FRITZ, Nora E.; CHEEK, Fern M.; NICHOLS-LARSEN, Deborah S. Motor-Cognitive Dual-Task Training in Persons With Neurologic Disorders: A Systematic Review. **Journal of neurologic physical therapy: JNPT**, v. 39, n. 3, p. 142–153, jul. 2015.

FULOP, T. *et al.* Immunology of Aging: the Birth of Inflammaging. **Clinical Reviews in Allergy & Immunology**, v. 64, n. 2, p. 109–122, abr. 2023.

FULOP, Tamas *et al.* The integration of inflammaging in age-related diseases. **Seminars in Immunology**, v. 40, p. 17–35, dez. 2018.

FURLANO, Joyla A. *et al.* Changes in Cognition and Brain Function After 26 Weeks of Progressive Resistance Training in Older Adults at Risk for Diabetes: A Pilot Randomized Controlled Trial. **Canadian Journal of Diabetes**, v. 47, n. 3, p. 250–256, abr. 2023.

GALICIA-GARCIA, Unai *et al.* Pathophysiology of Type 2 Diabetes Mellitus. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 21, n. 17, p. 6275, 30 ago. 2020.

GALLARDO-GÓMEZ, Daniel *et al.* Optimal dose and type of exercise to improve cognitive

function in older adults: A systematic review and bayesian model-based network meta-analysis of RCTs. **Ageing Research Reviews**, v. 76, p. 101591, abr. 2022.

GASSNER, Heiko *et al.* Treadmill training and physiotherapy similarly improve dual task gait performance: a randomized-controlled trial in Parkinson's disease. **Journal of Neural Transmission (Vienna, Austria: 1996)**, v. 129, n. 9, p. 1189–1200, set. 2022.

GOLD, Jeffrey A. *et al.* A strategy of escalating doses of benzodiazepines and phenobarbital administration reduces the need for mechanical ventilation in delirium tremens. **Critical Care Medicine**, v. 35, n. 3, p. 724–730, mar. 2007.

GÓMEZ-SORIA, Isabel *et al.* Cognitive stimulation and cognitive results in older adults: A systematic review and meta-analysis. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, v. 104, p. 104807, jan. 2023.

GRAVELING, Alex J.; DEARY, Ian J.; FRIER, Brian M. Acute Hypoglycemia Impairs Executive Cognitive Function in Adults With and Without Type 1 Diabetes. **Diabetes Care**, v. 36, n. 10, p. 3240–3246, 1 out. 2013.

GRUBER, Judith R. *et al.* Impact of blood glucose on cognitive function in insulin resistance: novel insights from ambulatory assessment. **Nutrition & Diabetes**, v. 14, n. 1, p. 74, 11 set. 2024.

HASSAN, Ebrahim Bani; DUQUE, Gustavo. Osteosarcopenia: A new geriatric syndrome. **Australian Family Physician**, v. 46, n. 11, p. 849–853, nov. 2017.

HEROLD, Fabian *et al.* The Contribution of Functional Magnetic Resonance Imaging to the Understanding of the Effects of Acute Physical Exercise on Cognition. **Brain Sciences**, v. 10, n. 3, p. 175, 18 mar. 2020.

HICKS, Dominic *et al.* Acute effects of single-bout exercise in adults with type 2 diabetes: a systematic review of randomised controlled trials and controlled crossover trials. **Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa**, v. 26, n. 1, p. 24–28, 2 jan. 2021.

HOLZER, Roman *et al.* Effects of Acute Resistance Exercise with and without Whole-Body Electromyostimulation and Endurance Exercise on the Postprandial Glucose Regulation in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: A Randomized Crossover Study. **Nutrients**, v. 13, n. 12, p. 4322, 29 nov. 2021.

HUANG, Tzu-Yu *et al.* Effects of Acute Resistance Exercise on Executive Function: A Systematic Review of the Moderating Role of Intensity and Executive Function Domain. **Sports Medicine - Open**, v. 8, n. 1, p. 141, dez. 2022.

IDREES, Thaer *et al.* Update on the management of diabetes in long-term care facilities. **BMJ open diabetes research & care**, v. 10, n. 4, p. e002705, jul. 2022.

INOUYE, Sharon K. *et al.* Geriatric syndromes: clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. **Journal of the American Geriatrics Society**, v. 55, n. 5, p. 780–791, maio 2007.

INTERNATIONAL DIABETES FEDERATION. **IDF Diabetes Atlas: 11th Edition, 2025.** Brussels, Belgium: International Diabetes Federation, 2025. Disponível em: <<https://diabetesatlas.org>>.

IVERS, Noah M. *et al.* Diabetes Canada 2018 clinical practice guidelines: Key messages for family physicians caring for patients living with type 2 diabetes. **Canadian Family Physician Medecin De Famille Canadien**, v. 65, n. 1, p. 14–24, jan. 2019.

IZQUIERDO, Mikel *et al.* Global consensus on optimal exercise recommendations for enhancing healthy longevity in older adults (ICFSR). **The Journal of nutrition, health and aging**, p. 100401, jan. 2025.

JARDIM, Naina Yuki Vieira *et al.* Dual-Task Exercise to Improve Cognition and Functional Capacity of Healthy Older Adults. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 13, p. 589299, 2021.

JIAHAO, Li; JIAJIN, Li; YIFAN, Lu. Effects of resistance training on insulin sensitivity in the elderly: A meta-analysis of randomized controlled trials. **Journal of Exercise Science and Fitness**, v. 19, n. 4, p. 241–251, out. 2021.

KANALEY, Jill A. *et al.* Exercise/Physical Activity in Individuals with Type 2 Diabetes: A Consensus Statement from the American College of Sports Medicine. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 54, n. 2, p. 353–368, fev. 2022.

KANG, Weixi *et al.* Inhibitory Control Development: A Network Neuroscience Perspective. **Frontiers in Psychology**, v. 13, p. 651547, 2022.

KHAN, Mohammad Jobair *et al.* A Systematic Review Exploring the Theories Underlying the Improvement of Balance and Reduction in Falls Following Dual-Task Training among Older Adults. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 24, p. 16890, 15 dez. 2022.

KHAN, Moien Abdul Basith *et al.* Epidemiology of Type 2 Diabetes - Global Burden of Disease and Forecasted Trends. **Journal of Epidemiology and Global Health**, v. 10, n. 1, p. 107–111, mar. 2020.

KIM, Rye Young *et al.* Alterations in Brain Morphometric Networks and Their Relationship with Memory Dysfunction in Patients with Type 2 Diabetes Mellitus. **Experimental Neurobiology**, v. 33, n. 2, p. 107–117, 30 abr. 2024.

KOBAYASHI, Yukari *et al.* Strength training is more effective than aerobic exercise for improving glycaemic control and body composition in people with normal-weight type 2 diabetes: a randomised controlled trial. **Diabetologia**, v. 66, n. 10, p. 1897–1907, out. 2023.

LAM, Freddy Mh *et al.* Physical exercise improves strength, balance, mobility, and endurance in people with cognitive impairment and dementia: a systematic review. **Journal of Physiotherapy**, v. 64, n. 1, p. 4–15, jan. 2018.

LEE, Pearl Guozhu; JACKSON, Elizabeth A.; RICHARDSON, Caroline R. Exercise Prescriptions in Older Adults. **American Family Physician**, v. 95, n. 7, p. 425–432, 1 abr. 2017.

LIN, Ting-Yu; CHUEH, Ting-Yu; HUNG, Tsung-Min. Preferred Reporting Items for Resistance Exercise Studies (PRIRES): A Checklist Developed Using an Umbrella Review of Systematic Reviews. **Sports Medicine - Open**, v. 9, n. 1, p. 114, 1 dez. 2023.

LIU, Yan-Ci *et al.* Cognitive and motor dual task gait training improve dual task gait performance after stroke - A randomized controlled pilot trial. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 4070, 22 jun. 2017.

LU, Huan-Huan *et al.* Meta-analysis of the effect of exercise intervention on cognitive function in elderly patients with type 2 diabetes mellitus. **BMC geriatrics**, v. 24, n. 1, p. 770, 19 set. 2024.

LUCAS, Samuel J. E. *et al.* High-intensity interval exercise and cerebrovascular health: curiosity, cause, and consequence. **Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism: Official Journal of the International Society of Cerebral Blood Flow and Metabolism**, v. 35, n. 6, p. 902–911, jun. 2015.

MA, Xiaojun *et al.* Effect of blood flow-restrictive resistance training on metabolic disorder and body composition in older adults with type 2 diabetes: a randomized controlled study. **Frontiers in Endocrinology**, v. 15, p. 1409267, 2024.

MENDES, Romeu *et al.* High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Middle-Aged and Older Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Crossover Trial of the Acute Effects of Treadmill Walking on Glycemic Control. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 21, p. 4163, 28 out. 2019.

MOULTON, Calum D.; PICKUP, John C.; ISMAIL, Khalida. The link between depression and diabetes: the search for shared mechanisms. **The Lancet. Diabetes & Endocrinology**, v. 3, n. 6, p. 461–471, jun. 2015.

MOZOLIC, Jennifer L.; HAYASAKA, Satoru; LAURIENTI, Paul J. A cognitive training intervention increases resting cerebral blood flow in healthy older adults. **Frontiers in Human Neuroscience**, v. 4, p. 16, 2010.

MUELLER, Shane T.; PIPER, Brian J. The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL Test Battery. **Journal of Neuroscience Methods**, v. 222, p. 250–259, 30 jan. 2014.

MUNAN, Matthew *et al.* Acute and Chronic Effects of Exercise on Continuous Glucose Monitoring Outcomes in Type 2 Diabetes: A Meta-Analysis. **Frontiers in Endocrinology**, v. 11, p. 495, 4 ago. 2020.

NASCIMENTO, Marcelo de Maio *et al.* The Effects of 12-Week Dual-Task Physical-Cognitive Training on Gait, Balance, Lower Extremity Muscle Strength, and Cognition in Older Adult Women: A Randomized Study. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 8, p. 5498, 13 abr. 2023.

NICKLAS, B. *et al.* Testosterone, Growth Hormone and IGF-I Responses to Acute and Chronic Resistive Exercise in Men Aged 55-70 Years. **International Journal of Sports Medicine**, v. 16, n. 07, p. 445–450, out. 1995.

NILSON, Eduardo Augusto Fernandes *et al.* Custos atribuíveis a obesidade, hipertensão e diabetes no Sistema Único de Saúde, Brasil, 2018. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 44, p. 1, 10 abr. 2020.

ORTEGA, Francisco B. *et al.* Body Mass Index, the Most Widely Used But Also Widely Criticized Index: Would a Criterion Standard Measure of Total Body Fat Be a Better Predictor of Cardiovascular Disease Mortality? **Mayo Clinic Proceedings**, v. 91, n. 4, p. 443–455, abr. 2016.

PARADELA, Emylucy Martins Paiva; LOURENÇO, Roberto Alves; VERAS, Renato Peixoto. Validação da escala de depressão geriátrica em um ambulatório geral. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, n. 6, p. 918–923, dez. 2005.

PATELAKI, Eleni *et al.* Young adults who improve performance during dual-task walking show more flexible reallocation of cognitive resources: a mobile brain-body imaging (MoBI) study. **Cerebral Cortex (New York, N.Y.: 1991)**, v. 33, n. 6, p. 2573–2592, 10 mar. 2023.

PAUL, Sangita; BHARDWAJ, Juhi; BINUKUMAR, B. K. Cdk5-mediated oligodendrocyte myelin breakdown and neuroinflammation: Implications for the link between Type 2 Diabetes and Alzheimer's disease. **Biochimica Et Biophysica Acta. Molecular Basis of Disease**, v. 1870, n. 2, p. 166986, fev. 2024.

PEREIRA, Ana C. *et al.* An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 13, p. 5638–5643, 27 mar. 2007.

PONTIFEX, Matthew B. *et al.* A primer on investigating the after effects of acute bouts of physical activity on cognition. **Psychology of Sport and Exercise**, v. 40, p. 1–22, jan. 2019.

PREETI, Kumari *et al.* Experimental Type 2 diabetes and lipotoxicity-associated neuroinflammation involve mitochondrial DNA-mediated cGAS/STING axis: implication of Type-1 interferon response in cognitive impairment. **Molecular Neurobiology**, v. 61, n. 9, p. 6217–6244, set. 2024.

RAICHLEN, David A. *et al.* Effects of simultaneous cognitive and aerobic exercise training on dual-task walking performance in healthy older adults: results from a pilot randomized controlled trial. **BMC geriatrics**, v. 20, n. 1, p. 83, 2 mar. 2020.

ROBERTSON, Robert J. *et al.* Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 35, n. 2, p. 333–341, fev. 2003.

RODACKI, Melanie *et al.* Classificação do diabetes. In: BERTOLUCI, Marcello Casaccia *et al.* (Eds.). **Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes**. 2022. ed. [S.l.]: Conectando Pessoas, 2022.

ROPELLE, Eduardo R. *et al.* IL-6 and IL-10 Anti-Inflammatory Activity Links Exercise to Hypothalamic Insulin and Leptin Sensitivity through IKK β and ER Stress Inhibition. **PLoS Biology**, v. 8, n. 8, p. e1000465, 24 ago. 2010.

RUSNÁKOVÁ, Stefania *et al.* The executive functions in frontal and temporal lobes: a

flanker task intracerebral recording study. **Journal of Clinical Neurophysiology: Official Publication of the American Electroencephalographic Society**, v. 28, n. 1, p. 30–35, fev. 2011.

SEIDLER, Rachael D. *et al.* Motor control and aging: links to age-related brain structural, functional, and biochemical effects. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v. 34, n. 5, p. 721–733, abr. 2010.

SILVA JUNIOR, Wellington Santana Da *et al.* Atividade física e exercício no pré-diabetes e DM2. In: BERTOLUCI, Marcello Casaccia *et al.* (Eds.). **Diretriz Oficial da Sociedade Brasileira de Diabetes**. 2022. ed. [S.l.]: Conectando Pessoas, 2022.

SILVEIRA-RODRIGUES, João G. *et al.* Acute bouts of aerobic and resistance exercise similarly alter inhibitory control and response time while inversely modifying plasma BDNF concentrations in middle-aged and older adults with type 2 diabetes. **Experimental Brain Research**, v. 241, n. 4, p. 1173–1183, abr. 2023.

STEVENS, Courtney; BAVELIER, Daphne. The role of selective attention on academic foundations: a cognitive neuroscience perspective. **Developmental Cognitive Neuroscience**, v. 2 Suppl 1, n. Suppl 1, p. S30-48, 15 fev. 2012.

TAIT, Jamie L. *et al.* Influence of Sequential vs. Simultaneous Dual-Task Exercise Training on Cognitive Function in Older Adults. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 9, p. 368, 7 nov. 2017.

THAYER, J. F.; LANE, R. D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. **Journal of Affective Disorders**, v. 61, n. 3, p. 201–216, dez. 2000.

TSAI, Chia-Liang *et al.* The effects of long-term resistance exercise on the relationship between neurocognitive performance and GH, IGF-1, and homocysteine levels in the elderly. **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v. 9, 10 fev. 2015.

TSUKAMOTO, Hayato *et al.* Greater impact of acute high-intensity interval exercise on post-exercise executive function compared to moderate-intensity continuous exercise. **Physiology & Behavior**, v. 155, p. 224–230, mar. 2016.

VAN SLOTEN, Thomas T. *et al.* Cerebral microvascular complications of type 2 diabetes: stroke, cognitive dysfunction, and depression. **The Lancet. Diabetes & Endocrinology**, v. 8, n. 4, p. 325–336, abr. 2020.

VÁZQUEZ-DE SEBASTIÁN, Julia *et al.* Cognitive Profile and Cardiovascular Risk Factors in Older Adults with Mild Cognitive Impairment. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 21, n. 4, p. 500, 18 abr. 2024.

WANG, Haolin; TANG, Wei; ZHAO, Yanan. Acute effects of different exercise forms on executive function and the mechanism of cerebral hemodynamics in hospitalized T2DM patients: a within-subject study. **Frontiers in Public Health**, v. 11, p. 1165892, 2023.

WEINSTEIN, Galit *et al.* Glucose indices are associated with cognitive and structural brain measures in young adults. **Neurology**, v. 84, n. 23, p. 2329–2337, 9 jun. 2015.

WELLEK, Stefan; BLETTNER, Maria. On the proper use of the crossover design in clinical trials: part 18 of a series on evaluation of scientific publications. **Deutsches Arzteblatt International**, v. 109, n. 15, p. 276–281, abr. 2012.

WENG, Timothy B. *et al.* The Acute Effects of Aerobic Exercise on the Functional Connectivity of Human Brain Networks. **Brain Plasticity (Amsterdam, Netherlands)**, v. 2, n. 2, p. 171–190, 28 mar. 2017.

WILKE, Jan *et al.* Acute Effects of Resistance Exercise on Cognitive Function in Healthy Adults: A Systematic Review with Multilevel Meta-Analysis. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 49, n. 6, p. 905–916, jun. 2019.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global health risks : mortality and burden of disease attributable to selected major risks. 2009.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Healthy ageing and functional ability.** , 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/healthy-ageing-and-functional-ability>>

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Ageing and health.** Geneva, SwitzerlandWorld Health Organization, , 2023. Disponível em: <<https://www.who.int/news-room/facts-in-pictures/detail/ageing>>

WU, Yiqing *et al.* Does the combination of exercise and cognitive training improve working memory in older adults? A systematic review and meta-analysis. **PeerJ**, v. 11, p. e15108, 2023.

ZHANG, Weihong *et al.* Review of Gait, Cognition, and Fall Risks with Implications for Fall Prevention in Older Adults with Dementia. **Dementia and Geriatric Cognitive Disorders**, v. 48, n. 1–2, p. 17–29, 2019.

ZHAO, Dan *et al.* Effect of short-term acute moderate-intensity resistance exercise on blood glucose in older patients with type 2 diabetes mellitus and sarcopenia. **Geriatrics & Gerontology International**, v. 22, n. 8, p. 653–659, ago. 2022a.

ZHAO, Ren Ru *et al.* Effect of High-Intensity Power Training on Cognitive Function in Older Adults With Type 2 Diabetes: Secondary Outcomes of the GREAT2DO Study. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 77, n. 10, p. 1975–1985, 6 out. 2022b.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO**

PROJETO: Exercício Resistido Em Dupla Tarefa: Influências No Desempenho Cognitivo E No Controle Glicêmico De Indivíduos Idosos Com Diabetes Mellitus Tipo 2

Você está sendo convidado (a) a participar do projeto de pesquisa acima citado. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você.

É uma pesquisa apenas com fins acadêmicos, com o objetivo de analisar a composição corporal, controle glicêmico e o desempenho cognitivo. A coleta de dados será realizada no Laboratório de Neurodegeneração e Infecção, no Hospital Universitário João de Barros Barreto, com os seguintes instrumentos de coleta: avaliação física com dados, tais como: peso, altura, avaliação da pressão arterial, avaliação bioquímica com coleta de sangue e testes cognitivos.

O participante ou voluntário da pesquisa tem a liberdade de desistir ou de interromper a colaboração neste estudo no momento em que desejar, sem necessidade de qualquer explicação, sem penalização nenhuma e sem prejuízo a sua saúde ou bem-estar físico. O participante ou voluntário não receberá remuneração e nenhum tipo de recompensa nesta pesquisa, sendo sua participação voluntária.

Antes que qualquer exercício, seja realizado o aquecimento, para que não ocorra nenhuma dor, desconforto ou ferimento ocasionado durante a sessão de treinamento. Se da mesma forma ocorrer algum tipo de desconforto, o treinamento deverá ser pausado para que seja realizada uma investigação no problema relatado por tal paciente. Além disso, para não acarretar riscos, as pessoas, no dia de treinamento, que estiverem com a PA $\geq 160/90$ não poderão realizar os exercícios.

Além disso, para que ocorra uma boa segurança durante a realização do treinamento, o mesmo sempre será realizado com a supervisão de profissionais capacitados para que haja uma ótima orientação e execução dos exercícios. Durante as coletas de sangue, os participantes poderão sentir uma dor na penetração da agulha, onde a mesma também será passageira, sendo amenizadas com bolsas de gelos nos locais de dor. Além disso, outros possíveis desconfortos são as dores musculares pós-exercício, sintomas que amenizam após alguns dias.

O presente estudo poderá ajudar na monitoração do estado de saúde, além de reduzir ou controlar a pressão arterial, melhorar o controle glicêmico e melhorar sua capacidade cognitiva. Os dados obtidos durante a pesquisa serão mantidos em sigilo pelos pesquisadores, assegurando ao participante ou voluntário a privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa. Os resultados poderão ser divulgados em publicações científicas mantendo sigilo dos dados pessoais.

Eu, _____, residente e domiciliado na _____, portador da Cédula de identidade, RG _____, e inscrito no CPF _____ nascido (a) em ____ / ____ / ____, abaixo assinado, declaro que obtive todas as informações necessárias, bem como todos os eventuais esclarecimentos quanto às dúvidas por mim apresentadas. Desta forma concordo de livre e espontânea vontade em participar como voluntário (a) do estudo acima descrito

- () Desejo conhecer os resultados desta pesquisa.
 () Não desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

 Assinatura do(a) voluntário

Belém, ____/____/____

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido do voluntário para a participação neste estudo.

 Assinatura do sujeito que colheu o TCLE

Belém, ____/____/____

 Profa. Dra. Natáli Valim Oliver Bento Torres
 Universidade Federal do Pará
 CREFITO 52891-F
 Contato: (91) 988430454

Endereço do CEP/HUJBB: Hospital Universitário João de Barros Barreto. Rua dos Mundurucus, 4487 - Guamá, CEP: 66073-005, Belém-PA - Prédio principal, 1º andar (Centro de Estudos / Biblioteca). Contatos: (91) 3201 6754; e-mail: cephujbb@yahoo.com.br

ANEXO I - ESCALA DE DEPRESSÃO GERIÁTRICA

Ficha de Avaliação de Depressão Geriátrica

GDS-5 (exame de triagem)

- () (n) Você está basicamente satisfeito com sua vida?
- (s) () Você se aborrece com frequência?
- (s) () Você se sente um inútil nas atuais circunstâncias?
- (s) () Você prefere ficar em casa a sair e fazer coisas novas?
- (s) () Você sente que sua situação não tem saída?

Escore (Realizar o DMS - IV se escore ≥ 2)

DMS - IV (critérios diagnósticos)

- (s) () Interesse ou prazer acentuadamente diminuídos
- (s) () Humor deprimido (sente-se triste ou vazio)
- (s) () Alterações no sono (insônia ou hipersônia)
- (s) () Alterações no peso ($> \pm 5\%$) ou apetite (diminuição ou aumento)
- (s) () Agitação ou retardo psicomotor observado por outros (não autorrelatado)
- (s) () Fadiga ou perda de energia (sente-se fraco ou cansado)
- (s) () Sentimento de inutilidade ou culpa excessiva ou inapropriada
- (s) () Capacidade diminuída de pensar, concentrar-se ou indecisão
- (s) () Pensamento recorrentes de morte ou ideação suicida recorrente

(s) (n) Depressão Maior (≥ 5 , incluindo um dos negritos por > 2 semanas e um deles deve ser humor deprimido ou perda de interesse ou prazer)

(s) (n) Depressão Menor (≤ 4 por > 2 anos)

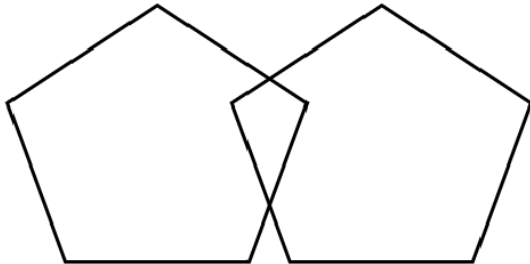
ANEXO II – MINI EXAME DO ESTADO MENTAL

Mini Exame do Estado Mental:

Pontuação Total: _____

CDR:		MEEM					Pontuação	
Qual o dia de hoje?	() Ano	() Mês	() Dia	() Semana	() Hora		5	
Onde nós estamos?	() Geral	()Específico	()Bairro	() Cidade	() Estado		5	
Repita e memorize	() Vaso	() Carro	()Tijolo				3	
Faz cálculos?	() 100-7	() 93-7	() 86-7	()79-7	() 72-7		5	
Lembrar palavras	() Vaso	() Carro	() Tijolo				3	
O que é isto?	() Caneta	() Relógio					2	
Repetir	“Nem aqui, nem ali, nem lá”						1	
Ler e executar	“Feche os olhos”						1	
Executar ordem	() Mão direita	() Dobrar ao meio	() Pôr no chão				3	
Escrever uma frase	“algo que tenha sentido. Que tenha início, meio e fim. Não pode ser seu nome próprio”						1	
Copiar o desenho	“duas figuras de cinco lados intercaladas por um vértice”						1	

FECHE OS OLHOS



ANEXO III – TESTE DE FLANKER

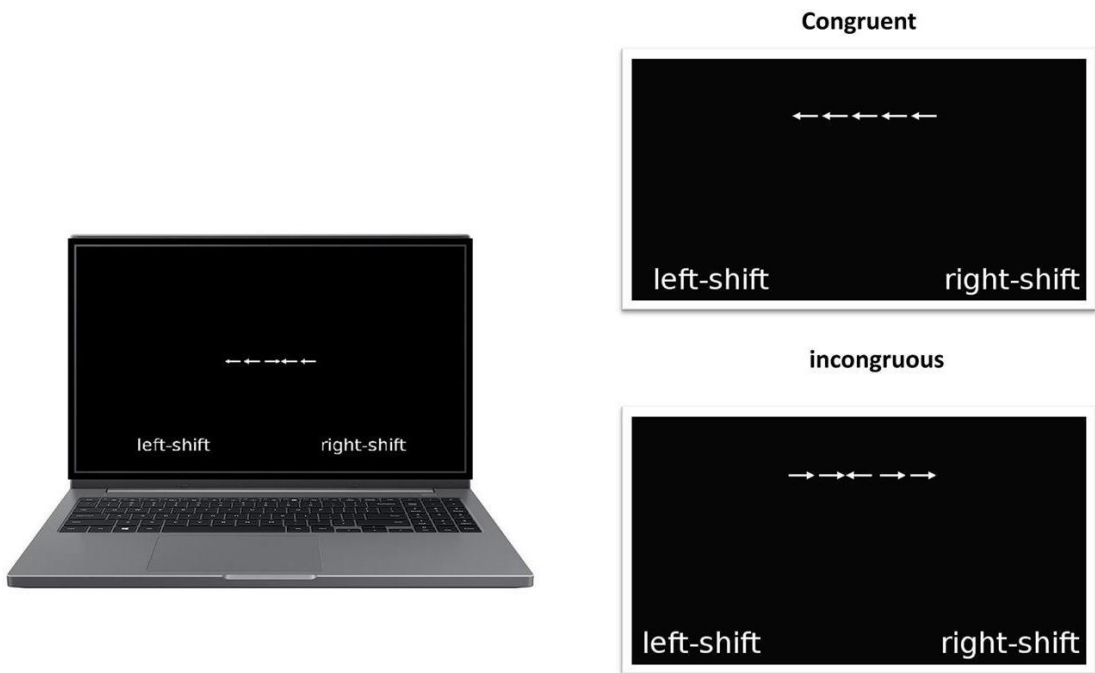


TABELA COMPLEMENTAR 1 - Medicamentos utilizados pelos participantes da pesquisa.

Medicamento	Classe farmacológica	Uso principal	Voluntários utilizando
Metformina	Antidiabético oral (biguanida)	Controle da glicemia no diabetes tipo 2	3
Gligage (Gliclazida)	Antidiabético oral (sulfonilureia)	Controle da glicemia no diabetes tipo 2	12
Sinvastatina	Estatina (hipolipemiante)	Redução do colesterol e triglicerídeos	1
Bramicar	Anti-hipertensivo (inibidor da ECA)	Impede a ação da angiotensina, reduzindo a pressão arterial; início em ~3h, efeito máximo 4–8 semanas	1
Anlodipino	Anti-hipertensivo (bloqueador de canal de cálcio)	Controle da pressão arterial	4
Forxiga (Dapagliflozina)	Antidiabético oral (inibidor SGLT2)	Controle da glicemia, proteção renal e cardiovascular	1
Hidroclorotiazida	Diurético tiazídico	Hipertensão, retenção de líquidos	1
Losartana	Anti-hipertensivo (antagonista da angiotensina II)	Controle da pressão arterial, proteção renal	12
Metoprolol	Betabloqueador	Hipertensão, arritmias, insuficiência cardíaca	1
Ácido acetilsalicílico	Antiagregante plaquetário / AINE	Prevenção de eventos cardiovasculares, analgesia	1
Azukon® MR	Antidiabético oral (sulfonilureia)	Tratamento do diabetes tipo 2, inclusive em obesos, idosos ou com complicações vasculares	1
Acertanlo	Anti-hipertensivo (Perindopril + Anlodipino)	Controle da hipertensão arterial	1
Pantoprazol	Inibidor da bomba de prótons (IBP)	Gastrite, refluxo, úlcera péptica	1
Domperidona	Procinético / antiemético	Náuseas, vômitos, refluxo	1
Rosuvastatina	Estatina (hipolipemiante)	Redução do colesterol e triglicerídeos	1
Presart (<i>provavelmente Losartana ou Telmisartana</i>)	Anti-hipertensivo (ARA II)	Controle da pressão arterial	1

Medicamento	Classe farmacológica	Uso principal	Voluntários utilizando
Gliclazida	Antidiabético oral (sulfonilureia)	Controle da glicemia no diabetes tipo 2	1
Puran T4 (Levotiroxina)	Hormônio tireoidiano	Hipotireoidismo	1
Omeprazol	Inibidor da bomba de prótons (IBP)	Gastrite, refluxo, úlcera péptica	1
Vitamina D	Suplemento vitamínico	Saúde óssea, prevenção de deficiência	1
Prednisolona	Corticosteroide	Inflamações, alergias, doenças autoimunes	4
Pregabalina	Anticonvulsivante / analgésico neuropático	Dor neuropática, fibromialgia, epilepsia	1
Insulina	Hormônio antidiabético	Controle glicêmico no diabetes	1
Colágeno	Suplemento nutricional	Saúde articular, pele, unhas	1
Cálcio	Suplemento mineral	Saúde óssea, prevenção de osteoporose	3
Dorflex (Dipirona + Orfenadrina + Cafeína)	Analgésico + relaxante muscular	Dores musculares e tensão	1
Hidroxicloroquina	Antimalárico / imunomodulador	Doenças autoimunes (lúpus, artrite reumatoide)	1